

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

На правах рукописи

Асп. Г. П. ЗЫБАЛОВА

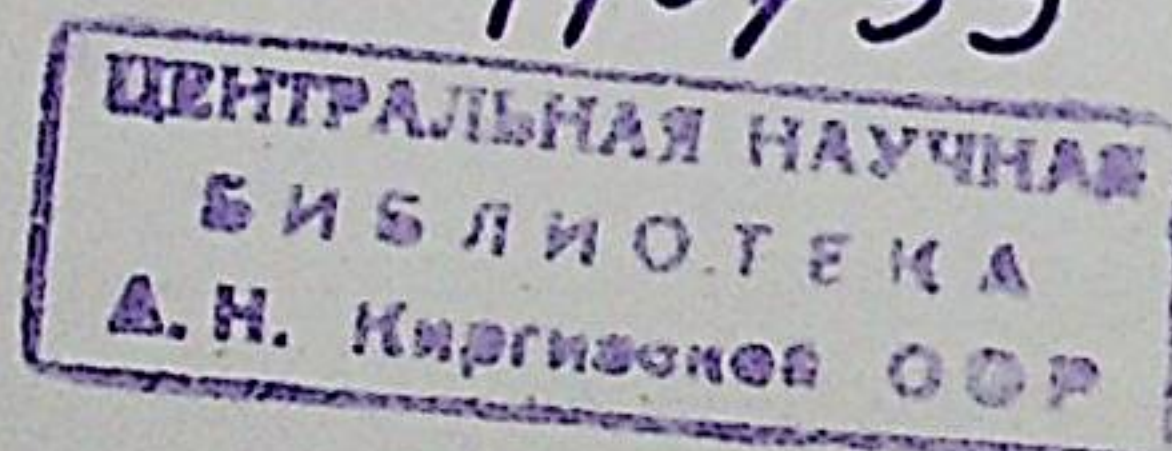
БУРЫЕ УГЛИ, КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПОДЗЕМНОЙ
ГАЗИФИКАЦИИ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель — доктор технических наук,
профессор Н. В. ЛАВРОВ

МОСКВА, 1960

170739



Подземная газификация углей является единственным способом переработки, когда уголь используется непосредственно в недрах без его добычи под землей и транспортировки на поверхность. Это явление имеет социальное значение. И не случайно, что подземная газификация углей нашла себе впервые промышленное развитие в Советском Союзе.

Опытами советских ученых и инженеров был разработан и внедрен бесшахтный метод подготовки угля к газификации, основанный на газопроницаемости угольных пластов. Впервые бесшахтный метод подземной газификации был осуществлен в 1941 году на Подмосковной станции. В настоящее время имеются три действующие станции «Подземгаз»: Подмосковная, работающая на бурых углях, Лисичанская и Южно-Абинская, работающие на каменных углях. На основе опыта Подмосковной станции построены и пускаются в 1960 году Шатская станция в Подмосковье и Ангренская в Узбекистане.

Советский Союз имеет богатые залежи углей, расположенные в различных экономических районах страны. Более одной трети балансовых запасов углей СССР приходится на бурые угли. Директивами XXI съезда КПСС предусмотрено довести добычу угля в 1965 году до 609 млн. тонн. По сравнению с 1955 г. угледобыча возрастет более, чем в 1,5 раза. По Узбекской ССР эта задача решается, в основном, за счет увеличения угледобычи по Ангренскому бурогольному месторождению.

Бурые угли, в большинстве своем, плохо транспортабельное топливо, непригодное к длительному хранению. Но практика показала, что они являются хорошим сырьем для подземной газификации.

* * *

Исследование бурых углей, как сырья для подземной газификации, проводилось на подмосковных и ангренских углях, поскольку подземная газификация бурых углей будет развиваться в первую

очередь в Подмосковном бассейне и на Ангрене. Было проведено два цикла исследований: на лабораторных установках разного масштаба и на опытных участках Подмосковной станции при естественном залегании угольного пласта.

Учитывая, что процессы подземной газификации протекают в пласте угля без его искусственного разрыхления, почти все лабораторные исследования проводились на целиках угля. Лишь в отдельных случаях, когда было необходимо по характеру исследования исключить фактор газопроницаемости различных целиков, опыты были поставлены на дробленном угле определенного класса. Лабораторные опыты проводились по трем направлениям: во-первых, исследовались состав углей и некоторые их физико-химические свойства, которые могут объяснить протекание процессов горения и газификации целика; во-вторых, были поставлены опыты по изучению особенностей процесса фильтрационной огневой сбойки целиков угля; в-третьих, исследовалась газификация целиков ангреновского и подмосковного углей на воздушном и кислородном дутье. По исследованиям процессов сбойки и газификации целиков использованы результаты некоторых работ по подмосковным углям, проведенных автором ранее под руководством к. т. н. Г. О. Нусинова.

