© С.Н. Лазаренко, П.В. Кравцов, 2007

УДК 662.74

С.Н. Лазаренко, П.В. Кравцов

НОВЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ В РОССИИ И В МИРЕ

Семинар № 18

Осознание реальности неуклонного повышения роли угля в экономике будущего, произошедшее в последнее время как в России, так и в мире в целом, явилось решающей причиной возникновения имеющего место сегодня резкого возрастания интереса к такой нетрадиционной технологии разработки угольных месторождений, как подземная газификация угля (ПГУ).

Как известно, эта технология открывает новые возможности в разра-ботке угольных пластов со сложными горно-геологическими условиями за-легания, совмещает добычу, обогаще-ние и переработку угля, обеспечивая при этом непосредственное получе-ние конечного продукта (горючего га-за) на месте осуществления газифика-ции пласта - в отличие от добытого угля, являющегося продуктом про-межуточным. Особо привлекательное преимущество метода ПГУ заключа-ется в его экологических достоинст-вах - так, при подземной газификации почти не нарушается земная поверх-ность, а производимый газ является экологически приемлемым видом топ-лива.

История существования в нашей стране подземной газификации углей может быть разделена на три условных периода. Первый период, продолжавшийся с 1930-х гг. до начала 1960-х гг. - время бурного развития технологии ПГУ. Второй период начался в 1964 г. с печального для судьбы ПГУ постановления правительства о резком сокращении научно-исследовательских и опытно-промышленных работ в данной области, и продолжался практически до конца XX века. Такая резкая перемена +в отношении государства к подземной газификации угля была вызвана возникновением в первой половине 1960-х гг. своего рода эйфории в связи с открытием в Западной Сибири огромных запасов природного газа и нефти. На фоне таких громадных запасов энергоресурсов, казавшихся в те годы неисчерпаемыми, подземная газификация угля показалась бесперспективной и ненужной. Согласно упомянутому постановлению правительства, в середине 1960-х гг. были закрыты два существовавших в то время специализированных института, занимавшихся проблемами подземной газификации угля, а также прекратили работу промышленные предприятия подземной газификации (за исключением двух - Южно-Абинской и Ангренской станций «Подземгаз»), и кроме того, было прекращено строительство новых предприятий.

Прошли десятилетия. Эйфория по поводу огромности запасов газа и нефти в нашей стране сменилась все усиливающейся озабоченностью ввиду явной и не такой уже далекой исчерпаемости этих запасов. В то же время в 1970-80-е гг. произошел всплеск интереса к подземной газификации за рубежом, и особенно в США. В этот период почти все

крупные угледобывающие государства мира приобрели у нашей страны лицензии на технологию ПГУ. Проведенные в США и Западной Европе опытно-промышленные эксперименты подтвердили работоспособность и эффективность этой технологии. За рубежом тогда же оформилось восприятие подземной газификации углей как технологии ближней и средней перспективы - т.е. технологии, которая, не будучи в состоянии конкурировать со сравнительно дешевыми (на тот отрезок времени) природным газом и нефтью, через определенный период будет обязательно востребована.

В 1980-е гг. начали было оживать надежды на возрождение ПГУ в России, связанные, в частности, с разработкой проекта строительства крупной станции «Подземгаз» в г. Красноярске. Однако с началом процесса радикальных реформ в экономике, эти надежды были похоронены. С закрытием в 1996 г. Южно-Абинской станции «Подземгаз» промышленная подземная газификация углей в России перестала существовать.

Начало нового, XXI века можно считать и условной границей начала третьего периода развития ПГУ в России - первый, протекающий сегодня этап которого характеризуется проявлением осознания безусловной необходимости реанимации подземной газификации углей в стране. Слишком очевидны экономические и экологические достоинства этой технологии.

Сегодняшняя ситуация с развитием ПГУ в России складывается таким образом, что наибольшие перспективы в практическом плане для реального внедрения этой технологии в практику освоения угольных месторождений создались в Кузнецком бассейне. Имеющее место проявление повышенной активности в деле развития ПГУ именно в данном регионе страны объясняется, с одной стороны, существованием в Кузбассе большого опыта практического использования этой технологии, а с другой – поддержкой руководством региона любых усилий (как практического, так и научного характера), направленных на решение данной проблемы.

Сегодня в топливном балансе Кемеровской области основную долю потребности в энергетическом сырье покрывают кузнецкие угли, в количестве 19-20 млн т в год (82-85 % от всей потребности), кроме того, используется небольшое - в процентном выражении - количество привозного минусинского и канско-ачинского углей (2-3 % от общего объема топлива), а также поступающий по трубам из Тюменской области природный газ (примерно 10 % от общего количества топлива). Сложившийся топливный баланс определил развитие в Кузбассе негативных в экологическом отношении явлений, загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы, объясняющихся сжиганием на ТЭЦ и в котельных чрезмерно большого количества твердого топлива. Поиск частичной альтернативы твердому топливу сводится в данном случае к изучению возможностей замены твердого топлива на газообразное.

