

## ВЕДУЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

УДК 620.9«20»

## Некоторые тенденции энергетики начала XXI века

В. С. Арутюнов

ВЛАДИМИР СЕРГЕЕВИЧ АРУТЮНОВ — доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией окисления углеводородов Института химической физики им. Н.Н. Семенова РАН. Область научных интересов: кинетика газофазных реакций, окислительная конверсия углеводородных газов, экологические проблемы энергетики и транспорта.

119991 Москва, ул. Косыгина, 4, ИХФ РАН, тел. (495)939-72-87, факс (495)65-121-91,  
E-mail arutyunov@center.chph.ras.ru

Современная энергетика переживает сложный период бурного развития и одновременно ожидания неизбежных качественных перемен. Все еще сохраняющийся почти стократный разрыв в душевом энергопотреблении в наиболее развитых и богатых странах мира с одной стороны, и наиболее отсталых и бедных с другой, уже не только воспринимается как вопиющая несправедливость, но и как ориентир для обоюдных действий по изменению ситуации. И если ведущие страны прилагают серьезные финансовые и технологические усилия для сдерживания темпов роста своего энергопотребления (США сейчас затрачивают на производство единицы ВВП на 47% меньше энергии, чем 30 лет назад, рис. 1), то отстающие прилагают не менее впечатляющие усилия для развития своей энергетики. А пока в результате общего роста мировой экономики (примерно

на 2,7% в год) и населения мира (примерно на 1% в год), мировое производство энергии увеличивается на 1,6% в год, что приведет к его увеличению на 50% за 25 ближайших лет [1].

## Сохранение роли ископаемых топлив

Быстрый рост энергопотребления происходит на фоне явного истощения и стремительного удорожания основного мирового ресурса, обеспечивающего почти 40% мирового энергопотребления — нефти, и неспособности человечества найти ей адекватную и долговременную замену. Уже сейчас на долю стран и крупных регионов, развитие которых не обеспечено собственными энергоресурсами, приходится 90% мирового ВВП. При этом даже к 2030 г. 1,4 млрд человек на Земле все еще не будут иметь возможности пользоваться электричеством [2]. Энергетический вопрос грозит перерасти в главную мировую проблему, гораздо более сложную и жизненно важную, чем все остальные «мировые» проблемы, включая экономические, политические, социальные, экологические, продовольственные и прочие, т.к. в основе реальных путей их решения лежит обладание достаточными ресурсами энергии.

Все практически используемые и потенциальные источники энергии на Земле можно условно разделить на три группы: ископаемые, возобновляемые и термоядерные. Современная энергетика более чем на 90% обеспечивается ресурсами невозобновляемого ископаемого топлива (нефть, уголь, газ, уран и другие виды горючих и радиоактивных ресурсов). Не вдаваясь в обсуждение вопроса об объеме остающихся в распоряжении человечества ресурсов, отметим лишь, что даже по самым оптимистичным прогнозам, учитывая продолжающийся рост населения, а главное, рост душевого энергопотребления в развивающихся странах, реально

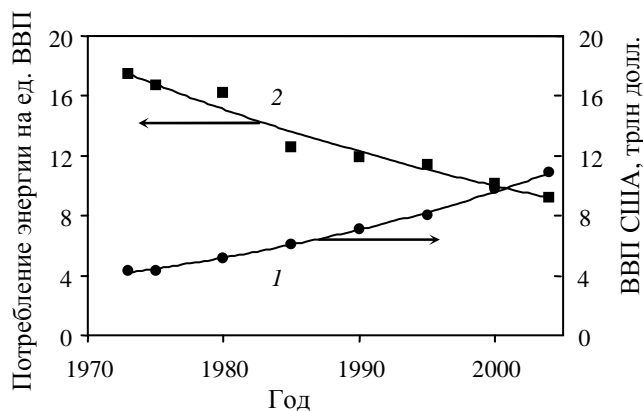


Рис. 1. Показатели эффективности использования энергоресурсов в США [11]:

1 — ВВП (трлн долл.); 2 — удельное потребление энергии на 1000 долл. ВВП (млн ВТУ) (ВТУ — британская тепловая единица)

доступные ресурсы вряд ли смогут обеспечивать мировую энергетику в необходимом объеме много дольше, чем в течение текущего столетия.