Ангреновский и подмосковный угли относятся к бурым углям марки Б₂. Но ангреновский уголь отличается от подмосковного как по составу, органической массы, так и по содержанию и составу золы. Поэтому ряд исследований был проведен параллельно на ангреновском угле и подмосковных углях двух видов: малозольном, близком по зольности к ангреновскому углю, и многозольном, с содержанием золы на сухую массу около 45% (максимальное содержание золы в кондиционном угле при подсчете промышленных запасов на Подмосковной станции «Подземгаз»). Сопоставление результатов исследований, проведенных на ангреновском угле, малозольном и многозольном подмосковных углях позволило сделать вывод по двум направлениям: по влиянию состава горючей массы и по влиянию зольности на процессы термической переработки бурых углей.

Как видно из табл. 1, ангреновский уголь имеет несколько необычный состав для бурых углей. Выход летучих на горючую массу составляет для ангреновского угля 28—33% при содержании углерода в горючей массе 76—84%. Однако при исследовании оказалось, что гидрофильность ангреновских углей больше, чем подмосковных, реакционная способность их выше и температура воспламенения несколько ниже.

Таблица 1

Технический и элементарный анализ исследованных углей (средние данные)

Наименование углей	Технический анализ, %				Элементарный анализ, %			Удельный вес		Калорийность %
	W _{общ}	АС	VГ	SC _{общ}	СГ	НГ	ОГ+НГ+СГ	объемн.	истинный	
Ангреновский	34,60	7,66	28,58	0,79	80,46	3,47	16,07	1,05	1,58	34,4
Подмосковный малозольный	27,11	11,90	48,62	3,33	73,87	4,60	21,53	1,18	1,47	19,7
Подмосковный многозольный	16,81	44,67	55,67	1,38	73,12	7,04	19,84	1,45	1,80	19,5

Были построены кривые десорбции ангреновского, малозольного и многозольного подмосковных углей. Сушка углей производилась при этом в изотермических условиях над серной кислотой различной концентрации. Кривые десорбции отчетливо показывают, что ангреновский уголь более гидрофилен, чем подмосковный малозольный уголь и, что гидрофильность подмосковных углей уменьшается с увеличением их зольности. Последнее явление было отмечено ранее рядом авторов (Н. П. Гвоздевой, Р. Н. Питиным и др.).

Реакционная способность углей определялась по способности восстанавливать углекислоту методом, разработанным Н. П. Чижевским и А. А. Агроскиным. Сопоставлена реакционная способность ангреновского угля, подмосковного с зольностью 20% и лисичанского каменного угля марки Д. Показано, что ангреновский уголь реагирует при более низких температурах и, следовательно, более реакционно способен, чем подмосковный, в то время, как последний реакционноспособнее лисичанского угля марки Д. Температура воспламенения, определенная методом нагрева сухого аналитического порошка с азотистокислым натрием, колебалась для ангреновского угля в пределах 260—270°С, для подмосковного угля — 270°—290°С, в то время, как лисичанский уголь имел температуру воспламенения 340°С.

Повышенная гидрофильность, более высокая реакционная способность и почти равная температура воспламенения ангреновского угля по сравнению с подмосковным говорит о том, что он не может

находиться на более высокой ступени диагенетического изменения, чем подмосковный уголь. Это положение подтверждается также содержанием гуминовых кислот в исследуемых углях и инфракрасными спектрами поглощения, которые были любезно построены по нашей просьбе О. И. Зильбербранд в лаборатории физических методов исследования углей ИГи АН СССР.

Различие в составе горючей массы ангрениских и подмосковных углей объясняется, в основном, различным петрографическим составом этих углей, приведенном в табл. 2.

