

Международная практика газификации угля в коммерческом аспекте пока находится в стадии становления. Официальных данных о том, сколько составляет syngas в мировом ТЭБ нет. Но прикинуть можно.

По данным IEA, суммарная мощность электростанций мира, включая атомные, на начало 2011 года составляла 4624767 MW. При этом, по данным Департамента энергетики США, суммарная мощность электростанций, которые в настоящее время работают на syngas, составляла 13415,8 MW, то есть всего 0,3%. Конечно, не много. Но тренд обозначен. Причем, не только на уровне статистики.

К 2011 году только Shell начала реализацию новых 37 проектов по газификации угля с целью выработки на основе syngas электроэнергии и также продала 27 лицензий на такие технологии. А средняя мощность электростанции при этом составляет 500–800 MW.

Следовательно, вскоре, а срок строительства завода-газификатора с целью выработки электроэнергии не превышает года, мир получит еще 32000–51200 MW общей мощности электростанций, которые будут работать на газифицированном угле.

То есть, доля syngas в мировом ТЭБ, с высокой долей вероятности, в ближайшем будущем возрастет до 1–1,4%.

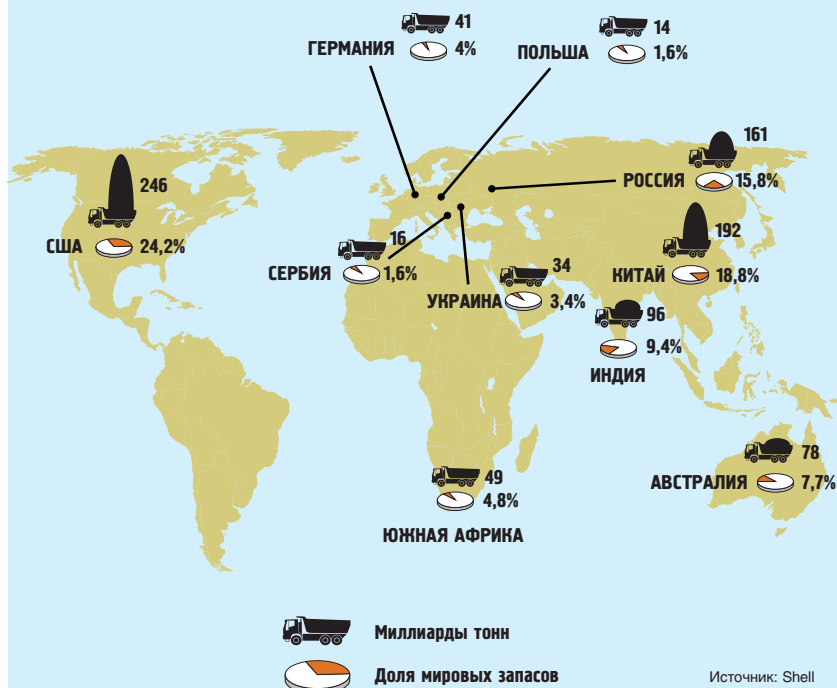
Второе рождение угля

Линфен — китайский город, который Солнце посещает редко. Город находится в провинции Шаньси, являющейся крупнейшим регионом добычи угля в Китае: Линфен считается наиболее загрязненным городом в мире. Наиболее распространенные заболевания населения — онкологические. Таковы итоги исследования, проведенного американским фондом Blacksmith Institute.

Китай производит 2,4 млрд тонн угля ежегодно, и более 400 тыс. людей умирают от загрязнения воздуха, кислотных дождей и отравленных подземных вод. Но что делать, если в ТЭБ Китая уголь составляет 70% (см. «География мировых запасов угля»)?

ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЯ: МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

Суммарные мировые запасы угля 1 019 млрд т



География мировых запасов угля, 2010 г.

Ныне на уголь — несмотря на экологические угрозы — в качестве первичного энергоресурса в мировом ТЭБ приходится около 30%. И заменить его порой нечем. Поэтому мир озабочен превращением угля в экологически чистое топливо. Для чего и используются технологии газификации угля. Лозунг таков: не уголь на ТЭЦ, а газ из угля.

В результате газификации угля, то есть превращения твердого углеводорода в газ, образуется так называемый синтез-газ (Syngas — Synthetic Gas). Это, как правило, смесь оксида углерода и водорода, которая может применяться в газовых турбинах для выработки электроэнергии, а также в качестве сырья в химической промышленности, в черной металлургии и при дорожных работах.

