

**В.И. Мурко, О.В. Тайлаков, В.А. Хямяляйнен,
В.О. Шеховцова**

РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ И СЖИГАНИЯ УГЛЯ*

Представлено описание основных технологических процессов по переработке отходов обогащения и сжиганию угля. Показано, что применение технологии приготовления и сжигания суспензионного водоугольного топлива (ВУТ) позволяет с наименьшими нагрузками на окружающую среду использовать накопленные отходы углеобогащения. При этом обеспечиваются высокие технико-экономические показатели (снижение стоимости единицы тепловой энергии в 1,5–2 раза) путем замены рядового угля на ВУТ, приготовленном на основе отходов углеобогащения. Установлено, что применение технологии ВУТ с использованием серопоглощающих агентов (СПА) позволяет снизить выбросы сернистого ангидрида до предельно допустимых значений при сжигании высокосернистых углей (при содержании серы в угле до 5%). Предложена эффективная технология использования золошлаковых отходов угольных котельных и ТЭЦ путем предварительного приготовления твердеющей смеси для закладки выработанного пространства шахт и рудников. Для предварительной подготовки твердеющей закладки разработан специальный измельчительный агрегат, позволяющий обеспечить дополнительное измельчение золошлакового материала с одновременной его механоактивации насосом – диспергатором.

Ключевые слова: использование отходов обогащения и сжигания угля; водо-угольное топливо; серопоглощающий агент; золошлаковые отходы.

В результате производственной деятельности Западно-Сибирского металлургического комбината (ЗСМК) ежегодно образуется свыше 7 млн т отходов производства и потреб-

* Работа выполнена при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России в рамках реализации Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы», по Соглашению № 14.583.21.0004 о предоставлении субсидии от 16 июля 2014 г. Уникальный идентификатор научных исследований (проекта) RFMEFI58314X0004.

ления [1]. В связи с этим необходимо развивать экологически чистые технологий по использованию отходов.

Большая часть отходов – 70% – возвращается в собственное производство, передается сторонним организациям, либо используется на комбинате в процессе строительства и эксплуатации объектов длительного хранения, захоронения отходов. Неутилизируемые отходы производства направляются на собственные объекты длительного хранения, захоронения отходов – полигон ТБО и шламонакопитель.

Ежегодное количество отходов, гидротранспортируемых в шламонакопитель, составляет около 1,3 млн м³ или 1,9 млн т [1]. На рис. 1 представлена структура поступивших в шламонакопитель отходов за 2001–2012 гг. (масс.%) [1].

Как видно из этих данных, большую часть отходов составляют отходы углеобогащения Кузнецкой ЦОФ и углеобогажительного цеха КХП (≈77%) и золошлаковые отходы (ЗШО) от сжигания угля на ЗапСиб ТЭЦ и ПВС ЗСМК (≈20%).

Ниже представлены результаты исследований и опытно-промышленной и промышленной эксплуатации технологий и технологических комплексов позволяющих перерабатывать основную часть поступающих в шламонакопитель отходов в полезную ликвидную продукцию.

Внедрение данных технологий и технологических комплексов позволит существенно сократить поступление отходов в шламонакопитель и одновременно получить значительный экономический и экологический эффекты.

На схеме (рис. 2) показаны основные технологические решения по дополнительной переработке продуктов обогащения угля (угольные шламы различной крупности и промпродукта).



Рис. 1. Структура поступивших в шламонакопитель отходов за 2001–2012 гг. (масс.%)



Рис. 2. Основные технологии переработки фильтр-кека и угольного шлама

Одним из эффективных технологических решений по использованию угольных шламов различной крупности является получение на их основе водоугольного топлива (ВУТ) и его сжигание на различных теплогенерирующих установках, в первую очередь в котлах ЗапСиб ТЭц и ПВС Запсиба. При этом речь не идет о полном переводе котлов на сжигание ВУТ. Достаточно эффективно можно сжигать водоугольное топливо, полученное на основе шламов, в количестве 10–20% от основного топлива (по калорийности).

