



Технологии GTL – история и перспективы развития

Постоянно растущий в мире спрос на моторное топливо, повышение требований к его качеству и прогнозируемое истощение нефтяных запасов заставляют производителей работать над совершенствованием технологий переработки сырья и возможностями использования новых его видов. Одной из наиболее перспективных в настоящее время является технология GTL (Gas to liquids – газ в жидкость) – процесс преобразования метана в жидкие углеводороды, причём источниками метана могут быть и твёрдое топливо (уголь), и природный газ, как свободный, так и попутный нефтяной [2].

В GTL-процессе производится синтетическое жидкое топливо (СЖТ): синтетическая нефть и дизельное топливо, – а также нефть, смазочные масла, парафины. Синтетическая нефть транспортируется вместе с обычной нефтью либо конденсатом на дальнейшую переработку. Дизельное топливо используется непосредственно в тех регионах, где производится.

Производство синтетического топлива развивалось медленно, поскольку оно было весьма дорогим, существенно дороже, чем топливо природного происхождения. Однако некоторые компании, прежде всего, конечно, транснациональные нефтегазовые корпорации, вели исследования в этой области. На рынке GTL значительную роль играют компании *Sasol* (ЮАР), *Royal Dutch/Shell*, *Exxon Mobil*, *Syntroleumtech*, *ConocoPhillips*, *BP*, *ChevronTexaco*, *Euroil Ltuud*.

Возможность получения смеси углеводородов и кислородных соединений в каталитической реакции водорода с моноокисью углерода была открыта в Германии. Два химика: Франц Фишер и Ганс Тропш – в 1920 г. разработали уникальный химический процесс получения синтетического топлива из угля, который был назван их именами (процесс Фишера-Тропша). Процесс заключается в том, что уголь в присутствии водяного пара и кислорода подвергается газификации с образованием синтез-газа (смесь водорода и оксида углерода в определенном соотношении), который подвергается очистке и далее превращается в синтетические жидкие углеводороды (СЖУ), в том числе СЖТ. Результаты исследований по получению синтез-газа из угля на железном катализаторе они впервые опубликовали в 1923 г., позже исследования процесса продолжались, варьировались катализаторы, давление, температуры и конструкция реактора.



В период 1930-1940 гг. интерес к процессу Фишера-Тропша постоянно увеличивался во многих странах, включая Великобританию, Францию, США, Японию, Китай, где широко проводились лабораторные и пилотные испытания [5]. Уже в период 1932-1945 гг. процесс широко использовался в Германии для производства синтетической нефти и дизельного топлива.

Нефтяной кризис 1970-х годов дал энергетическим компаниям мощный импульс для продолжения исследовательских работ, в этот период были созданы технологии превращения в СЖТ природного горючего газа.

Процесс преобразования природного газа в синтетические углеводороды проходит в три этапа (рис.1): производство синтез-газа, конверсия газа в жидкость и переработка полученных жидких углеводородов в конечные продукты.

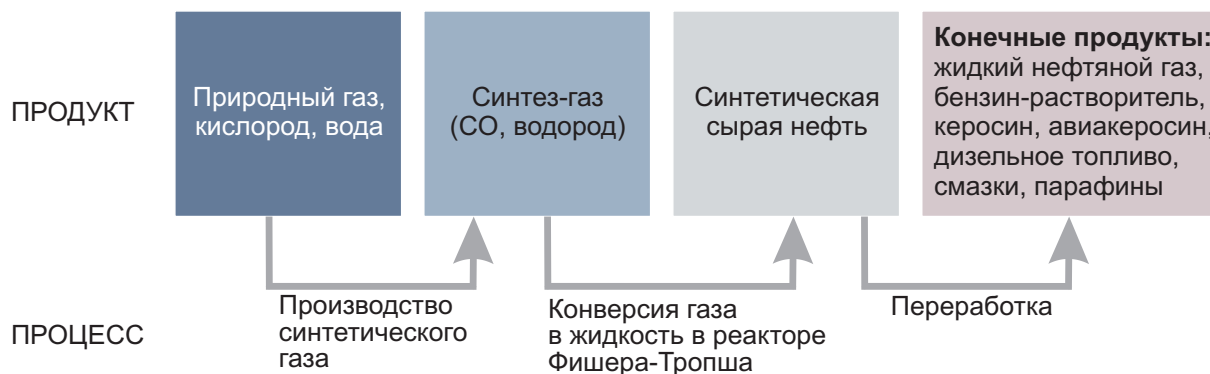


Рис. 1. Основные этапы переработки природного газа в СЖТ.
Источник: [7]