Лидером в газификации угля является Shell, имеющая наибольшее в мире количество проектов по превращению угля в газ с целью выработки электроэнергии. Технологий газификации угля несколько. И именно с этими технологиями лидеры в области газификации угля — США, Япония, Китай, Германия — связывают в настоящее время так называемое «второе рождение угля».

Что касается РФ, то в стране относительно развита лишь технология подземной газификации угля, в результате которой получают сухой газ, пригодный для котельных и парогазовых установок. Впрочем, в России это пока, в отличие от международной практики, более на уровне научных разработок. Хотя, в СССР разработки носили прикладной характер...

Список действующих в мире заводов по газификации угля, 2010 г.

Страна	Заводы и владельцы	Мощность, MW	Продукция
Австралия	1 завод, Sasol Chemical Industries	110,0	Водород
Бразилия	2 завода, CNOOC, Sinopec	519,5 (суммарно)	Аммоний и электроэнергия, соответственно
Канада	1 завод, CNPC	1 025,0	Водород, теплоэнергия
Китай	46 заводов, CNOCC, Sinopec, Shell, Linde	12 918,0 (суммарно)	Аммоний, газ для котельных, метанол, водород для производства сжиженного моторного топлива и электроэнергии
Чехия	3 завода, Nippon	1 915,9 (суммарно)	Метанол, аммоний, электроэнергия и тепло
Доминиканская республика	1 завод, французская Nitrogen	196,9	Газ для закачки в пласт
Египет	1 завод, Suez	106,4	Аммоний
Финляндия	5 заводов, финские компании муниципального профиля	169,0 (суммарно)	Аммоний, электроэнергия для бытовых нужд
Республики б. Югославии	2 завода, местные муниципалитеты	226,9 (суммарно)	Аммоний, метанол
Франция	2 завода, китайская химическая компания Jilin	118,8 (суммарно)	Электроэнергия, кислородосодержащие химикаты
Германия	20 заводов, BASF, Mitsui, муниципальные компании	5 071,1 (суммарно)	Электроэнергия, метанол, аммоний, химикаты, моторное топливо
Индия	7 заводов, Exxon, муниципальные компании Германии	2086,6 (суммарно)	Электроэнергия, метанол, аммоний
Италия	7 заводов, Exxon, муниципальные компании Германии и Италии	4 509,0 (суммарно)	Электроэнергия
Япония	6 заводов, Sunoco (США), NFL (Индия), муниципальные компании Японии	1 326,0 (суммарно)	Аммоний, электроэнергия, метанол, улавливание CO
Малайзия	1 завод, правительство страны	1 032,4	Дистилляты
Нидерланды	3 завода, BP, Texas Eastman	1 187,2 (суммарно)	Электроэнергия, водород
Португалия	2 завода, BP, Samsung	1 103,2 (суммарно)	Аммоний
Катар	1 завод, португальская Portucel	10 936,0	Дистилляты, парафины
Сингапур	2 завода, немецкая DEA AG	583,7 (суммарно)	Электроэнергия, водород
ЮАР	3 завода, владельцы — AGIP, Sasol	2 380,2 (суммарно)	Моторное топливо, водород
Южная Корея	3 завода, владельцы — Shell, Sinopec	202,9 (суммарно)	Аммоний, электроэнергия
Испания	2 завода, владельцы — муниципалитеты	609,8	Электроэнергия, улавливание CO
Швеция	3 завода, владельцы — муниципалитеты	68,7 (суммарно)	Электроэнергия, улавливание CO
Тайвань	2 завода, владелец — американская Lake Charles	440,6 (суммарно)	Метанол
Великобритания	2 завода, владельцы — Shell, Sinopec	334,7 (суммарно)	Ацетилены
США	26 заводов, основные владельцы — BP, Samsung, Sinopec, Shell, Portucel, Indian oil Corp., AGIP	7 761,3 (суммарно)	Улавливание CO, метанол, моторное топливо, аммоний, электроэнергия, водород, дистилляты, химикаты, газ для закачки в пласт
Итого	Заводов — 154	???	

Источник: Департамент энергетики США

Однако Китай делает: из 27 лицензий на технологию газификации

В 2011 году на газ, полученный при газификации угля (syngas), пришлось 0,3% в мировом ТЭБ. За счет новых проектов Shell названная цифра увеличится до 1–1,4%

ции угля, проданных Shell, 17 купил именно Китай. Да и вышеупомянутый лозунг «не уголь на ТЭЦ, а газ из угля» принадлежит китай-

В мире работают 154 завода по газификации угля, из них по преобразованию угля в газ для питания ТЭЦ — 30 заводов общей мощностью 13 416,8 MW

ской Sinopec, которая и является основным разработчиком угольных копей Китая.

В США на уголь в ТЭБ страны приходится 50%, в Германии —

55%. Поэтому США и Германия тоже купили у Shell лицензии на технологию газификации угля.

А Россия? В РФ на уголь в ТЭБ приходится около 20%, что дает повод защитникам угля и сторонникам уменьшения доли газа в ТЭБ РФ для рассуждений о необходимости перевода российских ТЭЦ на уголь.

Да кто бы спорил? Но чтобы уголь не наделал бед, переводить бы надо поначалу в газ, уж коли волею Природы уголь является наиболее насыщенным углеродом ископаемым топливом, а его сжигание в первозданном виде на электростанциях приводит к образованию в два раза большего количества CO₂ (в расчете на киловатт-час электроэнергии), чем при сжигании природного газа.

Мировые тенденции

Согласно данным Департамента США на конец 2010 года, в мире

работали 154 завода по газификации угля (см. «Список действующих в мире заводов...»): лидерами по числу проектов являются Китай (46 проектов), США (26 проектов) и Германия (20 проектов).

При этом по преобразованию угля в syngas для ТЭЦ в настоящее время работают всего 30 проектов общей мощностью в 13415,8 MW. Остальные проекты предназначены для производства из угля химических продуктов — аммония, водорода, метанола, искусственного сжиженного моторного топлива и др. Эти заводы-газификаторы электроэнергии на syngas не вырабатывают, а потребляют энергию «чужих» ТЭЦ. Но, тем не менее, они являются экологически чистыми химическими производствами, так как любой такой завод предполагает улавливание CO₂ в той или иной форме.

Лидером по части газификации угля для питания ТЭЦ яв-

ляются США. Проекты также имеют место в Германии, Чехии, Индии, Италии, Нидерландах, Сингапуре, Швеции (см. «Заводы-газификаторы угля для питания ТЭЦ»). То есть, распространение по миру пока обширным не назовешь.

Но процесс идет. Например, китайские компании, проверив технологии в Бразилии, Германии, Чехии, США, готовы применять этот опыт на родине: по данным Синорес, проекты будут реализованы в основных угледобывающих провинциях Китая — Шаньси, Гуйчжоу, Хэнань. В проектах предполагается участие Shell, которая также приступила к реализации новых проектов в Германии, США, Австралии, Великобритании. В процессе участвуют General Electric, Siemens, Mitsubishi.

Shell не разглашает детали своих проектов, как и их список. Но все же кое-какую информацию компания дает. В качестве примеров приводятся два проекта: FutureGen (США) и ZeroGen (Австралия). Оба проекта планируют запустить в 2012 году. Стоимость каждого — порядка \$1,7 млрд.

Shell также сообщает, что если удельные капиталовложения при строительстве газовых ТЭЦ составляют около \$500 за МВт, то при строительстве ТЭЦ, работающих на газифицированном угле, процесс на 10–20% дороже в зависимости от вида угля и специфики месторождения.

Поэтому, по мнению специалистов Shell, газификация угля требует госсубсидий, которые и сопровождают реализацию проектов FutureGen и ZoreGen. Впрочем, правительства США и Австралии полагают, что дело того стоит, так как введенные электростанции станут первыми в мире в том плане, что будут иметь нулевые выбросы CO₂.

Технологический аспект

Как правило, syngas представляют как смесь оксида углерода, водорода и большой доли азота. Состав получаемого syngas, конечно, может меняться, так как существует несколько видов угля.

Процесс газификации угля, в общем и целом, выглядит так. В большинстве установок газификации используют чистый кислород, который проводится в воздухоочистительные установки с использованием криогенной технологии. Основа установки — газификатор, которых на том или ином заводе, в зависимости от его мощности, может быть несколько, (от одного до двенадцати, исходя из современной мировой практики).

В газификаторах уголь превращается в сырой syngas, процесс протекает при температуре 700–1600°C, которая разрушает молекулярную структуру угля (пиролиз), превращая его в газ. Сырой syngas очищают от CO₂. Далее очищенный газ преобразуют в смесь, которая и подается на электростанции.

Существуют различные технологии газификации угля, но наиболее продвинутой и эффективной считают технологию Shell, которая подходит практически для всех типов угля. При этом отличительная особенность технологии Shell состоит в том, что CO₂ улавливается из синтез-газа, будучи направленным по трубам в подземное хранилище, в качестве которого используются либо соляные морские отложения, абсорбирующие CO₂, либо выработанные газовые месторождения.

История ею и останется

Первые в мире коммерческие электростанция, работающая на газифицированном угле, — Schwarze Pumpe 2 и Schwarze Pumpe 3 — были введены в строй, соответственно, в 1964 и 1968 годах. И хотя процесс пошел, выработка электроэнергии на syngas имеет относительно непродолжительную историю.

Используемые в настоящее время технологии газификации угля для подачи syngas на ТЭЦ предполагают так называемую наземную газификацию угля. А помимо нее, есть еще и подземная газификация угля, которая имеет куда более давнюю историю.

Идея принадлежит Дмитрию Менделееву. «Достаточно под-



жечь уголь под землей, превратить его в светильный... газ и от-

Мировые лидеры по запасам угля — США, Китай, Германия, Австралия — реализуют установку: «не уголь на ТЭЦ, а газ из угля»

вести по трубам из бумаги, пропитанных смолой и обвитых проволокой», — описывал процесс ученый еще в 80-е годы XIX века.

Есть различные технологии газификации угля, но наиболее эффективной считают технологию Shell, которая подходит практически для всех типов угля

Первый в мире проект подземной газификации углей был разработан в СССР в 1928 году. В

Из 27 лицензий, проданных Shell, 17 купил Китай, остальные — США, Австралия, Германия

1933 году в СССР был создан трест «Подземгаз» с целью коор-

Мировым лидером по преобразованию угля в газ для ТЭЦ являются США. Проекты также есть в Германии, Чехии, Индии, Италии, Нидерландах, Сингапуре, Швеции

динации научно-исследовательских, проектных и эксперимен-

Заводы-газификаторы угля с целью питания ТЭЦ, 2010 г.

Название завода, владелец	Страны	Технология	Мощность, MW	Год ввода
Brazilian BIGCC Plant — CNPC, Sinopec	Бразилия	TPS*	68,4	2006
Vresova IGCC Plant — Nanjing Chemical Industry (Китай)	Чехия	Sasol Lurgi Dry Ash **	636,4	1996
Thermoselece Vresova — BOC Gases (Германия, группа Linde)	Чехия	GSP***	787,4	2005
Kymihaarvi ACFBG Unit — IBIL (США)	Финляндия	FW ACFBG****	48,0	1996
Schwarze Pumpe 1 — Celanese Chemical (ТНК американского происхождения)	Германия	GSP	164,0	1992
Schwarze Pumpe 2 — Qilu Petrochemical (Китай, группа Sinopec)	Германия	Sasol Lurgi Dry Ash	410,1	1964
Schwarze Pumpe 3 — Fushun Detergent (Китай — группа PetroChina)	Германия	BGL*****	155,6	1999
Schwarze Pumpe 3 — Inner Mongolia (Монголия)	Германия	Sasol Lurgi Dry Ash	196,9	1968
Fondotoce Gasification Plant — Lucky Gold Star (США)	Германия	Thermoselect *****	34,2	1999
Sangri Plant — Sekundarrohstoff (Германия)	Индия	BGL	109,1	2002
Neyveli Plant — Exxon	Индия	Shell *****	888,6	2006
Api Energia — Sokolovska Uhelna (Чехия)	Италия	GE *****	525,6	2001
ISAAB Energy — Sydkraft AB (Германия)	Италия	GE	1 203,0	1999
SARLUX — Corenso United Oy (Финляндия)	Италия	GE	1 271,2	2000
Sulsis — Hydro Agri (Германия)	Италия	Shell	956,9	2006
Agip IGCC — Exxon	Италия	Shell	456,6	2006
Negishi — Neyveli Lignite Co (Индия)	Япония	GE	792,9	2003
Buggenum — Texas Eastman (США)	Нидерланды	Shell	465,9	1994
Pemis — BP, Sumsung	Нидерланды	Shell	637,3	1997
Americentrale — Lahden (Финляндия)	Нидерланды	Shell	64,0	2000
Chawan — ATI Sulsis (США)	Сингапур	GE	363,6	2001
Puertollano — муниципалитет Пуэртоллано	Испания	GE	587,8	1997
Vamamo — Steelhead Energy (США)	Швеция	GE	14,4	1993
Dorado — Dahua Chemicals (Китай)	США	GE	11,0	1996
Delaware Clean Energy — Yuntianhua Chemicals (Китай)	США	GE	519,5	2002
Wabach River — Opti Canada	США	GE	590,6	1995
Polk Country — Liuzhou Chemicals (Китай)	США	GE	451,1	1996
Lima Energy — Sinopec	США	GE	1 005,7	2008
Mesaba — Jinling (группа Sinopec)	США	GE	н/д	2009
Steelhead Energy — Sinopec	США	GE	н/д	2010
Итого			13 415,8	