В табл. 1 представлены технико-экономические расчеты по использованию ВУТ на котле с паропроизводительностью 320 т пара/ч. Как видно из расчетов, при производительности установки приготовления ВУТ 15 т/ч и годовом сжигании топлива в котле около 90 тыс. т окупаемость затрат не превышает 1,5 года. Предприятие «Сибэкотехника» (г. Новокузнецк) имеет значительный опыт по переоборудованию котлов различной мощности на сжигание ВУТ, полученном на основе как только тонкодисперсных (кл. 0–0,5 мм) отходах углеобогащения (фильтр-кек) и крупнодисперсных шламах (кл. 0–3 мм), так и на смеси указанных продуктов с промпродуктом ОФ [2].

Таблица 1

Технико-экономические показатели при использовании суспензионного угольного топлива, приготовленного на основе фильтр-кека и угольных шламов на ТЭЦ (один котел)

Наименование показателей	Ед. изм.	ВУТ
Годовая потребность ВУТ	тыс. т	92,4
Доля ВУТ в топливном балансе блока котла	%	20
Низшая теплота сгорания топлива	ккал/кг	3200
Капитальные затраты, в т.ч.:	млн руб.	40,5
цех приготовления ВУТ (производительность 15 т/ч)	млн руб.	30,5
система топливоподачи ВУТ на сжигание и установка форсунок на блок котла	млн руб.	7
разработка проектно-сметной документации	млн руб.	3
Стоимость ВУТ на ТЭЦ	руб/т	500
Затраты на топливо на производство 1 Гкал тепловой энергии	руб.	184
Совокупный экономический эффект	млн руб./год	30,2
Срок окупаемости капиталовложений	лет	< 1,5

На рис. 3 представлена технологическая схема приготовления ВУТ.

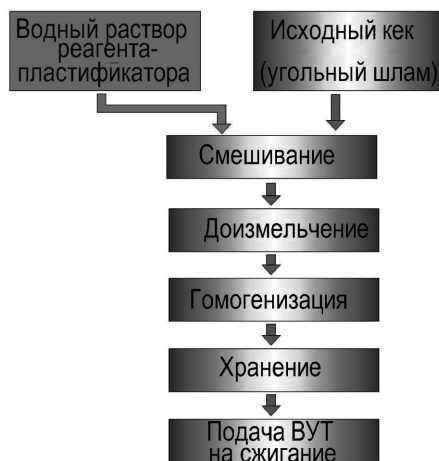


Рис. 3. Технологическая схема приготовления ВУТ

Таблица 2

Характеристика водоугольного топлива и котлов

Наименование показателя	Технологические комплексы				
	Котельная ш. «Заречная», г. Ленинск-Кузнецкий	СибИМЭ СО Рос-сельхозакадемии, г. Новосибирск	Котельная №30 МУП котел ДЕ-1-МГМ г. Бийск	Котельная Хилари Ассетс г. Темиртау, Казахстан	Котельная в г. Черепаново Новосибирской обл.
Влага общая, %	40÷42	42÷43	44÷46	36÷37	38–41
Зольность (на сухое), %	26÷29	8,2÷8,5	25÷30	43÷44	20–32
Выход летучих, %	41,1÷43,6	42,3÷43,1	42,1÷43,5	19,8÷20,2	25–42
Крупность частиц, мм	0–0,5	0–0,5	0–0,5	0–0,5	0–0,5
Теплопроизводительность, Гкал/ч	0,50÷0,58	0,25	0,55÷0,58	0,3÷0,6	0,5
Расход топлива, л/ч	120÷130	55	130÷140	110÷220	200÷210
Температура в топке, °С	950÷1000	950	900÷980	950÷1050	1000÷1100

В табл. 2 представлены характеристики ВУТ, полученного на основе продуктов переработки различных углеобогачительных фабрик и результаты работы переоборудованных котлов на сжигание водоугольного топлива.

Результаты работы переоборудованных котлов на сжигание водоугольного

Опыт работы переоборудованных котлов показывает, что применение вихревой системы сжигания ВУТ в котлах различной мощности обеспечивает получение к.п.д. не менее 80%, при обеспечении уровня вредных выбросов в уходящих газах существенно ниже допустимых значений.

Другим направлением использования отходов углеобогащения является брикетирование подготовленных шламов. Расчеты и опыт эксплуатации созданных брикетных установок показывают, что себестоимость производства брикетов составляет не менее 400 руб./т при готовой производительности установки 110 тыс. т.