В настоящее время существует три варианта увеличения газовой составляющей топливного баланса Кузбасса, которые, с различной степенью допущения, можно назвать реально осуществимыми: а) резкое увеличение поставок в Кузбасс тюменского природного газа; б) широкое использование в качестве топлива метана, получаемого как при дегазации угольных шахт, так и при промышленной добыче последнего; в) развитие в Кузбассе метода подземной газификации углей.

Сравнительный анализ этих вариантов показал, что в сложившейся к настоящему моменту экономической ситуации наиболее экономически рентабельным и технически реализуемым из них следует считать широкое развитие в Кузбассе подземной газификации углей. Так, расчеты показали, что, например, строительство дополнительного газопровода из Тюменской области в Кузбасс потребует финансовых затрат в несколько раз (в первом приближении - в пять) больших, чем строительство в Кузбассе нужного числа предприятий "Подземгаз", производящих такое же количество котельного топлива.

В данной ситуации ПГУ является наиболее приемлемым способом получения энергетического (кроме того - и химического) газообразного сырья, который удовлетворял бы как требованиям охраны окружающей среды (при собственно разработке угольных месторождений - с одной стороны, и как производитель экологически чистого топлива - с другой), так и сохранял бы экономическую привлекательность, имея себестоимость производства топлива в 1,4-2,0 раза ниже, чем стоимость используемого в качестве топлива природного газа, с учетом его транспортировки по трубам, и в 2,7-4,1 раза ниже себестоимости угля, добытого подземным способом. Следует упомянуть и высокую стабильность технологии - газ подземной газификации имеет практически неизменную теплотворную способность и состав, и при этом бесперебойное снабжение газом ПГУ потребителей может быть гарантировано последним на несколько десятилетий.

Институтом угля и углехимии СО РАН разработан инвестиционный проект, предполагающий строительство в Кузбассе шести крупных промышленных предприятий ПГУ, с производительностью по газу от 1,0 до 4,0 млрд $м^3$ горючего газа в год, осуществляющих газификацию угольных пластов по новой современной технологии, и производящих таким образом горючий газ, который может быть успешно использован либо как котельное топливо, либо в качестве энергетического сырья для газотурбинных установок при производстве электроэнергии.

Проектом предполагается строительство двух типов предприятий ПГУ, различающихся между собой видом выдаваемого конечного продукта: а) предприятие ПГУ, конечным продуктом которого является горючий газ; б) предприятие ПГУ, конечным продуктом деятельности которого является электроэнергия. В последнем случае в структуру предприятия ПГУ включается газотурбинная станция, которая работает на производимом этим же предприятием газе подземной газификации угля. Фактически в данном случае речь идет об автономной электростанции, работающей на «собственном» газообразном энергетическом сырье.

В свою очередь, для предприятия ПГУ, производящего в качестве конечного продукта горючий газ как котельное топливо, существует два варианта такого производства: первый – это производство низкокалорийного газа, имеющего теплоту сгорания 4 МДж/$м^3$, и получаемого при использовании в технологии газификации воздушного дутья, и второй вариант – производство среднекалорийного газа с теплотворной способностью 10-13 МДж/$м^3$, получаемого в случае использования в технологии паровоздушного дутья.

Технико-экономические показатели инвестиционного проекта

№ п/п	Наименование (условное) предприятия ПГУ	Вид производимой продукции	Производительность предприятия	Кап. затраты на строительство, млн. руб.	Ожидаемая чистая прибыль (годовая), млн. руб.
1.	Петровская станция «Подземгаз»	Электроэнергия	100 МВт	1900 (включ. стоим. газотурбин.уст.)	900-1100
2.	Хмелевская станция «Подземгаз»	Низкокалорий-ный горючий газ	2,0 млрд. $м^3$	350	150-180
3.	Мусохрановская станция «Подземгаз»	Электроэнергия	100 МВт	1900 (включ. стоим. газотурб. уст.)	900-1100
4.	Прокопьевская станция «Подземгаз»	Среднекалорий-ный горючий газ	1,0 млрд. $м^3$	450	170-200
5.	Чичербаевская станция «Подземгаз»	Низкокалорий-ный горючий газ	2,0 млрд. $м^3$	350	150-180
6.	Терсинская станция «Подземгаз»	Электроэнергия	120 МВт	2200 (включ. стоим. газотурб. уст.)	1000-1300
	ВСЕГО:			**7150**	**3270-4060**

Таким образом, проектом предполагается, на основании анализа рыночной конъюнктуры и технических особенностей газифицируемых углей в местах размещения предприятий ПГУ, строительство в Кузбассе трех предприятий, имеющих конечным продуктом электроэнергию, двух других предприятий, в качестве конечного продукта выпускающих низкокалорийный горючий газ как котельное топливо, и одного предприятия, производящего среднекалорийный газ.