Источник: Департамент энергетики США

* Технология шведской компании Termiska Processer AB — предполагает использование низкого давления (около 1,8 бар) в газификаторах;

** Технология Sasol Lurgi Dry Ash (ЮАР) — основана на газификации под давлением с сухим удалением золы, образующейся в процессе превращения угля в газ;

*** Технология Gas Schwarze Pumpe (Германия) — предполагает использование кислородного дутья, позволяющего подавать топливо либо пневматически, либо в виде водной суспензии;

**** Технология газификации биомассы компании Foster Wheeler Energia Oy (Финляндия);

***** Технология газификации Bhagyanagar Gas Limited (Индия) — основана на пиролизе угля под воздействием высоких температур;

***** Изобретена в Швейцарии, под воздействием высоких температур происходит не только пиролиз угля, но и образование гранулированных металлов и минералов;

***** Технология Shell;

***** Технология General Electric — процесс пиролиза угля сопровождается одновременными процессами выработки метанола и аммония при параллельных поставках синтез-газа на электростанцию

тальных работ по подземной газификации углей. Развитие работ подземной газификации продолжалось институтом ВНИИПодземгаз (позже ВНИИПромгаз,

В РФ развивают лишь подземную газификацию угля: создается шесть добывающих энергетических комплексов суммарной мощностью 850 MW


ВНПО «Союзпромгаз», ныне ООО «Газпромпромгаз»).

Суть технологии подземной газификации угля состоит в бурении скважин до угольного пла-

ста, после чего в пласте создается управляемый очаг горения, в котором протекает процесс 3078D8:0F88. При этом используется метод дутья (воздухом или кислородом). Затем вышедший на поверхность газ очищается от серы и других примесей и может быть использован для котельных или парогазовых установок.

Мировым лидером в области подземной газификации угля является Китай. В настоящее время в стране работают более 15 подобных станций. На территории СССР в 1950–1990-е годы существовало 10 промышленных станций; по сей день работает лишь Ангренская станция в Узбекиста-

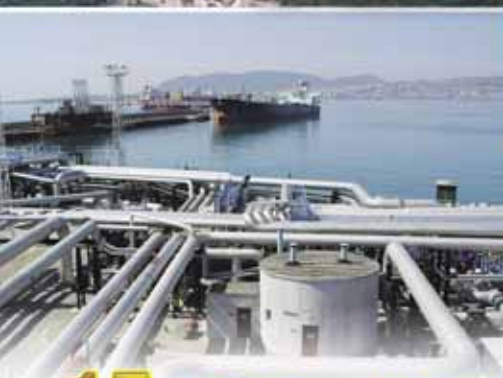
не, которая снабжает газом местную ТЭЦ. Все остальные закрылись по разным причинам.

И теперь в РФ существуют лишь проекты по возрождению подземной газификации угля. Так, специалистами ИУУ СО РАН разработан инвестиционный проект с использованием технологий подземной газификации угля по созданию шести добывающих энергетических комплексов суммарной мощностью 850 MW. Прямо скажем, не очень много, если учесть, что средняя мощность одной ТЭЦ, запитанной газифицированным углем, в проектах Shell составляет 500–800 MW... 



ИнжГео

**ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ**



15 лет От достигнутых целей - к новым горизонтам

КОМПЛЕКСНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

- Объектов транспорта и хранения газа, нефти и нефтепродуктов;
- Обустройства нефтегазовых месторождений, промыслов и скважин;
- Морских терминалов;
- Перевалочных нефтебаз;
- Объектов промышленного строительства;
- Объектов гражданского строительства;
- Объектов авто- и железнодорожной инфраструктуры;
- Объектов переработки нефти и газа;
- Магистральных трубопроводов;
- Ж/Д сливо-наливных эстакад;
- Резервуарных парков;
- Автозаправочных станций и т.д.

Разработка декларации промышленной безопасности.

Разработка специальных разделов: ООС, ОВОС, ГО и ЧС, инженерной защиты от негативных природных процессов.

КОМПЛЕКСНЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

- Геодезические, геологические, гидрологические, геофизические, экологические;
- Аэросъёмка, лазерное сканирование;
- Сейсмическое районирование, тектоника;
- Создание топографических и тематических электронных схем различных территорий и объектов на основе разрабатываемых цифровых моделей данных в формате ГИС.

СТРОИТЕЛЬСТВО ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ СО СДАЧЕЙ ОБЪЕКТА «ПОД КЛЮЧ»

Авторский надзор при строительстве.

Техническая экспертиза проектов.