На беспочвенность надежд на глобальную роль возобновляемых источников энергии как альтернативу ископаемым указал еще тридцать лет назад П. Л. Капица [3]. Согласно современным глобальным моделям [4], за счет возобновляемых источников энергии при существующем уровне энергопотребления развитых стран на Земле может существовать не более 500 млн человек, что в 10 раз ниже уже достигнутой численности населения. (Аргументы, более подробно иллюстрирующие ограниченные возможности так называемых альтернативных источников энергии, приведены в [5]). В более отдаленной перспективе человечество пока может рассчитывать только на термоядерную энергетику, которая, как промышленный источник энергии, еще не состоялась и может реализоваться в этом качестве, в лучшем случае, лишь к концу столетия. Все это заставляет более тщательно оценивать имеющиеся энергоресурсы и принимать все более жесткие меры для их эффективного и экономного использования.

Необходимо учитывать, что энергетика не только фундаментальная отрасль экономики, определяющая ее реальные пределы и возможности, но и одна из наиболее консервативных отраслей. Поскольку затраты на строительство крупных электростанций исчисляются миллиардами долларов, а проектный срок их эксплуатации (жизненный цикл) — не менее 30—50 лет, мы уже сейчас, по тому оборудованию, которое только проектируется или вводится в эксплуатацию, можем достаточно уверенно представить, как будет выглядеть мировая энергетика в середине столетия — как и сейчас, основу нашей энергетики будет составлять ископаемое, в первую очередь углеводородное, топливо.

Среди главных упреков в адрес углеводородной энергетики — эмиссия огромного, порядка 30 млрд т/год, количества диоксида углерода, являющегося основным парниковым газом, негативно влияющим на климат планеты. Антропогенная эмиссия  $\text{CO}_2$  все еще на два порядка уступает объему его естественного кругооборота в природе, и само утверждение, что именно она является главной движущей силой наблюдаемых климатических изменений, остается в достаточной степени спекулятивным [6]. Но главное, что большинство настоятельно навязываемых энергетике крайне дорогостоящих мер по снижению эмиссии диоксида углерода, таких как его улавливание и захоронение, неизбежно приведет не только к резкому увеличению стоимости энергии, но и к повышению ее непроизводительных затрат, т.е. снижению эмиссии  $\text{CO}_2$  предлагается достигнуть ценой значительного увеличения объема его производства (!!!). И, соответственно, ценой увеличения скорости потребления и истощения и без того крайне дефицитных углеродных энергоресурсов. Например, считающаяся одной из наиболее перспективных технология улавливания  $\text{CO}_2$  из дымовых газов ТЭС на основе обратимого

образования карбонатов аммония потребляет на собственные нужды 20—25% всей вырабатываемой электроэнергии и практически удваивает ее стоимость [7].

Но даже эти дорогостоящие меры не гарантируют стабилизацию или хотя бы значительное снижение темпов изменения климата до конца текущего столетия, то есть до того периода, когда ресурсы углеводородных топлив и так уже будут практически исчерпаны. Более того, существует вполне обоснованное мнение крупнейших отечественных специалистов в области климата, что именно возвращение в атмосферу за счет антропогенной деятельности углерода, отлагавшегося в земной коре биосферой в течение сотен миллионов лет, позволило восстановить высокую концентрацию  $\text{CO}_2$  предыдущих теплых эпох и предотвратить глобальную экологическую катастрофу полного оледенения нашей планеты [6, 8].

Поэтому гораздо более разумным, экономным и эффективным во всех отношениях направлением модернизации энергетики, в т.ч. и с целью снижения эмиссии  $\text{CO}_2$ , представляется не улавливание и захоронение  $\text{CO}_2$ , а срочные меры по повышению эффективности использования еще остающихся в нашем распоряжении ископаемых ресурсов. Один только масштабный переход с пока еще преобладающих газотурбинных и паротурбинных установок со средним кпд около 36% к современным парогазовым установкам с кпд до 60% и перспективой его увеличения к 2015—2020 гг. до 68—70% [9], практически вдвое снижает удельную эмиссию  $\text{CO}_2$  и вдвое увеличивает наши энергетические ресурсы!

### Повышение эффективности использования энергии

Не меньшее значение имеет и рациональное использование произведенной энергии. О низкой эффективности многих областей современной энергетики свидетельствует хотя бы то, что при выработке электроэнергии из угля и использовании ламп накаливания в свет преобразуется только 3% первоначальной энергии. А в современных автомобилях в поступательное движение преобразуется только 13% энергии, полученной при сжигании горючего [10]. Поэтому основным направлением развития энергетики ведущих стран в ближайший период, видимо, будет переход к более рациональным технологиям и повышение эффективности использования энергетических ресурсов. За последние тридцать лет США, в 2,5 раза увеличив свой ВВП, всего на 25% увеличили потребление энергии (рис. 1, [11]). Благодаря этому США значительно снизили удельную эмиссию парниковых газов на единицу ВВП. А потребление бензина средним американским автомобилем за период с 1973 по 1986 г. снизилось с 17,8 до 8,7 л на 100 км пробега [11].