Таблица 2

Петрографическая характеристика углей

Бассейн, месторождение	Краткая характеристика	Микрокомпонентный состав органической массы, %				Содержание минеральных примесей, % от угля	Пористость %	
		V _t	S _v	F	L		Микропористость	Определенная по уд. весам
Ангрениский	Уголь матовый однородный, участками штриховатый. Штриховатость обусловлена скоплением мелких фрагментов фюзинита	3	31	66	—	12	42	34,4
Подмосковный	Уголь малозольный полуматовый полосчатый с прослоями линз витринита и линз фюзинита (меньших размеров, чем витринита)	54	13	20	13	21	30	19,7
Подмосковный	Уголь многозольный темносерый, тонкоштриховатый. Штриховатость обусловлена мелкими линзовидными скоплениями органического вещества	28	4	20	48	65	7	19,5

Примечания: 1. Подсчет микрокомпонентов и микропористости произведен по аншлифам при увеличении в 1400 раз.

2. Семивитринит в ангрениском угле по своим признакам близок к некоторым семифюзинитам.

Уголь Ангрени отличается от подмосковных углей повышенным содержанием компонентов группы фюзинита (F) при весьма незначительных количествах компонентов группы лейптинита. Основная масса подмосковного малозольного угля состояла из компонентов витринита (V_t), а содержание компонентов группы лейптинита (L) достигало 15%. Многозольный подмосковный уголь с петрографической точки зрения представляет собой, по существу, углистый аргиллит, органическая часть которого состояла почти на 50% из компонентов группы лейптинита.

Повышенное содержание компонентов группы фюзинита в ангрениском угле и определяет низкий выход летучих и повышенное содержание углерода в горючей массе угля.

Газопроницаемость имеет существенное значение при реактировании угля, особенно в целике. Газопроницаемость подмосковных углей и ее изменение при сушке и нагреве угля была исследована ранее Р. Н. Питиным с сотрудниками. Исследование газопроницаемости образцов ангрениских углей и ее изменения в процессе сушки и нагрева было проведено по той же методике. Это дало возможность сравнить результаты исследований ангрениских углей с результатами, полученными ранее для подмосковных углей. Газопроницаемость ангрениского угля с максимальной влажностью больше проницаемости подмосковного угля. В процессе сушки проницаемость ангрениского и подмосковного углей выравнивается, но все же ангрениский уголь остается более проницаемым, чем подмосковный. При нагреве выше 105°C газопроницаемость подмосковного угля по напластованию и перпендикулярно ему увеличивается, примерно, в равной степени. Термически подготовленный подмосковный уголь имеет газопроницаемость по напластованию в несколько раз больше, чем перпендикулярно напластованию. Ангрениский уголь при нагреве увеличивает газопроницаемость перпендикулярно напластованию в большей степени, чем по напластованию. К 400°C газопроницаемость ангрениского угля в обоих взаимно перпендикулярных направлениях становится почти равной и большей, чем газопроницаемость подмосковного угля параллельно напластованию при той же температуре нагрева. (См. таблицу 3).

Из этого сопоставления можно предположить, что реакционная поверхность ангрениского угля, прогретого выше 400°C, должна быть большей, чем реакционная поверхность подмосковного угля в тех же условиях.

С целью изучения причин, вызывающих различное изменение газопроницаемости ангрениских и подмосковных углей в процессе их термической подготовки, и учитывая, что характер изменения структуры целика угля при нагреве оказывает несомненное влияние на

Изменение проницаемости ангренских и подмосковных углей в процессе сушки и термоподготовки

У Г Л И	Газопроницаемость, миллидарси		Газопроницаемость образцов прогретых до температуры, миллидарси							
			Угли с максимальной влажностью		Высушенные					
	от	до	от	до	105°C	200°C	300°C	400°C	500°C	
										от
Подмосковные	образцы с осью параллельно наслоению	0,066.10 ⁻³	0,22.10 ⁻³	0,23	0,68	0,40	0,75	2,6	3,1	8,5
	образцы с осью перпендикулярно наслоению	0,052.10 ⁻²	0,14.10 ⁻³	0,06	0,81	0,15	0,28	—	0,43	2,55
Ангренские	образцы с осью параллельно наслоению	0,18.10 ⁻³	32.10 ⁻³	0,60	2,2	1,2	1,9	3,1	7,4	11,0
	образцы с осью перпендикулярно наслоению	0,4.10 ⁻³	14,5.10 ⁻³	0,06	1,6	0,6	1,4	2,5	7,0	10,5

Примечание: Характеристика газопроницаемости подмосковных углей приведена по данным Р. Н. Пигина.

течение процесса газификации целлика, было поставлено исследование характера трещинообразования и изменения пористости указанных углей в процессе их сушки и нагрева. Исследование проводилось совместно с лабораторией петрологии углей ИГИ АН СССР, от которой в данной работе принимал участие к.т.н. И. В. Еремин.