Во всех производствах, работающих по технологии GTL, наиболее капиталоемкой и энергоёмкой стадией является переработка природного газа в синтез-газ, на её долю приходится 60-70% общих капитальных затрат [2]. Поэтому основные исследования направлены на разработку новых высокоэффективных катализаторов и усовершенствование технологии Фишера-Тропша на этой стадии. В результате к настоящему времени цена конечных синтезированных нефтепродуктов стала заметно ниже и в условиях роста цен на природные топлива приблизилась к стоимости последних [13].

На второй стадии синтез-газ в присутствии катализаторов превращают в многокомпонентную газожидкостную смесь углеводородов (преимущественно парафиновых). Капитальные затраты на этой стадии составляют 20-25% стоимости всего производства. На третьей стадии осуществляется облагораживание газо-



жидкостной смеси углеводородов (процессы гидрирования, гидрокрекинга, гидроизомеризации и ректификации). Капитальные затраты на организацию работ этой стадии составляют 5-15%.

Впервые промышленное производство СЖТ освоила компания *Sasol*, в настоящее время разработано уже несколько технологий его получения. Различия СЖТ, полученных по разным технологиям, сказываются и на цене конечного продукта (табл.1).

Таблица 1

Цены CIF синтетического топлива, получаемого по технологиям разных компаний в 2005 г., дол./барр.

Регионы	Технологии компаний		
	Сопосо	ExxonMobil	Rentech
США	28	29	32
Западная Европа	27	28	30
Япония	30	31	34

Источник: [3]

Ключевым фактором в динамике развитии производства СЖТ являются цены на нефть: оно становится рентабельным, только если они достаточно высоки. Однако уже в 2001 г. компания *Сопосо* заявила, что ей удалось настолько усовершенствовать технологию GTL, что строительство промышленных предприятий по переводу газа в жидкое топливо стало экономически выгодным при цене нефти всего в 20-21 дол. за баррель. С середины 90-х годов прошлого века удельные капиталовложения на строительство единицы мощности установок GTL снизились в пять раз, со 100 до 20 тыс.дол. на баррель.

Вместе с активным ростом цен на природные энергоносители это привело к тому, что многие компании мира стали проектировать строительство заводов по производству СЖТ (табл.2); ряд предприятий уже строится или эксплуатируется.

Таблица 2

Проекты строительства заводов по производству СЖТ

Компания	Место расположения	Мощность, тыс.барр./сут	Характеристики
Действующие			
Sasol	Сасолбург, ЮАР	5,6	Действует с 1955 г., сырьём был уголь. Модернизирован к 2004 г. под переработку природного газа
Sasol	Секунда, ЮАР	124	Действует с 1980 г. Сырьё – уголь 97%, природный газ 3%