Особенно актуальна проблема повышения эффективности использования энергоресурсов для нашей страны, где затраты энергии на производство единицы ВВП в три-четыре раза выше, чем в развитых странах [9]. Даже с учетом сурового отечественного климата разрыв недопустимо велик. Страна, которая даже за полярным кругом строит дома с окнами без многока-

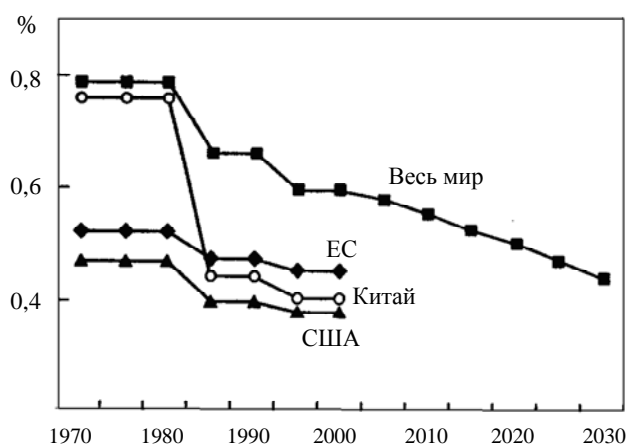


Рис. 2. Изменение темпов роста энергопотребления на 1% прироста ВВП [2]

мерных стеклопакетов и современной теплоизоляции, а весной в двадцатиградусную жару упорно продолжает сжигать тысячи тонн топлива на отопление и в подавляющей части жилого фонда не имеет счетчиков воды, тепла и газа, никогда не будет богатой и процветающей. Поэтому уже сегодня энергетические мощности России не могут надежно обеспечить ни потребности роста промышленности, ни увеличивающихся потребностей жилищного хозяйства [9].

Нехватка газа и электроэнергии ощущается все острее, и уже стала фактором, сдерживающим экономический рост и определяющим его пределы. Практически достигнуты предельные уровни добычи нефти и даже газа. В основных газовых провинциях добыча газа сокращается на 6—8% в год. Крайне высоки, по сравнению со среднемировыми, издержки добычи и транспортировки энергоресурсов, высока степень изношенности трубопроводной системы (средний возраст газопроводов 24 года при нормативном сроке эксплуатации 25 лет). Для наращивания производства газа, развития систем его транспортировки и распределения до 2020 г. необходимы ежегодные инвестиции в размере 15—16 млрд долл., или около 5—7% всех капитальных вложений в российскую экономику. Т.е. за эти годы на развитие самой газовой промышленности должно инвестироваться 60—80% выручки от экспорта газа. Поэтому вместо крайне капиталоемкой стратегии наращивания добычи энергоресурсов для России гораздо выгоднее намного менее капиталоемкая стратегия повышения эффективности их использования [12].

Оценка потенциала энергосбережения в России показывает, что он составляет 370—390 млн т у.т./год. Потенциал снижения потребления только природного газа равен 172—177 млрд м<sup>3</sup>/год или около 40% от его потребления. Это в три-четыре раза больше имеющегося ресурса наращивания добычи газа до 2020 г. В стране до сих пор эксплуатируются

около 50 ТЭЦ с кпд 25%. Средний кпд отечественных котельных равен 67% при 92—95% в странах Западной Европы. А за счет вполне умеренных расходов на утепление зданий можно обеспечить экономию энергии в этом секторе в размере 35—60% от нынешнего уровня ее потребления [12].

Таким образом, повышение эффективности использования энергии и снижение энергоемкости отечественной промышленности, которая до сих пор остается на уровне 1990 г., — магистральный путь решения наших энергетических проблем. Это тот путь, которым давно идут ведущие страны мира, существенно снизившие за последние годы свое удельное энергопотребление (рис. 1, 2), что позволяет им даже в условиях мирового дефицита энергоресурсов продолжать уверенно наращивать свой ВВП, лишь незначительно увеличивая при этом потребление энергии.