Исследования показали, что ангренский уголь отличается от подмосковного не только петрографическим составом, но и своими структурными особенностями. Вследствие различия в исходном материале и обводненности среды, в угле Ангрена большинство микрокомпонентов имеют хорошо сохранившуюся структуру клеточной ткани растений углеобразователей, тогда как в подмосковных углях количество компонентов с сохранившейся структурой едва достигает 20%. Существенные различия наблюдаются также в форме и размерах отдельных фрагментов слагающих углей, что находится в полном соответствии с неодинаковыми условиями накопления и составом исходного материала. Органическая часть подмосковных углей накапливалась аллохтонным путем, и поэтому они имеют большую неоднородность строения. В противоположность этому в однородных матовых углях Ангрена признаков аллохтонии не отмечено.

Чрезвычайно важной структурной особенностью изученных углей является своеобразие происхождения, размеров и формы, содержащихся в них микропор. Основная масса пор ангренских углей обязана своим происхождением процессам фюзенизации. Вследствие этого полости клеток растений углеобразователей остались незапывшими. Размеры основной массы пор колебались от 1 до 10 микрон. В ангренском угле главная часть пор была сосредоточена внутри отдельных микрокомпонентов. В подмосковных углях, наоборот, основная масса пор образовалась между компонентами. Форма пор определялась контурами микрокомпонентов, а размеры — исходными размерами, степенью углефикации растительных фрагментов, насыщенностью того или иного участка глинистыми частицами и др. факторами. Некоторая часть пор приходилась на долю внутрикомпонентных, но эта группа пор не имела такого решающего значения, как в ангренском угле. В подмосковных углях поры были значительно неоднороднее по размерам — от очень мелких, менее 5 микрон до достаточно крупных пор диагенетического происхождения, наблюдавшихся в витрините (более 30 микрон). Объем, занимаемый микропорами в исследуемых углях, был подсчитан точечным способом под микроскопом МИМ-6 при увеличении в 1425 раз с масляной иммерсией. Результаты подсчетов приведены в табл. 2, где также приведены данные о пористости образцов, определенной по истинному и кажущемуся удельным весам

угля. Данные свидетельствуют, что пористость ангреновского угля была наиболее высокой. Таким образом, ангреновский уголь отличался от подмосковных углей кроме химического состава по петрографическому составу, структурным особенностям, а также по происхождению, форме и размерам микропор. Все эти различия определяют характер процесса трещинообразования в процессе сушки и прогрева исследуемых углей.

Исследование трещинообразования и изменения пористости проводилось на образцах углей, имеющих форму, близкую к кубической с высотой ребра 3 см. За показатель трещиноватости углей была принята суммарная длина трещин, отнесенная к единице поверхности. Наблюдения и измерения осуществлялись под биноклярной лупой при увеличении в 32 раза. Пористость рассчитывалась по кажущемуся и истинному удельным весам углей. В результате исследования установлено, что увеличение газопроницаемости углей в процессе сушки происходило, в основном, за счет образования в углях трещин размером более 0,1 микрон. Образованные трещины создавали новые каналы для движения газа по целику угля. Увеличение газопроницаемости углей при их нагреве выше 100°C происходило, в основном, за счет увеличения зияния (раскрытия) трещин, образованных при сушке угля и за счет образования новых пор и трещин менее 0,1 микрон в процессе выделения летучих из угля. Характер трещин, образующихся при сушке и прогреве, зависит от петрографического состава, структуры и текстуры угля. Показано, что интенсивность трещинообразования определяется зольностью угля. Чем более однородны угли по структуре и чем они менее зольны, тем эффективнее идет процесс термической подготовки и газификации углей в целике.

Проведено исследование процессов, происходящих при фильтрационной сбойке угля. Фильтрационная сбойка заключается в том, что в угольном пласте (или целике угля) создается канал прожига, причем гидравлическое сопротивление между дутьевой и газоотводящей скважинами резко уменьшается. Образование сбоечного канала происходит за счет перемещения очага горения по углю, благодаря поступлению в этот очаг дутья от сбиваемой скважины. Исследования проводились при осуществлении процесса сбойки по принципу противотока — при движении очага навстречу потоку дутья.