Перспективным направлением переработки угольных шламов является метод масляной грануляции. В табл. 3 представ-

лены результаты обогащения угольных шламов и отходов углеобогащения методом масляной грануляции.

Известно, что одним из эффективных методов снижения содержания оксида серы в дымовых газах, образующихся при сгорании различных видов топлива, содержащих серу, является ввод в состав топлива серопоглощающих агентов, либо использование метода подачи СПА непосредственно в зону горения [3]. При реализации как первого, так и второго варианта, эффективность сероподавления (снижение содержания оксидов серы в образующихся дымовых газах) существенно зависят от равномерности распределения СПА в зоне горения. Данный метод сероподавления наиболее эффективно реализуется если в качестве угольного топлива используется суспензионное водоугольное топливо, в состав которого на стадии подготовки вводится серопоглощающий агент. В этом случае при подаче в топку котла токораспыленного ВУТ, содержащего СПА, обеспечивается как полное выгорание угольного топлива, так и максимально эффективное использование серопоглощающего агента. Этому способствуют следующие факторы:

- равномерное распределение СПА в зоне горения за счет эффективного смешивания диспергированного распыляющим агентом топлива с дутьевым воздухом и образующимися в процессе реакции горения газами;
- равномерность температурных полей и достаточное время нахождения топлива в топочном объеме (этому способствует используемая вихревая технология сжигания ВУТ).

Таблица 3

Результаты обогащения угольных шламов и отходов углеобогащения методом масляной грануляции

Исходный материал	Марка угля	Реагент	Характеристики продуктов обогащения						
			исходное питание		масляный гранулят			минеральная часть	
			Wr, %	Ad, %	Wr, %	выход, %	Ad, %	выход, %	Ad, %
Отсев ОФ «Листвяжная»	Д	Сырая нефть (8%)	13,4	19,0	26,1	84,2	7,8	15,8	78,6
		Гидрофуз (8%)	13,4	19,0	27,8	86,1	9,9	13,9	75,4
Шлам шахта «Тырганская»	СС	Сырая нефть (8%)	13,0	23,0	27,3	79,1	9,1	20,9	75,5
		Гидрофуз (8%)	13,0	23,0	30,1	79,3	11,1	20,7	68,5

Сущность данного способа сероподавления (за счет ввода СПА в зону горения) заключается в том, что отдельные химические элементы, присутствующие в серопоглощающем агенте, взаимодействуя с серой или серосодержащими веществами, образующимися в процессе горения, химически взаимодействуют с образованием новых твердофазных серосодержащих веществ. При этом часть образующихся твердофазных серосодержащих веществ выпадает в шлаковую воронку котла и удаляется из котла вместе с золошлаковыми отходами, а оставшая часть в виде пылевидных частиц уносится из котла с дымовыми газами и улавливается системой пылегазоочистки.

Термодинамический анализ реакции горения высокосернистого угольного топлива показал, что наиболее приемлемыми серопоглощающими агентами являются природные минералы: магнезит, кальцит и доломит.

Использование отходов сжигания угля так же целесообразно с точки зрения экономической и экологической эффективности [4]. Золо угольных ТЭЦ могут найти свое применение как составляющая твердеющей закладки для поддержания выработанных пространств шахт.

Для предварительной подготовки твердеющей закладки разработан специальный измельчительный агрегат [5], позволяющий обеспечить дополнительное измельчение золошлакового материала с одновременной его механоактивацией насосом — диспергатором [6].

Тонкоизмельченные золошлаковые отходы при частичном замещении цемента в составе твердеющей смеси ведут к снижению затрат по производству монолитной закладки. Расход цемента снижается на ~30%.

Экологическая эффективность в данном случае достигается за счет утилизации золошлаковых отходов и предупреждения техногенных провалов земной поверхности при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

Заключение

Представленные результаты исследований и опыт эксплуатации технологических комплексов по использованию отходов углеобогащения и угольных шламов показывают, что их применение при переработке аналогичных продуктов углеперерабатывающих предприятий позволяют существенно сократить потоки отходов углеобогащения в породные отвалы и отстойники.