Компания	Место расположения	Мощность, тыс.барр./сут	Характеристики
Petro SA	Моссел-Бей, ЮАР	22,5	Действует с 1993 г. Сырьё – уголь
Shell MDS	Бинтулу, Малайзия	14	Действует с 1993 г., модернизирован в 1997-2000 гг. Сырьё – природный газ
Sasol/QP (Oryx)	Рас-Лаффан, Катар	34 (возможно увеличение до 100)	Строительство завершено в 2006 г., первая партия продукта получена в начале 2007 г. Сырьё – природный газ
Строящиеся и планируемые			
Sasol/ChevronTexaco	Эскравос, Нигерия	33,5	Завершение в 2007 г. Сырьё – природный газ
Shell/ QP (Pearl)	Катар	140 (две установки по 70)	Завершение строительства первой установки в 2009 г., второй – в 2011 г. Сырьё – природный газ
Exxon Mobil/ QP	Катар	154	Завершение строительства в 2011 г. Сырьё – природный газ
Sasol/ QP	Катар	65	Начало строительства в 2010 г.
Sasol/ QP	Катар	130	Начало строительства после 2010 г.
ConocoPhillips/QP	Катар	160	Начало строительства в 2010 г.
Marathon/QP	Катар	120	Начало строительства в 2010 г.
Shell/INPC	Иран	75	Проект не утверждён
Statoil/INPC	Иран	20	Проект не утверждён
Sasol/NIOC	Иран	140	Проект не утверждён
Ivanhoe Energy	Египет	45	Проект не утверждён
Sonatrach	Алжир	35	Проект не утверждён
Shell/Pertamina	Индонезия	75	Проект не утверждён
Sasol/ChevronTexaco	Австралия	75	Проект не утверждён
Niugini Gas&Chemical Pte/I&G Venture Capital Co./Rentech	Папуа-Новая Гвинея	15	Проект не утверждён
Repsol-YPF/Ivanhoe Energy	Боливия	90	Проект не утверждён
Repsol-YPF	Боливия	13,5	Проект не утверждён
GTL Bolivia/Rentech	Боливия	10	Проект не утверждён
Syntroleum/Petrobras	Бразилия	Нет данных	Проект не утверждён
Reema/Syntroleum	Тринидад и Тобаго	10	Проект не утверждён
PDVSA/Sasol	Тринидад и Тобаго	34	Проект не утверждён
Sasol/ PetroTrin	Тринидад и Тобаго	30	Проект не утверждён
«Газпром»/Syntroleum	Россия	100	Проект не утверждён

Источники: [2; 7; 8; 9; 14]



Первопроходцем строительства заводов по производству СЖТ стала южноафриканская компания *Sasol*. Ею построены и эксплуатируются установки по преобразованию угля в жидкие нефтепродукты в ЮАР: в 1955 г. в г.Сасолбург, а в 1980 г. – в г.Секунда. Позже компанией разработана технология суспензионного фазового катализа (*slurry-phase distillate process*), которую она применила на установке в г.Сасолбург. В 2004 г. принято решение о переводе установок с угля на природный газ, для чего построен газопровод, подводящий газ к существующим мощностям. В настоящее время установка в г.Сасолбург переведена на газ полностью, а в г.Секунда – лишь на 3%.

В 1993 г. СЖТ-установка мощностью 22,5 тыс.барр./сут, на которой использовалась технология *Sasol*, построена в ЮАР компанией *Mossgas* (теперь *Petro S.A.*); её продукция рассчитана на внутренний рынок. Эта же компания совместно со *Statoil* соорудила опытно-промышленную установку мощностью 1 тыс.барр. СЖТ в сутки в г. Моссел-Бей (ЮАР), которая начала работать в апреле 2004 г.

Сейчас большая часть проектов GTL сосредоточена в странах Ближнего Востока, суммарные инвестиции в их осуществление в этом регионе в первом десятилетии века должны составить около 2 млрд дол.; на втором и третьем местах стоят государства Латинской Америки и Восточной Азии (примерно по 1 млрд дол.).

Согласно прогнозам международного энергетического агентства *Energy International Agency*, в 2011-2020 гг. Ближний Восток заметно превзойдёт другие регионы по вложению средств в проекты GTL, нарастив их почти до 8 млрд дол. А в 2021-2030 гг. инвестиции ближневосточных стран достигнут 12 млрд дол. Страны Юго-Восточной Азии, Африки и Латинской Америки инвестируют в эти проекты примерно по 7 млрд дол. [7].

Катар стремится стать лидером на рынке синтетического жидкого топлива. Первый завод – *Oryx GTL* – начал действовать в 2006 г. Ещё ряд проектов находится на различных стадиях проработки и реализации, так что к 2015 г. производство СЖТ в Катаре может достичь 800 тыс.барр./сут.