Процесс фильтрационной сбойки зависит от целой совокупности физико-химических свойств угля, а также от качества и количества подаваемого дутья. Существенное влияние на ход процесса имеет газопроницаемость угля и распределение потока дутья по целику. Для исключения влияния фактора газопроницаемости первые опы-

ты по изучению процесса перемещения очага были поставлены на дробленых углях. Данные опыты проводились в вертикальной кварцевой трубке параллельно на ангреновском, малозольном и многозольном подмосковных углях. Проведено две серии опытов: на воздушном и кислородном дутье. Исследованиями процесса перемещения очага горения навстречу дутью, проведенными на дробленом угле, установлено: а) скорость перемещения очага горения по ангреновскому углю больше, чем по подмосковному углю с зольностью 12% (0,98 против 0,82 см/мин); б) скорость перемещения очага горения зависит от зольности угля, увеличение зольности подмосковного угля с 12 до 48% снизило скорость процесса с 0,82 до 0,50 см/мин.; в) с увеличением зольности в угле или балласта в дутье высота раскаленного слоя при перемещении очага горения возрастает (в наших опытах с 0,1 до 12 см); г) процесс перемещения очага горения на малых расходах воздушного дутья или на кислородном дутье происходит, в основном, за счет выгорания летучих веществ угля. По мере увеличения расхода воздушного дутья процесс горения все больше захватывает остаточный уголь.

Однако опыты, поставленные на дробленом угле, не дают возможности сделать заключение о форме и размерах сбоечного канала в целиках угля. Во второй стадии исследование сбоечного процесса проводилось на целиках угля размером 10×10×20 см, с напластованием угля, ориентированным по большой оси целика. Исследованиями фильтрационной сбойки целиков ангреновского и подмосковного углей получена зависимость скорости сбоечного процесса от расхода воздушного дутья. Сопоставление зависимостей, полученных при одинаковых условиях опыта для обоих углей показывает, что фильтрационная сбойка на строящейся Ангреновской станции будет идти с лучшими скоростями процесса, чем на Подмосковной станции, при условии осуществления процесса на равных удельных расходах дутья.

В исследованных интервалах расхода дутья (до 16 нл/мин) сбоечный процесс на воздушном дутье протекал при температурах от 650° до 750°C с образованием канала, заполненного золой. В целиках подмосковного угля с зольностью, близкой к 30%, сбоечные каналы имели диаметр 4—6 см. В целиках ангреновских углей зольностью около 10% и большей влажностью сбоечные каналы имели диаметр 3—4 см.

Исследование процесса газификации бурых углей в целике проводилось по трем направлениям: при одинаковой методике ведения опытов исследовалось влияние интенсивности дутья на процесс газификации кислородным дутьем целиков подмосковных и ангреновских углей; изучалось влияние предварительной подсушки угля на

процесс газификации целиков ангренских углей воздушным дутьем; было поставлено исследование реакционной способности бурых углей в целике при реагировании их с двуокисью углерода.

Лабораторными исследованиями процесса газификации целиков ангренского и подмосковного углей размером $10 \times 10 \times 40$ см на кислородном дутье установлено, что процесс газификации ангренского угля протекает более эффективно, чем подмосковного угля. Вырабатываемый газ имеет теплотворность на 150 ккал/нм^3 выше и количество угля, выгазованное из целика равного размера, в 3—4 раза больше. Благодаря этому потери при газификации ангренского угля в целиках значительно ниже, чем при газификации подмосковного угля в целиках того же размера. Показано, что оптимальный расход дутья для ведения процесса газификации целиков ангренского угля в 1,5—2 раза больше, чем для подмосковного угля. Лучшие показатели газификации целиков ангренских углей объясняются, кроме меньшей зольности ангренского угля, тем, что он более реакционноспособен и менее термически стоек, благодаря чему образующиеся в целике трещины создают условия для проникновения газодутьевых потоков «глубже» в целик угля. Иначе говоря, процесс в какой-то мере приближается к фильтрационному.

Исследования процесса газификации целиков ангренского угля размером $10 \times 30 \times 80$ см на воздушном дутье подтвердило ранее установленное для подмосковных углей влияние предварительной термopодготовки на процесс последующей газификации углей. Предварительная обработка целика продувкой горячими газами в количестве, близком к количеству вырабатываемого газа при газификации данного целика, приводила к повышению теплотворности газа с 570 до 750 ккал/нм^3 и увеличению выгазованного угля за опыт с 7,5 до 10,5 кг.