Применение технологии суспензионного водоугольного топлива обеспечивает более полное и экологически чистое использование продуктов углепереработки.

Технология приготовления и сжигания ВУТ с применением СПА позволяет снизить содержание оксидов серы в дымовых газах при сжигании высокосернистых угольных топлив до требуемых значений.

Исследования по использованию золы ТЭЦ в качестве компонентов строительных материалов и применение ее для получения твердеющей закладки для заполнения шахтных выработок и выравнивания земной поверхности показали высокую эффективность данных направлений применения золы, что также позволит сократить объемы поступающих в шламонакопитель отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов С. Н., Волынкина Е. П., Протопопов Е. В., Зоря В. Н. Металлургические технологии переработки техногенных месторождений, промышленных и бытовых отходов. — Новосибирск: Изд. СО РАН, 2014. — 294 с.

2. Murko V. I., Fedyaev V. I., Aynetdinov H. L., Baranova M. P. Environmentally clean technology of fine waste coal utilization. XVII International coal preparation congress, 1–6 October, 2013, Istanbul, Turkey, pp. 679–682.

3. Исмагилов З. Р., Тайлаков О. В., Теряева Т. Н., Хямяляйнен В. А., Мурко В. И., Лазаренко С. Н., Богомолов А. Р., Григашкина С. И., Шикина Н. В., Михайлова Е. С. Разработка эффективной технологии снижения загрязненности дымовых газов тепловых электростанций угольной генерации // Уголь. — 2015. — № 9 (1074). — С. 57–60.

4. Шеховцова В. О., Мурко В. И. Обоснование технологии экологической безопасной подземной разработки слепых сближенных рудных залежей с закладкой выработанного пространства твердеющей смесью на основе золошлакоотходов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2014. — № 4. — С. 68–72.

5. Мурко В. И., Смердов Л. А., Шеховцова В. О., Черных Д. А. Патент 144721 РФ, МПК В 02 С 19/16, В 02 С 17/00. Вертикальная вибрационная мельница; заявл. 17.12.13; опубл. 28.06.14, Бюл. № 24.

6. Мурко В. И., Вахрушева Г. Д., Черных Д. А., Шеховцова В. О. Измельчительный агрегат для помола угля, золошлаковых отходов ТЭЦ и других материалов // Горный журнал. — 2015. — № 12. — С. 68–71. **ГИАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Мурко Василий Иванович — доктор технических наук, профессор, директор по науке, e-mail: sib_eco@kuz.ru,

ЗАО научно-производственное предприятие «Сибэкотехника»,
*Тайлаков Олег Владимирович*¹ — доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе,

*Хямяляйнен Вениамин Анатольевич*¹ – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой,
Шеховцова Виктория Олеговна – старший преподаватель,
Сибирский государственный индустриальный университет,
¹ Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, e-mail: rector@kuzstu.ru.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 10, pp. 249–258.

UDC 669.184:
658.567.1

**V.I. Murko, O.V. Taylakov, V.A. Khyamyalyaynen,
V.O. Shekhovtsova**

**ENVIRONMENTALLY FRIENDLY
TECHNOLOGIES OF COAL DRESSING
AND COMBUSTION WASTE USE**

The article describes the main processes for the processing of tailings and coal combustion. It is shown that the use of the technology of preparation and combustion of coal-water slurry fuel (WCF) allows a minimum load on the environment to use the accumulated waste coal. This ensures the high technical and economic parameters (decrease the unit cost of thermal energy in the 1.5–2) by replacing the ROM coal at WCF, prepared on the basis of waste coal. It was found that the use of technology WCF using absorption of sulfur agents to reduce emissions of sulfur dioxide up to the maximum allowable values for the combustion of high-sulfur coal (sulfur content in coal and 5%). An efficient technology for using coal ash waste boilers and CHP plants by pre-cooking the mixture for hardening stowing mines. For preconditioning, a special hardening bookmark shredding machine, allowing to provide additional refinement of ash material with its simultaneous mechanical activation pump – dispersant.

Key words: the use of tailings and coal combustion; coal-water slurry fuel; absorption of sulfur agents; slag waste.

