

Канд. техн. наук А. Т. Курносков,
канд. техн. наук В. Л. Приходченко,
канд. техн. наук В. Я. Осенний,
м.н.с. Н. В. Коваль, инж. 1 кат. Э. С. Клюев,
(ИГТМ НАН Украины)

ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА НИЗКОСОРТНЫХ УГЛЕЙ И ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ

В роботі наведені результати досліджень високотемпературного піролізу вугілля та вугільного шламу Львівсько-Волинського басейну, а також аналіз газу піролізу та його застосування.

ENERGOTECHNOLOGICAL REFINING OF LOW-GRADE COALS AND COAL SLIMES

In this article are reduced the investigation results of hyperthermal pyrolysis of coal and coal slime of the Lviv-Volynsk basin, the analysis of pyrolysis gas and its applying.

Энергетика является базовым звеном в развитии страны. Промышленное производство, а, в конечном счете, рост материальных и трудовых ресурсов, определяется состоянием топливно-энергетической базы и величиной производимой энергии. В настоящее время в Украине весьма актуально стоит вопрос о получении энергоносителей и их эффективному использованию.

В этой связи перспективным является поиск новых источников энергоресурсов, среди которых важное место определено способам переработки угля, балансовые запасы которого в Украине оцениваются в 54 млрд. тонн. Исследования показали, что одним из важных источников получения газа, тепла и электроэнергии могут быть отходы углеобогащения и низкосортные угли [1, 2]. На обогатительных фабриках Украины в настоящее время имеется 39 шламонакопителей и 47 отстойников, содержащих более 170 млн. тонн обводненных углеотходов [2].

В работах ИГТМ НАН Украины по данному направлению рассматривается актуальная научная задача – обоснование возможности и технологических параметров комплексной переработки некондиционных углей и угольных шламов с получением энергетических газов и твердого остатка как сырья для строительной отрасли.

Решая проблему переработки низкосортного угля и шлама, необходимо определить наиболее рациональный способ, позволяющий получить экономически выгодные продукты разложения молекул угля, осуществить безотходную переработку всей массы отходов, а также снизить экологическую нагрузку на регион.

Наиболее перспективное направление по переработке углеродсодержащего сырья – энерготехнологическое, которое заключается в термической переработке горючих компонентов, в результате которой парогазовые продукты используются в различных технологических процессах, а оставшаяся при сгора-

нии исходного сырья минеральная часть используется для получения строительных и других материалов [3, 4].

Целью работы является изучение эффектов разложения исходного углесодержащего сырья под действием температуры, в первую очередь, выделения газа с определением его объема, состава и качества.

Для этого необходимо решить научные задачи:

- исследовать эффекты, происходящие при выделении основных продуктов реакции при нагреве углей совместно с угольным шламом;
- изучить продукты разложения углесодержащего сырья при условии роста температуры;
- исследовать влияние факторов на выход газа при переработке минерального сырья, а именно температуры нагрева и соотношений компонентов исследуемого сырья.

В данной статье рассматривается один из возможных вариантов термической переработки углей и угольных шламов – высокотемпературный пиролиз, который осуществляется в лабораторных условиях с конечной температурой нагрева исходного сырья до 1000 °С по методикам, предусмотренным действующими стандартами.

Под пиролизом в общем случае следует подразумевать процесс разложения органических соединений угля под действием высоких температур. В моделируемом на лабораторной установке процессе было осуществлено коксование исходного угленосного сырья в условиях недостатка кислорода, которое способствует уменьшению выхода твердых и жидких продуктов реакции и увеличению выхода объемов газа по мере роста температуры [5].

В качестве объектов исследований нами отобраны пробы углей Львовско-Волынского бассейна: сапропелевый уголь – шахта Відродження, пласт n_8 , лава 424 м; гумусовый уголь – ш. Червоноградская, пласт n_8 , а также с поверхности шламонакопителя № 1 Червоноградской ЦОФ пробы шлама, элементный и технический анализ которых приведен в табл. 1.

Результаты анализа исходного углесодержащего сырья показывают различие состава и свойств как между двумя основными типами углей бассейна, так и шламами, пробы которых отобраны из различных точек по периметру шламонакопителя. Как видно из таблицы 1, сапропелевый уголь и шлам – высокозольные, и в их составе содержится от 25,6 до 26,9 % углерода, что согласуется с результатами предыдущих исследований ИГТМ в 1995 г [6].

Исследованиями установлено, что гумусовый уголь с максимальным содержанием углерода и минимальной зольностью обладает максимальной величиной теплоты сгорания топлива, которая выше почти в 2 раза, чем у сапропелевого угля.