Исследование реакционной способности углей в целике производилось по реакции $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$ весовым методом. Целики угля цилиндрической формы имели диаметр 21 мм и высоту 25 мм. В качестве весов служила предварительно откалиброванная кварцевая спираль. Разработанный новый метод определения реакционной способности углей в целике позволил установить следующее: а) Реакционная способность угля в целике значительно сильнее зависит от температуры процесса, чем реакционная способность дробленого угля. Наблюдаемое различие объясняется тем, что поверхность реагирования целика значительно быстрее возрастает с температурой нагрева угля, чем при осуществлении процесса в слое дробленого угля. б) Показано влияние зольности на реакционную способность подмосковного угля в целике. (См. табл. 4). Увеличение зольности с 14% до 30% снижает реакционную спо-

Таблица 4

Реакционная способность углей

У Г Л И	Зольность Ас, %	Среднее значение скорости реагирования при расходе 40% образца по весу, г/г. мин. 10^{-1}
1. Ангренский	6,64—12,04	144
2. Подмосковные:		
малозольный	13,95	147
средней зольности	29,70	66
многозольный	41,74	30*
3. Лисичанский	12,78	55

Примечание. Значение по многозольному углю приведено для расхода образцов менее 40%, так как они покрывались золой и уменьшение веса практически прекращалось.

Таблица 5

Изменение содержания кислорода в газе и теплотворности газа по длине огневого забоя при газификации угля с подачей дутья в скв. 826

Расстояние от дутьевой скважины, м	Содержание кислорода, %			Теплотворность газа, ккал/нм ³		
	на 6-е сутки	на 16-е сутки	на 23-и сутки	на 6-е сутки	на 16-е сутки	на 23-и сутки
8	20,0	4,2	6,1	32	74	69
15	0,6	4,0	10,0	710	96	22
23	0,2	0,4	1,5	701	620	51
30	0,2	0,2	0,5	693	662	650

способность подмосковного угля более, чем в два раза. Уголь с зольностью 45% имеет реакционную способность в четыре раза меньшую, чем при зольности 14%. в) Установлено, что ангрен-

ские угли и подмосковные с зольностью до 14% имеют почти равную реакционную способность. Наиболее распространенные в Подмосковном бассейне угли с зольностью 30% имеют реакционную способность в целике, примерно, в два раза меньшую, чем ангренские угли. Лисичанские каменные угли с зольностью до 13% имеют в целике реакционную способность близкую к реакционной способности подмосковных углей с зольностью 30%.

Экспериментальные исследования процесса подземной газификации в условиях естественного залегания пласта бурого угля были проведены на ряде опытных участков Подмосковной станции «Подземгаз» под руководством к. т. н. Г. О. Нусинова. На опытных участках были экспериментально исследованы: влияние интенсивности дутья на процесс подземной газификации и некоторые вопросы динамики газообразования при газификации угля в пласте. При подготовке опытных участков в газификации исследовался процесс фильтрационной сбойки скважин.

Получены экспериментальные материалы по динамике газообразования во время фильтрационной противоточной сбойки скважин при залегании угольного пласта как (преимущественно) в глинах, так и в песках. Показано, что процесс фильтрационной сбойки протекает на бурых углях с образованием газа, в основном, низкой теплотворности (от 300 до 500 ккал/м³) и что фильтрационная сбойка скважин завершается организацией процесса газификации в образованном сбоечном канале. Чаще всего нарушение нормального сбоечного процесса происходит при залегании угольного пласта в песках. При этом, если сбоечный процесс осуществлять на больших расходах дутья в скважину, происходит прорыв части дутьевого потока через пески к газоотводящей скважине и нарушение последующего процесса газификации. Для случая залегания пласта угля в песках рекомендуется осуществлять сбоечный процесс на постоянном расходе дутья в 600—800 м³/час при давлении не более 3 ати.

Исследования сбойки ряда скважин, проведенные на одинаковом режиме подачи дутья при расстоянии между скважинами от 3 до 27 м, показали, что при осуществлении фильтрационной сбойки скважин на расстояние до 20 м скорость процесса увеличивалась с увеличением расстояния между скважинами, причем сокращался удельный расход дутья на процесс. В интервале расстояний между скважинами от 20 до 30 м заметной разницы в скоростях процесса и удельном расходе дутья не наблюдалось. Такой характер зависимости может быть объяснен, если рассматривать фильтрационный процесс как состоящий из двух процессов: холодной подготовки угольного пласта продувкой воздухом и собственно огневой сбойки, когда очаг движется по угольному пласту навстречу дутью.