### Диверсификация источников энергии

Новые тенденции в энергетике формируются в связи с быстрым ростом затрат на поиск и разработку традиционных ресурсов. В 2004 г. цена прироста ресурсов нефти достигла 20 долл./барр. в Европе и 13—14 долл./барр. в США, Африке и даже на Среднем Востоке [13]. Происходит заметное изменение структуры потребления ископаемых топлив. По мере истощения традиционных ресурсов доли трех основных видов топлива: нефти, природного газа и угля сближаются на уровне в 20—30% от общего производства, но главное, происходит диверсификация первичных источников энергии, в основном за счет повышения роли труднодоступных и нетрадиционных ископаемых ресурсов, еще недавно даже не рассматривавшихся в качестве таковых.

Интенсивно осваиваются месторождения в труднодоступных и приполярных районах (Ямал, Аляска, Восточная Сибирь). Активно развивается добыча на морском шельфе, на который приходится 41% открытых в последние годы запасов нефти. Морская добыча выросла в 2005 г. до 25 млн баррелей/сут., и сегодня зоны,

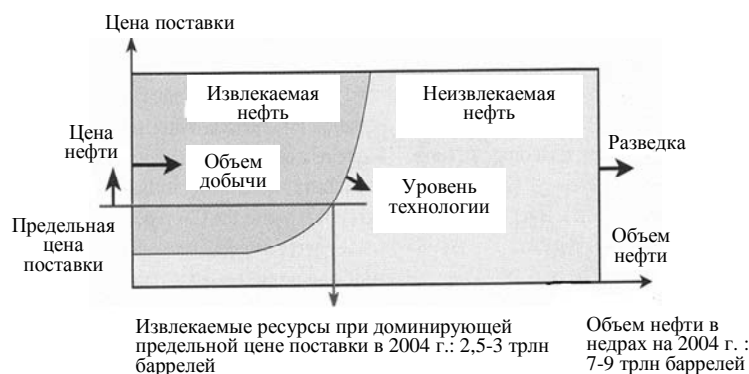


Рис. 3. Факторы, определяющие извлекаемые ресурсы нефти [14]

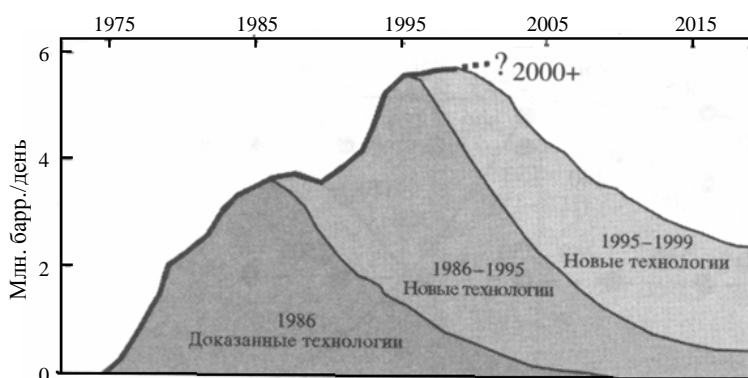


Рис. 4. Влияние уровня технологии на добычу нефти в Северном море [15]

лежащие на глубине до 450 м, уже считаются мелководными, а добыча ведется даже с глубин, превышающих 2000 м.

Приращение объема доступных ресурсов происходит не только за счет геологоразведочных работ, но и в результате быстрого развития новых более эффективных технологий добычи ископаемых, расширяющих, наряду с ростом цены на энергоресурсы, объем экономически выгодных для извлечения ресурсов (рис. 3) [14]. Если бы, например, мировая нефтедобыча продолжала базироваться на технологиях середины 80-х годов, то добыча нефти в Северном море начала бы падать уже с 1985 г. (рис. 4). Но благодаря постоянным инновациям и непрерывно увеличивающимся капитальным затратам на разведку и добычу, вплоть до недавнего времени ее удава-

лось не только поддерживать, но и наращивать [15].

Ситуация заставляет повсеместно переходить к комплексному использованию углеводородных ресурсов. Разработка месторождений как чисто нефтяных или чисто газовых уже становится скорее экзотикой, чем правилом. Большинство вновь осваиваемых месторождений изначально рассматриваются и разрабатываются как нефтегазовые или газоконденсатные. Сжигать значительную часть попутных газов сейчас позволяют себе только две страны в мире — Россия и Нигерия (рис. 5) [16].