В лабораторных условиях проведен ступенчатый высокотемпературный пиролиз пробы шлама усредненного совместно с пробами гумусового и сапропелевого углей с определением основных продуктов реакции (газообразных, жидких и твердых) на следующих температурных ступенях: 400, 600, 800 и 900 °С. При этом соотношения шлам: уголь были следующими: 2: 1, 1: 1, 1: 2. Подоб-

ный эксперимент показывает динамику разложения состава углей и шлама по мере увеличения температуры [5].

Таблица 1 – Результаты элементного и технического анализа исходного сырья*

Сырье**	C, %	H, %	N, %	O, %	S, %	W, %	A, %	V, %	Q, МДж/кг
Сапропелевый уголь	34,8	2,5	0,7	3,2	0,3	1,8	56,7	23,4	12,2
Гумусовый уголь	78,4	5,9	1,7	9,9	0,5	2,2	1,4	33,1	26,5
Шлам усредненный	26,8	1,8	2,9	20,4	2,8	1,2	44,1	21,8	13,0
Шлам проба № 2	26,9	3,1	2,8	19,5	1,7	2,1	43,9	17,9	13,6
Шлам проба № 3	26,2	3,1	2,8	19,8	1,7	1,6	44,8	20,2	15,0
Шлам проба № 8	25,6	3	2,9	19,9	1,8	1,4	45,4	18,5	15,5

*Примечание: C, H, N, O, S, W, A – содержание углерода, водорода, азота, кислорода, общей серы, влаги, золы в твердом топливе, V – выход летучих, Q – низшая теплота сгорания топлива.

**Все данные приведены на рабочую массу топлива.

По всем пробам углеродсодержащего сырья получено уменьшение выхода твердого остатка по мере роста температуры и увеличение выхода смолы, и почти десятикратное увеличение выхода газа в пределах 400 – 900 °С. Если гумусовый уголь образует на 900 °С выход смолы примерно 9%, то сапропелевый уголь – 2%, а шламы – до 3%. По результатам выделенного всеми пробами газа пиролиза был определен его состав по основным компонентам: CO_2 , C_nH_m , O_2 , CO , H_2 , CH_4 и N_2 . Теплота сгорания газа определялась аналитически по формуле [4]:

$$Q_n^p = 59,1 \cdot C_nH_m + 12,65 \cdot CO + 10,8 \cdot H_2 + 35,85 \cdot CH_4,$$

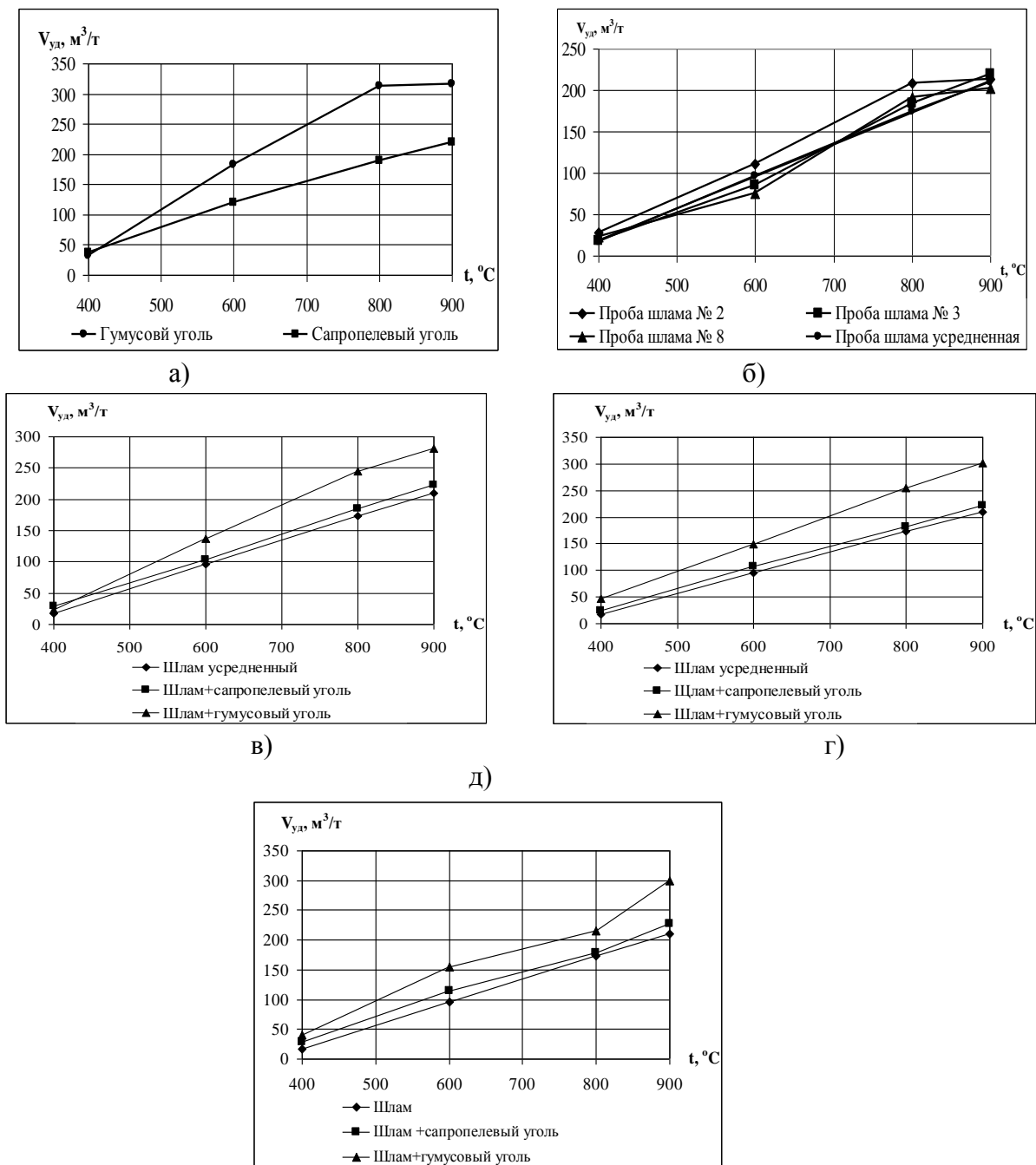
где Q_n^p – низшая теплота сгорания газа, МДж/м³;