Проведенное исследование влияния интенсивности подачи дутья на газификацию показало, что увеличение расхода дутья в скважину не является однозначным средством улучшения процесса газификации угля в целике. Для определенных геологических условий залегания угольного пласта существуют оптимальные расходы дутья в скважину. Для Подмосковного бассейна оптимальным расходом дутья в скважину является 3—5 тыс. м³/час. Судя по лабораторным исследованиям оптимальный расход дутья в скважину для условий Ангренской станции будет в полтора — два раза большим.

Экспериментальными исследованиями, проведенными на ряде опытных участков Подмосковной станции, получена следующая картина динамики газообразования в процессе выгазовывания запасов угля:

а) Установлено, что при подземной газификации угольного пласта зоны газификации перемещаются по мере расходования угля от дутьевой скважины к газоотводящей. Длина кислородной зоны непрерывно увеличивается. За кислородной зоной по ходу дутья следует зона восстановительных гетерогенных реакций, длина которой для подмосковных углей при расходе дутья 3000 м³/час близка 7—8 м. За зоной гетерогенных восстановительных реакций располагается зона гомогенных реакций и зона подготовки топлива. Длина этих зон непрерывно сокращается. Изменение длины кислородной зоны и теплотворности газа по длине огневого забоя в опыте на скв. 825 видно из табл. 5. Изменение длины зон газификации в опыте на первом ряду технологической панели приведено в табл. 6.

б) Подтверждено, что для подземного газогенератора характерно протекание в зоне гомогенных реакций процесса конверсии окиси углерода водяным паром.

в) Показано, что при негерметичности огневого забоя, в частности при залегании угольного пласта в песках, в зонах гомогенных реакций может протекать дожигание газа обводными потоками дутья. В таких случаях существует оптимальное расстояние отвода газа. Для условий Подмосковной станции газ оптимальной теплотворности отводился на расстоянии 25—35 м от места подачи дутья.

г) Установлено, что при подземной газификации длина зон реагирования зависит от интенсивности дутья. Увеличение расходов дутья приводит к распространению зон газификации на большие расстояния от дутьевой скважины.

Накопленный опыт экспериментальных исследований процесса газификации угля в целике на установках разного масштаба, на-

чиная от настольных лабораторных, вплоть до промышленных подземных газогенераторов, позволяет сформулировать требования, предъявляемые в уголю процессом подземной газификации.

Таблица 6

Изменение длины зон газификации в опыте на первом ряду технологической панели

Расстояние от дутьевой скважины, м	Отношение $\frac{CO}{CO_2}$ в газе, показывающее длину зоны гетерогенных восстановительных реакций		Отношение $\frac{CO+CO_2}{N_2}$ в газе, показывающее длину зоны реагирования угля с дутьевым потоком	
	расход дутья 3000 нм ³ /час	расход дутья 6000 нм ³ /час	расход дутья 3000 нм ³ /час	расход дутья 6000 нм ³ /час
15	0,23	0,15	0,13	0,15
30	0,44	0,32	0,32	0,26
45	0,51	0,43	0,36	0,31
60	0,48*	0,47	0,36	0,33
75	0,39*	0,45*	0,36	0,33
90	0,23*	0,40*	0,36	0,33

Примечание. Снижение отношения $\frac{CO}{CO_2}$ в газе на больших расстояниях от дутьевой скважины объясняется протеканием реакции конверсии CO с водяным паром.

Так же как в слое дробленого топлива, загруженного в наземный газогенератор, в подземном газогенераторе протекают сложные тепловые и химические процессы. В соответствии с этим, часть требований, предъявляемых процессом газификации, будут общими. Во всех случаях процесс будет идти тем эффективнее, чем меньше будет содержаться в топливе балласта — золы и влаги, чем выше будет теплота сгорания его горючей массы, чем более тугоплавкой будет зола топлива и чем более химически активен будет сорт углерода. Но, в отличие от наземных газогенераторов, процесс подземной газификации протекает в неподвижном пласте угля. Это и определяет различия в требованиях, предъявляемых к уголю процессами наземной и подземной газификации. При осуществлении процесса в целике угля без его искусственного дробления

время контакта дутьегазового потока с углем будет зависеть от степени раздробленности монолита угля в процессе его сушки и термической подготовки — т. е. от термической и механической прочности угля. Как показано нашими опытами, ангренский уголь, термически менее прочный, выгазовывается гораздо эффективнее с меньшими потерями угля, чем более прочный подмосковный уголь. В процессе газификации пласта, под действием горного давления, угли с малой механической прочностью будут более интенсивно дробиться на границе выгазованного пространства.