Быстро увеличивается разработка нетрадиционных источников углеводородов. Многие страны активно используют огромные ресурсы шахтного метана, а в США они обеспечивают уже почти 10% общей добычи природного газа. Ведутся интенсивные исследования возможности промышленной разработки и добычи гигантских залежей газовых гидратов на морском шельфе. Впечатляющий прогресс достигнут в области добычи тяжелой нефти из различных типов вмещающих ее пород. Например, в настоящее время интенсивно осваивается получение жидких углеводородов из канадских нефтеносных песков. Ожидается, что к 2020 г. добыча нефти из них возрастет в Канаде до 4 млн барр./сут., а к 2030 г. — до 6 млн барр./сут. Хотя извлечение энергоресурсов из нетрадиционных источников, как правило, связано с большими дополнительными затратами, сейчас в Канаде 90% бурения осуществляется для добычи газа из таких источ-

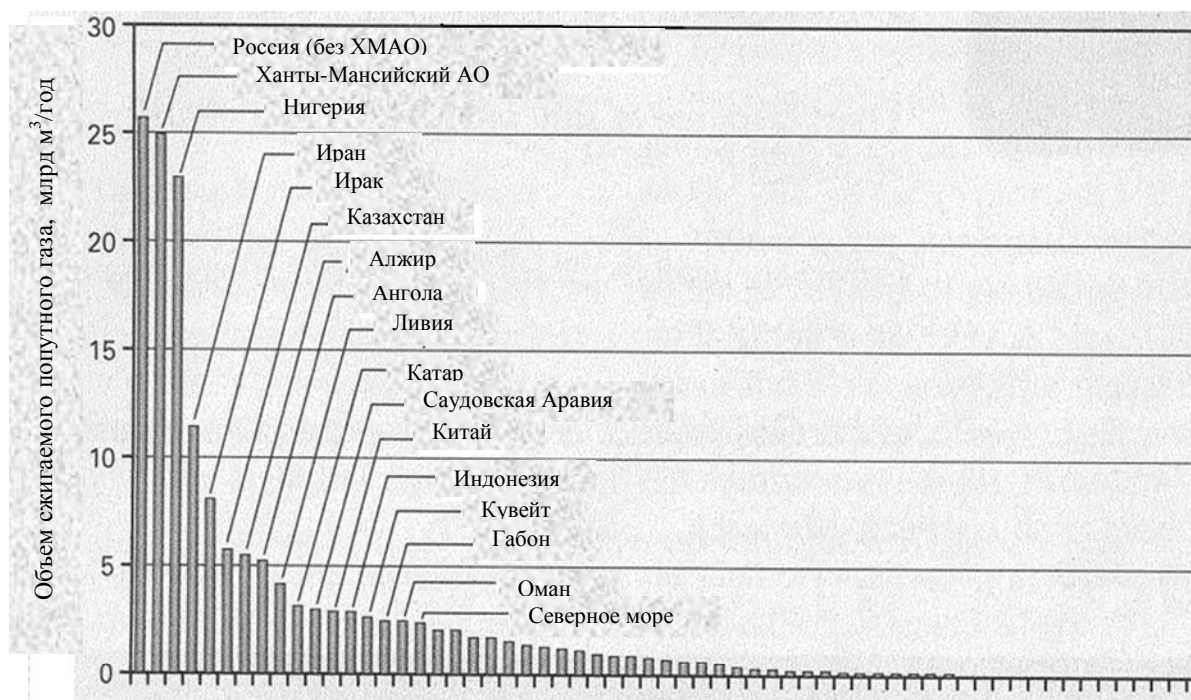


Рис. 5. Объем сжигания газа на факелах в различных странах в 2004 г. [16]

ников, как угольный метан и нефтеносные пески. Увеличивается интерес к использованию горючих сланцев, прогнозные запасы которых только на территории России составляют более 100 млрд т, почти столько же в Бразилии и втрое больше в США [17].

Наряду с постоянным ростом стоимости разведки и добычи ископаемых ресурсов, следует учитывать и другие важные тенденции. Непрерывно уменьшается не только количество открываемых ежегодно месторождений, но и их средний объем. По сравнению с 1975 г. средние запасы открываемого на суше нефтяного месторождения снизились в пять раз. Кроме того, по мере выработки наиболее крупных и доступных, а следовательно, экономически привлекательных месторождений углеводородов, их дальнейшая эксплуатация становится все менее привлекательной для крупных компаний. Привыкшие к масштабным операциям и высокой норме прибыли, они начинают избавляться от ставших низкодоходными активов, требующих к тому же для сохранения рентабельности в каждом отдельном случае специфического индивидуального подхода. И тогда на смену «крупным хищникам» приходят более мелкие, менее избалованные и более предприимчивые «шакалы», т.е. небольшие независимые компании. Их число сейчас очень быстро растет, прежде всего, в старых добывающих районах США и Северного моря. И им нужна совершенно другая техника добычи и переработки, более простая, экономичная и малотоннажная. Учитывая долговременную тенденцию снижения объема запасов и качества извлекаемых углеводородных ресурсов, малотоннажный сектор нефтегазовой отрасли имеет все шансы стать катализатором инноваций и перспективным потребителем принципиально новых нефтегазовых технологий.