Официальное открытие крупнейшего в мире завода *Oryx GTL* (названного в честь национального животного Катара – саблерогой антилопы орикс) в г.Рас-Лаффан состоялось в июне 2006 г. Стоимость предприятия оценивается в 950 млн дол. Завод принадлежит компаниям *Qatar Petroleum* (51%) и южноафриканской *Sasol* (49%). Сырьём для производства 34 тыс.барр./сут жидких нефтепродуктов послужит природный газ месторождения Норт (North); суточный расход



газа – 9,35 млн куб.м. На предприятии в сутки будет вырабатываться 24 тыс.барр. дизельного топлива, 9 тыс.барр. нефти и 1 тыс.барр. сжиженных нефтяных газов (LPG). Строительство комплекса велось с конца 2003 г., а в начале 2007 г. получена первая партия синтетического топлива. Возможно увеличение мощности завода до 100 тыс.барр./сут [8; 10; 11; 15; 16].

Второй крупный проект в Катаре называется Pearl GTL. Его реализуют совместно *Qatar Petroleum* и *Qatar Shell GTL Limited*. Комплекс будет перерабатывать 44,8 млн куб.м/сут газа для производства 140 тыс.барр./сут СЖТ. На заводе будут сооружены две установки мощностью 70 тыс.барр./сут каждая; первую предполагают построить в 2009 г., вторую – в 2011 г.

О реализации третьего проекта договорились компании *Qatar Petroleum* и *ExxonMobil Qatar GTL Limited*, заключив договор о начале строительства завода стоимостью 7 млрд дол. на базе технологии *ExxonMobil*. Производительность его составит 154 тыс.барр. СЖТ в сутки.

Ещё два проекта строительства установок GTL: компании *Marathon Oil* (120 тыс.барр./сут) и компании *ConocoPhillips* (160 тыс.барр./сут) – правительство временно приостановило, намереваясь проанализировать последствия быстрого развития этого производства для экономики страны, а также провести дополнительные исследования месторождения Норт (North), газ которого предполагается использовать в обеих установках. И в том, и в другом проектах начало коммерческого производства планировалось на 2010 г.[4; 7].

В Малайзии имеется действующая СЖТ-установка. В 1993 г. консорциум в составе *Shell* (72%), *Mitsubishi's Diamond Gas Holdings* (14%), *Petronas* (7%) и *Sarawak* (7%) построил её в городе Бинтулу на основе технологий *Shell*. Она функционировала до 1997 г., пока не была выведена из строя в результате аварии. В апреле 2000 г. установку восстановили и модернизировали, мощность её увеличилась с 12,5 до 14,5 тыс.барр./сут. Продукция полностью идёт на экспорт.

В Нигерии планируют перерабатывать в СЖТ газ шельфовых месторождений района Эскравос. В 2007 г. предполагается завершить строительство завода мощностью 33,5 тыс.барр./сут (22 тыс.барр. дизельного топлива, 9,5 тыс. – «тяжёлого» бензина и 2 тыс. – жидкого нефтяного газа). Этим активом владеют компании *Chevron Nigeria* (75%) и *Nigeria National Petroleum Company* (25%). Компания *Sasol*, предоставившая технологию и разработавшая установку, будет осуществлять её техническое обслуживание. Сооружение этого завода станет одним из



этапов реализации программы нигерийского правительства по полному прекращению сжигания газа [18; 19].

В Папуа-Новой Гвинее в июне 2004 г. правительство подписало с компаниями *Niugini Gas & Chemical Pte, I&G Venture Capital Co. Ltd.* и *Rentech* меморандум о взаимопонимании по вопросу строительства газопровода и комплекса по переработке природного газа, в который входит установка по получению СЖТ мощностью 15 тыс.барр./сут. В настоящее время фирма *Syntroleum* изучает также возможность строительства плавучей СЖТ-установки.

В Боливии компании *Repsol-YPF* и *Ivanhoe Energy* рассматривают возможность осуществления проекта GTL с использованием технологий *Syntroleum*; проектная мощность предприятия – 90 тыс.барр./сут. Кроме того, *Repsol-YPF* разработала проект предприятия мощностью 13,5 тыс.барр./сут, а компания *GTL Bolivia* намерена соорудить установку мощностью 10 тыс.барр./сут (с перспективой расширения до 50 тыс.барр./сут) с использованием технологий компании *Rentech* и газа с месторождения Итау (Itau).

В Бразилии заинтересованность в производстве СЖТ и создании стратегического партнёрства с владельцами технологий выразила компания *Petrobras*.