C_nH_m , CO , H_2 , CH_4 – объемная концентрация компонентов газа пиролиза.

Результаты данного эксперимента представлены на рис. 1, где наглядно видно, что при одинаковых условиях термической переработки выход газообразных продуктов зависит от структуры и свойств исходных продуктов. При этом общие тенденции термической деструкции (разложение исходной молекулы под действием температуры) углей совместно с угольным шламом выглядят следующим образом.

Сушка топлива, т.е. удаление основного количества свободной влаги, завершается к 100 – 125 °С. До температуры 300°С выделяется первая стадия термодеструкции углеродсоставляющих веществ, а при нагревании свыше 300 °С идет интенсивное образование летучих веществ. Интервал температур

510 – 600 °С является оптимальной температурой полукоксования, когда завершается образование смол. Повышение температуры нагрева топлива свыше 600 °С сопровождается превращением полукоксования в кокс и последующим ростом выхода газов [2 – 4]. Эти тенденции прослеживаются как по пробам шлама, так и углей.



а) выход газа из проб углей; б) выход газа из проб шламов; в) выход газа из совместной пробы шлам: уголь при соотношении 2:1; г) выход газа из совместной пробы шлам: уголь при соотношении 1:1; д) выход газа из совместной пробы шлам: уголь при соотношении 1:2

Рис. 1 – Удельный выход газа пиролиза углей и угольных шламов в зависимости от температуры нагрева

Эксперименты ИГТМ НАН Украины впервые показали целесообразность термической переработки угольных шламов в режиме коксования для получе-

ния объемов газов, которые незначительно ниже выхода газа из гумусовых углей, но выше, чем у сапропелевых (рис. 1 а, б). К тому же, добавка в шлам гумусового угля способствует выделению большего количества газа при тех же условиях термической обработки, как это видно из рис. 1 в, г, д.

При этом рассчитанные значения теплоты сгорания газов из всех проб шлама и некондиционных углей показали, что теплота сгорания газа из шлама достигает 24 МДж/м^3 , превышая подобные показатели из проб углей. Однако, при термообработке совместной пробы шлама и углей в различных соотношениях теплота сгорания оказалась значительно ниже, чем величина теплоты сгорания газа пиролиза из шлама.

Таким образом, экспериментально в лабораторных условиях нами получен газ из шламов с теплотворными показателями, которые соответствуют энергетическому газу, получаемому в результате технологически сложных процессов газификации углей [3, 6].

Проведенные исследования дали возможность получить исходные данные для разработки нового способа термической переработки угольных шламов и некондиционных углей, суть которого заключается в следующем. Способ включает два этапа: первый проводят в циклонной топке, а второй – в плазменном реакторе. На первом этапе происходит термообработка смеси некондиционного угля и шламовых отходов при температуре $1000 - 1200 \text{ }^\circ\text{C}$, а на втором – термообработка продуктов реакции, поступивших из циклонной топки, при температуре $1800 - 2200 \text{ }^\circ\text{C}$ с одновременным добавлением шламовой суспензии и впрыскиванием пароводяной смеси. Это создает необходимые условия для высокотемпературного пиролиза, обеспечивает повышение качества переработки накопленных отходов обогащения и некондиционных углей и снижение удельных затрат на электроэнергию, особенно на этапе плазменного сжигания. Таким образом, в результате термической переработки шлама и некондиционных углей способ позволит получить синтез-газ, используемый в химической промышленности, и твердый несгоревший остаток для строительной промышленности, а ликвидация шламохранилищ значительно улучшит экологическую обстановку угледобывающего региона.

Выводы:

1. Результаты лабораторных исследований углей и угольных шламов в режиме высокотемпературного пиролиза и промышленного коксования свидетельствует, что термическая переработка исходного сырья позволяет получать коксовый газ с последующим его применением в мартеновских, доменных и других высокотемпературных печах.

2. Термическая переработка шламов в режиме промышленного коксования позволяет получать объемы газа порядка $200-220 \text{ м}^3/\text{т}$ с теплотой сгорания $15-25 \text{ МДж/м}^3$, что превышает тот же показатель по гумусовому углю в 2-5 раз, а по сапропелевому в 1,5 – 2 раза.

3. Добавка в шлам гумусового угля способствует увеличению выделения газа в 1,5 – 2 раза при тех же условиях термической обработки шлама.

4. При термообработке совместной пробы шлама и углей в различных соотношениях теплота сгорания оказалась значительно ниже, чем величина теплоты сгорания газа пиролиза из шлама в 2 – 2,5 раза.

5. Выявлена перспектива получения из угольных шламов методом промышленного коксования газов со средней и высокой теплотой сгорания (более 18 МДж/м³) позволит использовать его при передаче на большие расстояния, а также для бытовых целей отдельных предприятий и поселков.

6. При коксовании углеродсодержащих отходов, какими являются шламы, происходит выделение из них коксового газа в количестве около 200 м³ на 1 т сырья; при этом ресурсы получения газа составляют примерно 20 млрд. м³ в год, что эквивалентно около 10 млрд. м³ природного газа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров А. И. Исследование углетоходов России и разработка рекомендаций по их утилизации / А. И. Петров, М. Я. Шпирт, В. В. Пушканов // Уголь. – 1997. – № 3. – С. 56 – 58.
2. Саранчук В. И. Флотирование углей реагентами из продуктов коксохимии / В. И. Саранчук, И. А. Аровин, Л. Я. Галушко. – Донецк : Східний видавничий дім, Кальміус, 2006. – 192 с.
3. Макаров Г. Н. Химическая технология твердых горючих ископаемых: учебн. для вузов / Г. Н. Макаров, Г. Д. Харлампович. – М. : Химия, 1986. – 496 с.
4. Якунин В. П. Использование отходов обогащения углей / В. П. Якунин, А. А. Агроскин. – М. : Недра, 1978. – 167 с.
5. Глущенко И. М. Теоретические основы технологии твердых горючих ископаемых: учебн. пособие для вузов / И. М. Глущенко. – К. : Вища школа, 1980. – 256 с.
6. Приходченко В. Л. Результаты исследования термодеструкции низкосортных углей и угольных шламов / В. Л. Приходченко, Е. А. Слащева, В. Я. Осенний, Н. В. Коваль // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепрпетровск, 2010. – Вып. № 85. – С. 154 – 160.

УДК 553.94 (477.83)

Д-р геол.- мінерал. наук В.І. Узіюк
(ЛНУ імені Івана Франка),
нач. Львівської ГРЕ С.С. Сокоренко,
канд. геол. наук, І. В. Шайнога
(ЛНУ імені Івана Франка).

МЕТАНОГЕНЕРАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ, СУЧАСНА ГАЗОНОСНІСТЬ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОГО ВУГЛЕНОСНОГО РАЙОНУ ЛЬВІВСЬКО- ВОЛИНСЬКОГО БАСЕЙНУ І ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ МЕТАНУ

Рассчитан и описан метаногенерационный потенциал 199 пластов и прослоев угля, перебууренных 311 скважинами на Тягловском месторождении, 173 пластов и прослоев угля, перебууренных 185 скважинами на Любельском месторождении. По некоторым пластам подсчитаны современные ресурсы метана. Установлены большие отличия значений метаногенерационного потенциала от современных его ресурсов.

METAN-GENERATION POTENTIAL, MODERN GAS-BEARING OF SOUTH-WESTERN COAL-BEARING REGION OF LVIV-VOLYN BASIN AND PERSPECTIVES OF METHANE EXTRACTION.

Metan-generation potential of 199 coal beds and layers from 311 wells of Tyaglov coalfield and of 173 coal beds and layers from 185 wells Lyubelya coalfield are calculated and discribed.