#### **Развитие химии топлив и вторичные энергоносители**

С ростом доли нетрадиционных источников углеводородов заметно меняется роль процессов облагораживания и переработки углеводородного сырья. В отличие от нефти и газа, нетрадиционные источники энергии в большинстве случаев не могут эффективно использоваться непосредственно и служат лишь сырьем для последующего химического производства топлив, более привычных и удобных для промышленности и транспорта. Кроме того, постоянно повышаются технологические и экологические требования к топливам, связанные с внедрением более эффективных энергоустановок и ужесточением экологических норм, в частности повышаются октановые и цетановые числа используемых моторных топлив, вводятся нормы предельно допустимого содержания в них определенных компонентов и эмиссии наиболее опасных продуктов сгорания.

Далеко не всегда топлива с такими характеристиками можно извлечь непосредственно из природных углеводородов простым разделением (перегонкой, ректификацией) и требуется глубокая химическая переработка исходного сырья. Кроме того, практическая потреб-

ность в различных углеводородных топливах сильно отличается от содержания соответствующих фракций в природных углеводородах. В ряде случаев технологические и экологические требования делают более перспективным использование принципиально новых вторичных энергоносителей, получаемых химической переработкой природных углеводородов, например, водорода, диметилового эфира, метанола и других. В связи с этим значительно возрастает роль химической переработки энергоресурсов и постоянно увеличивается доля природного энергетического сырья, подвергающегося нефтехимической, газохимической, углехимической переработке.

Переработка нефти уже давно перестала ассоциироваться с простейшими нефтеперегонными процессами, которые составляли ее основу в первой половине прошлого века, и превратилась именно в нефтехимию сложных процессов крекинга, изомеризации, гидрирования и дегидрирования углеводородов нефти с целью получения из них широкой гаммы химических продуктов и топлив. Не менее масштабную трансформацию претерпевает и углехимия, перед которой, помимо получения ее традиционных продуктов (кокс, водород, синтез-газ, ароматические соединения и др.) сейчас стоит масштабная задача превращения крайне неудобного для транспортировки и вызывающего множество экологических проблем твердого топлива в более удобное и чистое жидкое и газообразное топливо. США, обладающие крупнейшими в мире ресурсами угля, объявили это направление одним из приоритетных в своей энергетической политике. По этому же пути идет Китай, приступивший к реализации масштабной программы создания серии предприятий по конверсии угля в жидкое топливо.

Большие надежды возлагаются на относительно молодую газохимию, особенно в связи с перспективами освоения огромных залежей твердых газовых гидратов. Разработка эффективных технологий превращения газообразного топлива в жидкое могло бы кардинально изменить глобальную роль этого ресурса [18]. Это крайне сложная задача, и пока современные промышленные газохимические технологии в большинстве своем остаются многостадийными и энергоемкими процессами, требующими огромных капиталовложений. Причина в том, что если в основе нефтехимических процессов лежит разрыв относительно слабых C—C и C—H связей в длинных углеводородных цепочках с целью получения более коротких соединений, то основное направление газохимических процессов прямо противоположное. Из небольших и очень стабильных молекул метана и его ближайших гомологов необходимо получить более сложные и, как правило, менее стабильные продукты. Таким образом, если переработка нефти в значительной мере основана на равновесных процессах, то производство тех же продуктов в газохимии протекает в условиях, часто контролируемых кинетикой каталитического процесса. Поэтому в газохимии часто на первом плане — достижение необходимой селектив-

ности процессов по высокорреакционным целевым продуктам [19].