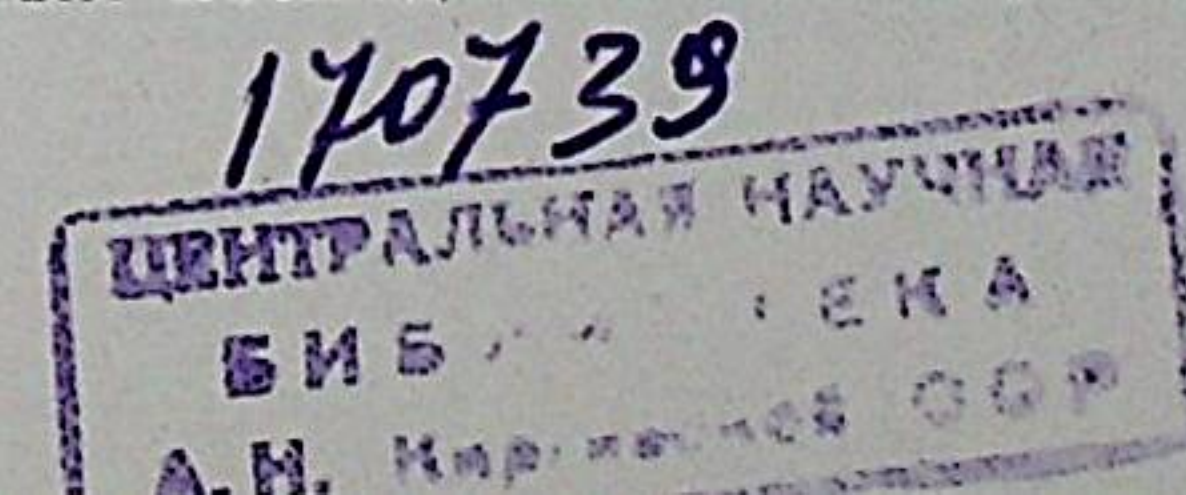
Таким образом, механическая и термическая нестойкость бурых углей — свойства отрицательные при процессах использования энергетических топлив в наземных установках — являются полезными при подземной газификации, так как вызывают дробление целика и обеспечивают лучший контакт дутьегазового потока с твердым топливом.

Метод подземной газификации позволяет перерабатывать угли с высокой влажностью. Практикой установлено, что подмосковные бурые угли с влажностью 30% газифицируются в подземных генераторах устойчиво. Вопрос о допустимых притоках воды сверх рабочего влагосодержания подмосковного угля еще не решен, но такая задача уже поставлена и будет решаться экспериментально для подмосковных углей.

Зольный балласт в пласте угля бывает в двух видах: рабочая зольность угля и включения пропластков пустой породы. Практикой Подмосковной станции доказана возможность перерабатывать при подземной газификации бурые угли с зольностью А^c до 45%. При осуществлении процесса подземной газификации по схеме с предварительной термической подготовкой удается выгазовать запасы угля с зольностью более 45% и успешно разрабатывать пласты, раздвоенные прослоем глины мощностью до 0,8 м.

Кроме перечисленных свойств угля большое влияние на протекание процесса подземной газификации имеет качество вмещающих пород. При выполнении вмещающих пород сильно газопроницаемыми песками процесс газификации осложняется за счет возможных обводных потоков дутья. Наиболее благоприятными будут условия, когда угольный пласт залегает в плотных пластичных глинах. Пластичность вмещающих пород позволяет осуществляться непрерывным сдвиганиям пород кровли угля под действием горного давления и обеспечивает герметичность огневого забоя.

Результаты основных исследований диссертации опубликованы в следующих статьях:



1. Зыбалова Г. П. К вопросу динамики газообразования при подземной газификации угля на Подмосковной станции, Бюлл. «Подз. газиф. углей», 1956, № 8.
2. Зыбалова Г. П. Ангренские угли, как сырье для подземной газификации, Бюлл. «Подз. газиф. углей», 1957, № 2.
3. Зыбалова Г. П. Изменение проницаемости ангренского угля в процессе его сушки и термopодготовки. Бюлл. «Подз. газиф. углей», 1958, № 1.
4. Еремин И. В., Зыбалова Г. П. Влияние петрографических особенностей углей на эффективность термopодготовки при процессе подземной газификации, Бюлл. «Подз. газиф. углей», 1958, № 2.
5. Зыбалова Г. П., Звягинцев К. Н. Влияние некоторых свойств бурых углей на процесс перемещения очага горения навстречу потоку дутья, Бюлл. «Подз. газиф. углей», 1959, № 2.