В приведенной таблице показаны основные технико-экономические характеристики данного проекта: расчетные значения объемов капитальных затрат, необходимых для строительства предприятий подземной газификации угля, размеры ожидаемой годовой чистой прибыли, получаемой от реализации продукции данных предприятий, а также их производительность и вид производимой продукции.

В соответствии с предлагаемым данным проектом вариантом развития метода подземной газификации угля в Кузбассе, предполагающим строительство определенного количества (а именно – шести) предприятий этого профиля, с конкретной производственной мощностью и с определенным видом конечной продукции каждого из них, общая стоимость реализации инвестиционного проекта составляет порядка 7,15 млрд руб.

Необходимо отметить, что расчетные значения приведенных в таблице объемов капитальных затрат и прибылей являются приближенными, и будут уточняться в процессе разработки ТЭО данного инвестиционного проекта.

Значительные различия между величинами объемов капитальных затрат, требующихся, с одной стороны – для строительства предприятий, имеющих конечным продуктом электроэнергию, а с другой – предприятий, реализующих в

качестве своего конечного продукта горючий газ, объясняются высокой стоимостью газотурбинной станции, входящей в структуру первого из названных типов предприятий. (Стоимость газотурбинной станции примерно в три раза превышает стоимость «подземной части» производства газа подземной газификации угля).

Срок окупаемости затрат на строительство предприятий ПГУ составляет 2-3 года. Сроки строительства предприятий данного профиля изменяются, в зависимости от мощности предприятия, от одного года до двух лет.

Введение в эксплуатацию предлагаемых проектом шести предприятий на базе ПГУ сможет заменить работу 3-4 угольных шахт средней мощности – со всеми вытекающими положительными социальными и экологическими последствиями, снизив при этом примерно на 25% собственное потребление Кемеровской областью энергетических углей. Кроме того, реализация проекта предполагает появление на рынке труда области нескольких тысяч новых рабочих мест.

Хотя исторически сложилось так, что наиболее масштабные планы по развитию подземной газификации угля в России сегодня связаны с Кузнецким бассейном, можно с уверенностью утверждать, что благоприятные перспективы для развития этой технологии существуют и в других угольных регионах нашей страны. Так, очень широкие перспективы для развития ПГУ имеются в Канско-Ачинском угольном бассейне, на Дальнем Востоке (в Приморье, в Хабаровском крае, на о. Сахалин), в Печорском угольном бассейне, в Восточном Донбассе и др.

Нужно отметить, однако, что нынешняя относительная активизация в России исследований в области подземной газификации угля сводится пока к выполнению работ аналитического характера, в крайне малой степени переходя в практическую плоскость. Главной причиной наличия этого обстоятельства является отсутствие финансовых инвестиций в развитие данной технологии, объясняющееся не в последнюю очередь и недостаточной информированностью потенциальных инвесторов об объективно существующей инвестиционной привлекательности этого способа разработки угольных месторождений.

Впрочем, следует заметить, что в самое последнее время ситуация в этой области начала изменяться в лучшую сторону: так, к подземной газификации угля (в особенности в Кузбассе) стали проявлять заинтересованное внимание некоторые крупные инвесторы, и потому появляется надежда на реализацию разработанных инвестиционных проектов на практике.

Между тем, сегодня претензии России на мировое лидерство в области подземной газификации угля, каковым она по праву обладала, начиная с 1930-х гг., поставлены под сомнение. Этому есть объективные причины, и главная из них – бурный прогресс научных и практических работ по ПГУ, имеющий место в последние годы в Китае. Вот перечень китайских угольных компаний, занимающихся в настоящее время промышленной подземной газификацией угля: 1. Xinwen Coal Industry Group; 2. Feicheng Coal Industry Group; 3. Lineng Group (все - провинция Shandong); 4. Xiyang Chemistry Company; 5. Dongshan Coal Mine; 6. Pingchang Coal Mine (все - провинция Shanxi); 7. Dayan Coal Group; 8. Pingzhuang Coal Group (обе – провинция inner Mogolia); 9. Liuzhi Industry and Mine (провинция Guzhou).