Постоянное увеличение глубины и объема химической переработки добываемых энергоресурсов при непрерывном росте стоимости добычи и транспортировки углеводородного сырья стимулирует постепенное перемещение нефте- и газоперерабатывающих мощностей непосредственно в регионы их добычи, прежде всего на Средний Восток. В связи с этим в США и Европе при продолжающемся росте потребления сокращается строительство новых мощностей по переработке нефти и газа и в ближайшие годы ожидается рост импорта уже не первичного сырья, а продуктов его глубокой переработки. Это одно из очевидных проявлений глобализации мировой экономики и даже отдельных стадий промышленного производства, когда оптимизируется получение не только конечных, но и промежуточных продуктов. Пространственный разрыв производственных цепочек с перемещением начальных звеньев, в которых перерабатываются особенно большие объемы сырья, непосредственно в районы его добычи, позволяет существенно снизить стоимость конечного продукта. Поэтому начальные стадии производства энергетических топлив постепенно вытесняются из стран-потребителей в страны-производители сырья. В результате опережающими темпами увеличивается объем мировой торговли, темпы роста которой сейчас в 2 раза превышают темпы роста мирового ВВП [20].

#### **Децентрализация и малая энергетика**

Наряду с продолжающимся строительством крупных электростанций все более очевидна тенденция мировой энергетики к децентрализации производства энергии. В основе этого несколько причин. Децентрализация энергоснабжения в виде местных и индивидуальных источников энергии, работающих на складываемых энергоресурсах, наиболее эффективно может исключить угрозу прерывания энергоснабжения вследствие техногенных катастроф и системных аварий, вероятность которых по мере развития техносферы непрерывно нарастает. Децентрализованная энергетика позволяет также ликвидировать региональные диспропорции в развитии энергетики. В связи с этим прогнозируется увеличение к 2030 г. доли местных и индивидуальных источников энергии (в том числе для резервирования мощности, получаемой от централизованных источников) до 25—30% мирового энергопотребления [2].

Кроме того, в ряде случаев выгоднее экономить на электрических сетях, чем на оборудовании электростанций. Сооружение малых электростанций при некотором росте стоимости оборудования сильно снижает затраты на электрические сети. Особенно эффективна децентрализация в теплоснабжении [9]. Но главное, это то, что общее увеличение установленной мощности, несмотря на снижение загрузки, повышает эффективность использования энергоресурсов и ведет к снижению их потерь.

При продолжающемся развитии промышленной энергетики происходит возрождение на новой технологической основе индивидуального энергоснабжения человека. Массовое использование миллионов технических устройств индивидуального пользования от бытовых приборов до средств связи, передвижения и автономного энергоснабжения формирует индивидуальную «энергосферу» человека. Уже сейчас суммарная мощность обслуживающих человека двигателей внутреннего сгорания в целом превосходит суммарную мощность электростанций мира. Интенсивные разработки химических источников тока (топливных элементов), альтернативных источников энергии, разнообразных аккумуляторов электроэнергии, дизельных и газотурбинных установок средней и малой мощности создают перспективу появления технической базы для дальнейшей индивидуализации энергоснабжения. Хотя суммарная установленная мощность обслуживающих человека установок при этом увеличивается, индивидуальная энергетика обычно обеспечивает более экономное использование энергии [21].

#### **Энергохимические процессы и производство химических продуктов**

Наконец, в качестве важной тенденции можно отметить еще одну сторону намечающегося изменения взаимоотношений энергетики и химической промышленности. До сих пор, в связи с преобладанием в переработке первичных энергоресурсов деструктивных нефтехимических процессов, связанных с потреблением энергии, химия была одним из основных потребителей энергии. Намечающийся переход, например в газохимии, к «конструктивным» процессам синтеза и автотермическим процессам, сопровождающимся выделением большого количества тепла, а также образованием значительного объема технологических горючих газов, делает уже химию потенциальным источником энергии. В связи с этим в ряде случаев выгодно совмещать такое химическое производство с производством энергии не только для удовлетворения собственных, но и региональных нужд. Возникает новый класс интегрированных энергохимических процессов, комплексно использующих химический и энергетический потенциал углеводородного сырья.

Особенно выгодна интеграция в единое энергохимическое производство в случае относительно малотоннажных производств, максимально приближенных к местам добычи углеводородных ресурсов в удаленных регионах, где нет собственной энергетической инфраструктуры. Эта концепция позволяет совместить распределенное производство энергии, химических продуктов и моторных топлив и направлена в первую очередь на эффективное удовлетворение местных потребностей. Фактически, это логическое развитие концепции децентрализованной энергетике, охватывающей не только производство электроэнергии, но и вторичных энергоносителей (моторных топлив, водорода, топлив-

ного газа и др.) для всестороннего обеспечения всех типов локальных потребителей энергии и транспорта.

Выгоды такой концепции очевидны и многочисленны. Снижаются затраты на логистику и транспортировку (только у нас в стране ежегодно в северные энергодобывающие регионы завозится более 8 млн т жидкого топлива, произведенного в промышленных регионах из добытого на Севере сырья, что удваивает стоимость продукции для конечного потребителя). Повышается надежность снабжения, т.е. энергетическая безопасность регионов. Повышается эффективность использования сырья, снижаются потери, особенно таких трудно транспортируемых ресурсов, как попутный газ. Более гибко и оперативно удовлетворяются реальные местные потребности. Снижается техногенный риск для населения и окружающей среды за счет уменьшения мощности производства. Расширяется и диверсифицируется местное промышленное производство, что увеличивает социальную стабильность в регионах.

\* \* \*

Таким образом, при относительно консервативном характере происходящих в современной энергетике изменений, в качестве ведущей тенденции следует отметить повышение эффективности использования энерго-ресурсов и снижение удельных энергозатрат во всех важнейших секторах экономики. Одновременно происходит диверсификация источников первичных энерго-ресурсов за счет более широкого использования нетрадиционных и трудноизвлекаемых источников углеводородов. К важным тенденциям нужно также отнести постоянное повышение доли первичного углеводородного сырья, подвергающегося глубокой химической переработке, и повышение роли вторичных энергоносителей, расширение их ассортимента, областей и объема применения. В связи с этим наблюдается активное перемещение процессов не только первичной, но и глубокой переработки углеводородов непосредственно в районы их добычи. Наконец, происходит все более явное «вращение» энергетики во все сферы производства и современного быта. Как следствие, растет энерговооруженность и энергозависимость всех областей человеческой деятельности, и бесперебойное энергоснабжение становится критическим условием нормального существ-

ования в современном мире. Поэтому тенденция к децентрализации энергоснабжения и надежному резервированию энергетических мощностей будет постоянно усиливаться. На базе этого возникает такой новый феномен, как интегрированные энерготехнологические, в частности, энергохимические процессы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ExxonMobil: Energy demand to increase 50% by 2030. Oil & Gas J., 2006, Jan. 9.
2. Фортвов В.Е., Макаров А.А., Митрова Т.А. Вестн. РАН, 2007, т. 77, № 2, с. 99—114.
3. Капица П.Л. Успехи физ. наук, 1976, т. 118, № 2, с. 307.
4. Мусеев Н.Н. Сочинения в 3-х томах. Т.3. М.: Изд-во МНЭПУ, 1997, с. 92.
5. Арутюнов В.С. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2007, т. 51, № 6, с. 94—99.
6. Арутюнов В.С. Там же, 2005, т. 44, № 4, с. 102—109.
7. Schulz W.G., Moore K.J. Chem. Eng. News, 2008, March 3, p. 7.
8. Янин А.Л., Будыко М.И., Израэль Ю.А. В сб.: Глобальные проблемы биосферы. М.: Наука, 2003, с.10—24.
9. Фаворский О.Н. Вестн. РАН, 2007, т. 77, № 2, с. 121—132.
10. Ловинс Э. В мире науки, 2005, № 12, с. 40—47.
11. Radler M. Oil & Gas J., 2004, July 5, p. 18—30.
12. Башмаков И. Газовый бизнес, 2006, ноябрь-декабрь, с. 30—35.
13. Herold study: Revenue outran E&R spending in 2004. Oil & Gas J., 2005, Oct. 17, p. 28.
14. Wells P.R.A. Oil & Gas J., 2005, Feb. 21, p. 20—28.
15. Лавров Н.П. Вестн. РАН, 2006, т. 76, №5, с. 398—408.
16. Elvidge C.D., Baugh K.E., Pack D.W., Milesi C. Oil & Gas J., 2007, Nov. 12, p. 50—58.
17. Блохин А.И., Стельмах Г.П., Иорудас К.-А.А. НРЭ. 2001, № 3, с.8—15.
18. Арутюнов В.С. Газохимия, 2008, № 1, с. 10—21.
19. Sinev M., Arutyunov V., Romanets A. Adv. Chem. Eng., Ed. G.B. Marin. Elsevier, 2007, v. 32, p. 171—263.
20. Арутюнов В.С., Синева М.Ю. Катализ в промышленности, 2006, № 3, с. 61—64.
21. Макаров А.А., Фортвов В.Е. Вестн. РАН, 2004, т. 74, № 3, с. 195—208.