В Египте правительство обсуждает предложенный *Ivanhoe Energy* проект строительства завода СЖТ мощностью 45 тыс.барр./сут. Предприятие станет альтернативой производству СПГ и сооружению газопроводов.

В Иране правительство планирует использовать часть запасов газа шельфового месторождения Южный Парс как сырьё для производства СЖТ. Компании *Shell* и *Statoil* предложили построить такой завод в г.Ассалуе, где уже функционирует газоперерабатывающий завод. Реализовать проект предположительно будет *Iran National Petrochemical Company (INPC)*.

В Алжире компания *Sonatrach* планирует строительство завода по производству СЖТ, на который может направляться газ месторождений, расположенных на границе с Ливией. Если проект будет реализован, к 2020 г. его производительность достигнет 35 тыс.барр./сут. Владельцам технологий *Shell* и *Sasol*, а также компаниям *ChevronTexaco* и *PetroS.A.* предоставлена возможность составить коммерческие предложения, и одна из них станет партнёром *Sonatrach*.

В России проекты строительства заводов по производству СЖТ в последнее время также привлекают внимание нефтегазовых компаний, хотя реализованного



в промышленном масштабе современного производства синтетических моторных топлив по технологии GTL в стране пока не существует.

Исследование перспективности таких проектов проводится по заказу компании «Газпром» специалистами ВНИИгаза. По их мнению, использование природного газа отдалённых месторождений путём его конверсии в синтетические жидкие топлива более перспективно, чем производство метанола или сжиженного газа. Речь идёт, конечно, о таких регионах, как Ямал, Восточная Сибирь и Дальний Восток.

Усложняет ситуацию отсутствие российских технологий производства СЖТ, готовых к промышленному использованию. Это приводит к необходимости либо создания СП с компанией – владельцем лицензии, либо приобретения лицензии. В начале 2003 г. компания *Syntroleum International* подписала соглашения с «Лукойлом», «Саханефтегазом» и «Газпромом» об изучении возможности применения технологии GTL в России на небольших газовых месторождениях и месторождениях с низким пластовым давлением.

Правление «Газпрома» одобрило разработанную ВНИИгазом программу создания производства синтетических жидких топлив и поручило институту начать подготовку к её реализации. Институт проработал экономическую перспективность различных площадок под строительство крупных мощностей (до 6 млн т СЖТ в год) и планирует изучить рынок СЖТ, для чего предполагается построить пробные мощности на 100 тыс.т СЖТ в год. ВНИИгаз готовит ТЭО опытного предприятия, в дальнейшем может быть принято решение о строительстве на его базе крупного завода мощностью 5,8 млн т/год. Стоимость этого проекта оценивается примерно в 2,7 млрд дол. [1; 2].

Как считают специалисты компании «Метанпроцесс», высокие капитальные затраты на сооружение оправданны для установок GTL большой мощности (табл.3).

Как видно из табл.3, для обустройства мелких месторождений установки, работающие по технологии GTL, пока достаточно дороги, однако для переработки сырья крупных или серии сближенных мелких месторождений их применение может быть экономически эффективным.

Несмотря на множество нерешённых проблем, мировой рынок СЖТ активно развивается. В 2002 г. мировое производство синтетических моторных топлив не превышало 2 млн т в год (0,16% мировой выработки бензина и дизельного топли-



ва). При реализации всех намеченных проектов строительства заводов по их выпуску (табл.2), выпуск продукции может увеличиться почти на порядок и составить 17 млн т в год.

Таблица 3

Экономические показатели установок по производству синтетических жидких углеводородов по технологии GTL различной производительности

	Производительность, тыс.т/год		
	15	50	100
Капитальные затраты, млн дол.	14,8	25	48
Срок строительства, мес.	18	28	32
Себестоимость 1 т с учетом амортизации, дол.	180-200	160-180	145-160
Количество обслуживающего персонала в смену, чел.	7	12	30

Источник: [6]

Распространено мнение, что рынок сбыта синтетических топлив практически неограничен. Этому, как считает ряд экспертов, есть несколько причин:

- цены на жидкие моторные топлива постоянно растут, а расходы на производство СЖТ с совершенствованием технологии GTL сокращаются;
- проекты GTL не создают конкуренцию нефтеперерабатывающей промышленности, а напротив, дополняют её, так как производство высококачественных компонентов моторных топлив на установках GTL позволит нефтепереработчикам решить проблему повышения качества поставляемых топлив. Установки GTL можно сооружать непосредственно на территориях НПЗ, интегрировать с ними, используя в качестве сырьевого синтетического газа продукты газификации низкокачественных тяжёлых нефтяных фракций. При этом синтетическое жидкое топливо может подаваться в существующие технологические установки НПЗ на дальнейшую переработку или облагораживание;
- на мировом рынке повышаются экологические требования к моторным топливам (бензинам и дизельным топливам) по содержанию серы и ароматических углеводородов. Синтетическая нефть и моторные топлива, производимые из природного газа, не содержат этих компонентов (и азота);



- внедрение процессов GTL в промышленных масштабах позволит нефтегазовым компаниям вовлечь в разработку те обширные запасы газа, добыча которых ранее считалась экономически нецелесообразной из-за удалённости месторождений и отсутствия транспортной инфраструктуры. Кроме того, это один из путей утилизации попутного нефтяного газа [2; 12].

Существует и противоположное мнение относительно перспектив развития производств с применением технологии GTL. Оно состоит в том, что такие производства не будут иметь широкого распространения, так как:

- развиваются не только технологии GTL, но и технологии классической переработки нефти и газа, причём последние, как правило, относительно малозатратны. При этом всегда удаётся подобрать такую схему переработки, которая позволит удовлетворить любые экологические требования;
- технологии производства автомобильных топлив из нефти дают больше возможностей для диверсификации продукции;
- при сложных химических преобразованиях газа происходят огромные потери исходного сырья;
- существуют проблемы с выделением и утилизацией тепла в циклах химических превращений;
- GTL-проекты – капиталоемкие, с очень большими сроками расчётной окупаемости инвестиций [17].

Однако, несмотря на то, что коммерческая эффективность проектов GTL ещё не доказана, всё большее число нефтегазовых компаний вкладывают средства в их реализацию. Кто из сторонников противоположных точек зрения на будущее технологии GTL прав – покажет практика и время.

К.М.Краснова

Источники информации:

1. БИКИ. 2006. № 37.
2. Метапроцесс. Обзор рынка GTL. <http://www.metaprocess.ru>. 26.12.2005.
3. Мировая энергетика. 2005. № 12.
4. Мировая энергетика. 2005. № 2.
5. Научно-техническая библиотека. Новости науки и техники. Специалисты предсказывают широкое использование технологии GTL в энергетической отрасли. <http://www.sciteclibrary.ru>. 2005.



6. Нефтегазовая вертикаль. 2006. № 9-10.
7. Нефть России. 2006. № 10.
8. Энергосинтоп. Новости. Оryx GTL начал работу. <http://www.energосyntop.com/info/news/74>. 16.05.2007.
9. Ecological Basis for Cultural Revolution. Gas-to-liquids: much smoke, little fire. <http://greatechange.org>. 2001.
10. Gulf News Online. Qatar opens \$950m Oryx GTL plant. <http://www.gulf-news.com>. 7.06.2006.
11. Gulf Times. Oryx GTL eyes output of 100000 bpd. <http://www.gulf-times.com>. 7.06.2006.
12. Oil and Gas Journal. 2005. V.103, # 11.
13. Petroleum Economist. 1999. V.66, # 1.
14. Petroleum Economist. 2006. V.73, # 6.
15. Petroleum Economist. 2006. V.73, # 7.
16. Petroleum Economist. 2007. V.74, # 1.
17. RusEnergy. Аналитика. Что за зверь - GTL (на основе новостей за 13-19.10.03). <http://www.rusenergy.com>. 28.10.2003.
18. Sasol Chevron. Escravos Gas to Liquids project. <http://www.sasolchevron.com>. 2006.
19. Sasol. Business Review. Promising GTL era now within sight. Sasol Synfiels International (Proprietary) Ltd. <http://w3.sasol.com>. 2001.