AUTHORS

Murko V.I., Doctor of Technical Sciences, Professor,
Sibekotekhnika Science and Production Enterprise,
654000, Novokuznetsk, Russia, e-mail: sib_eco@kuz.ru,

*Taylakov O.V.*¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Vice-Rector on Scientific Work,

*Khyamyalyaynen V.A.*¹, Doctor of Technical Sciences,
Professor, Head of Chair,

Shekhovtsova V.O., Senior Lecturer,

Siberian State Industrial University, 654007, Novokuznetsk, Russia,

¹ Kuzbass State Technical University named after T. Gorbachev,
650000, Kemerovo, Russia, e-mail: rector@kuzstu.ru.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study has been supported by the Ministry of Education and Science of Russia in the framework of the Federal Targeted Program for R&D in Priority Areas of Science and Technology in Russia in 2014–2020, under Grant Agreement No. 14.583.21.0004 dated July 16, 2014. Unique Project Identifier RFMEFI58314X0004.

REFERENCES

1. Kuznetsov S. N., Volynkina E. P., Protopopov E. V., Zorya V. N. *Metallurgicheskie tekhnologii pererabotki tekhnogennykh mestorozhdeniy, promyshlennykh i bytovykh otkhodov* (Metallurgical technologies of processing of mining, industrial and domestic waste), Novosibirsk, Izd. SO RAN, 2014, 294 p.
2. Murko V. I., Fedyayev V. I., Aynetdinov H. L., Baranova M. P. Environmentally clean technology of fine waste coal utilization. *XVII International coal preparation congress*, 1–6 October, 2013, Istanbul, Turkey, pp. 679–682.
3. Ismagilov Z. R., Taylakov O. V., Teryaeva T. N., Khyamyalyaynen V. A., Murko V. I., Lazarenko S. N., Bogomolov A. R., Grigashkina S. I., Shikina N. V., Mikhaylova E. S. *Ugol'*. 2015, no 9 (1074), pp. 57–60.
4. Shekhovtsova V. O., Murko V. I. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014, no 4, pp. 68–72.
5. Murko V. I., Smerdov L. A., Shekhovtsova V. O., Chernykh D. A. *Patent RU 144721, MPK V 02 S 19/16, V 02 S 17/00*, 28.06.14.
6. Murko V. I., Vakhrusheva G. D., Chernykh D. A., Shekhovtsova V. O. *Gornyy zhurnal*. 2015, no 12, pp. 68–71.



ГОМЕОСТАТИКА ПРОТИВ СХОЛАСТИКИ

ОБСУЖДЕНИЕ ЗАДАЧ ГОМЕОСТАЗИСА

Вначале я обсуждал эти идеи со своим братом Станиславом, социологами Б.А. Глинским и Л.А. Гордоном, математиком В.Я. Волком, государственными деятелями А.Г. Серебряным (Совмин СССР), В.Я. Сидоровым (Главасбест), Б.М. Зубаревым (Мингео СССР). Методы докладывались на кафедрах МГГУ, техсоветах Тырнаузского ГМК, Алмалыкского ГМК. Высказанные замечания были проанализированы мною, к решению задачи привлекался геолог В.Б. Славин-Боровский.

Во время обсуждений главное внимание уделялось практической стороне проекта. Поэтому изложенные ниже практические соображения использования гомеостаза я не успел осуществить и проверить на реальных объектах. Эту работу в дальнейшем можно осуществить силами диссертантов.

ЗАМЕТКА ИЗ 2016 ГОДА

Небольшое отступление о пользе гомеостаза для разумного развития общества. В последние годы происходит активная дестабилизация общества практически во всех странах. Коррупция, терроризм, грабежи, мошенничество имеют внятное объяснение. Люди раздражены несправедливостью в разных государствах, бессилием законопослушных граждан, и поэтому легко вербуются в криминальные структуры. Злобное бессилие дополняется плохим образованием, схоластикой СМИ, и это позволяет оценить опасность всемогущества властей и плохого образования.

Распространение гомеостатического мышления поможет людям разобраться в истинных причинах несправедливостей, мобилизовать усилия на решение актуальных задач. К тому же, полезно разъяснение путей восстановления разумного образа жизни. Для этого необходимо иметь качественное образование, пока неучи не принесли в жертву миллионы жизней людей.

Продолжение на с. 351