Можно по разному относиться к сугубо техническим отличиям, сущест-

вующим между китайской и российской технологиями газификации угольных пластов (главное их которых – наличие в китайской технологии ПГУ элементов шахтной подготовки подземного газогенератора), но приходится признать, что Китай резко и намного обогнал Россию в деле практической реализации подземной газификации угля.

Неожиданно для других крупных угледобывающих стран, на передовые позиции в области подземной газификации угля вышла и Австралия. Коммерческий проект строительства предприятия «ПГУ – ТЭС» (Chinchill) заслуживает особого внимания. Согласно этому проекту, газ ПГУ используется в комбинированном парогазовом цикле суммарной электрической мощностью 67 МВт. Экспериментальные работы по ПГУ были начаты в 1999 г., и в 2003 г. проект был реализован на полную мощность. Производительность подземного газогенератора – 100000 $м^3$/ч газа с теплотой сгорания около 5,5 МДж/$м^3$ (1300 ккал/$м^3$). Процесс осуществляется на паровоздушном дутье при давлении 10 бар.

Кстати, данный австралийский коммерческий проект выполнялся при участии специалистов из Канады, США и Узбекистана.

Большой интерес к подземной газификации угля в самое последнее время стали проявлять на Корейском полуострове – причем как в КНДР, так и в Республике Корея. При этом в Корейской народно-демократической республике уже создан Институт подземной газификации угля.

В Индии, давно проявлявшей интерес к ПГУ, сегодня также начался переход от намерений к промышленным работам в этой области – причем с помощью российских специалистов из Института горного дела им. А.А. Скочинского, выполняющих для Индии оценку пригодности их угольных месторождений для применения подземной газификации.

В Западной Европе планы по использованию ПГУ, находясь в латентной стадии развития, ориентированы преимущественно на энергетическое использование производимого газа, т.е. на сжигание его в котельных установках для получения тепла либо электроэнергии. В то же время известно, что газ ПГУ содержит в своём составе ряд химических соединений, выделение либо переработка которых позволяет получать большое количество ценных химических продуктов - серу, аммиак, фенолы и др. Кроме того, газ подземной газификации углей может служить основой для синтеза искусственного жидкого топлива. Именно такое - "химическое" - направление в использовании газа ПГУ признано приоритетным в исследованиях, ведущихся в США. Причины выбора "энергетического" направления в использовании газа ПГУ западноевропейскими исследователями объясняются относительной бедностью энергетических ресурсов Европы. В отличие от Европы, в США имеется большое количество других, отличных от ПГУ, источников энергии, потому эта страна может позволить себе осуществить более квалифицированное использование своих угольных запасов.

В самое последнее время активизировались исследования по подземной газификации угля в нашем ближнем зарубежье.

Особо следует выделить в этом плане Узбекистан, где по сей день успешно функционирует бывшая советская, а ныне узбекская Ангренская станция «Подземгаз». Это предприятие было пущено в эксплуатацию в 1964 г., и газифицирует бурые угли Ангренского

месторождения. Работа этого предприятия в течение четырех десятилетий является убедительным подтверждением надежности, эффективности и отработанности технологии подземной газификации углей.

На Украине проведены экспериментальные работы по возможности подземной газификации некондиционных запасов угля во Львовско-Волынском угольном бассейне. Первые результаты этих работ показали, что себестоимость топлива, полученного при подземной газификации углей данного бассейна, получается вдвое ниже, чем на действующей Ангренской станции «Подземгаз» в Узбекистане.

В Луганской области Украины считают, что подземная газификация угля позволит решить проблему доработки запасов угля, оставшихся в недрах закрытых угольных шахт – а это более 1 млрд т ценных углей.

Всего же, по подсчетам украинских специалистов, количество запасов угля на Украине, пригодных для подземной газификации, составляет порядка 24 млрд т.

Начали проявлять активный интерес к подземной газификации угля в Казахстане, Киргизии, Грузии. Даже в такой «неугольной» республике, как Белоруссия, на состоявшейся в декабре 2005 г. Международной конференции «Перспективные направления добычи и переработки горючих полезных ископаемых» в качестве наиболее перспективной технологии для условий Белоруссии была признана подземная газификация местных углей и горючих сланцев.

Можно констатировать, что начавшийся в последние годы новый этап развития подземной газификации угля должен оцениваться следующим образом: для России – это начало периода реанимации данной технологии, для других угледобывающих стран – это появление и утверждение среди традиционных горно-энергетических технологий нового конкурентоспособного и инвестиционно привлекательного способа разработки угольных месторождений. ГИАБ

Коротко об авторах

Лазаренко С.Н. – доктор технических наук,
Кравцов П.В. – инженер,

Институт угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово.