

УДК 662.749.31

## ПОЛУЧЕНИЕ УГОЛЬНОГО ПЕКА НА ОСНОВЕ ЖИДКИХ ОТХОДОВ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ

© 2021 г. М. Д. Исобаев<sup>1,\*</sup>, Ш. А. Мингбоев<sup>1,\*\*</sup>, С. И. Рустамзода<sup>1</sup>, М. Д. Давлатназарова<sup>1,\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ, 734063 Душанбе, Республика Таджикистан

\*e-mail: [coordin@yandex.ru](mailto:coordin@yandex.ru)

\*\*e-mail: [sheroz.mingboev@mail.ru](mailto:sheroz.mingboev@mail.ru)

\*\*\*e-mail: [mohira1607@mail.ru](mailto:mohira1607@mail.ru)

Поступила в редакцию 30.01.2020 г.

После доработки 25.03.2020 г.

Принята к публикации 03.06.2020 г.

Разработана технологическая схема утилизации водно-смолянистой массы, образующейся в процессе газификации угля и содержащей токсичные органические соединения фенольного ряда. На основе многократной разгонки выделенной смолянистой массы получен каменноугольный пек и исследовано его применение для получения угольных электродов.

Ключевые слова: каменноугольная смола, каменноугольный пек, спекание угля, угольные электроды

DOI: 10.31857/S0023117721010060

### ВВЕДЕНИЕ

Одно из важных направлений экологически чистой переработки угля — его газификация. В настоящее время исследования в области технологии газификации угля успешно развиваются во многих странах и достигли уровня промышленного производства [1].

В начале 2000-х годов, в период энергетического кризиса в Таджикистане и острой нехватки “голубого топлива”, страна была вынуждена перейти на газификацию угля по принципу “синтез-газа”, т.е. получения смеси СО и Н<sub>2</sub>. Для этих целей были приобретены две установки по газификации угля производства Китая, одна из которых установлена на Таджикской алюминиевой компании (ТАЛКО), которая способна была удовлетворять потребности компании в необходимом количестве “голубого топлива”.

Основная масса полученного газа, генерируемого на ТАЛКО, направляется для производства обожженных анодов. Вторая аналогичная установка по газификации угля смонтирована на “Восточной ТЭЦ” Душанбе и успешно функционирует для обеспечения теплом одного из густонаселенных микрорайонов.

Данная технология газификации угля включает частичное сжигание угля для достижения температурного режима с последующим взаимодействием твердого топлива с водяным паром. В качестве отходов в значительном количестве образуется водно-смолянистая масса, имеющая

запах фенола, так называемая фенольная вода (ФВ).

В среднем, за сутки работы одной установки по газификации угля образуется до 48 тФВ. При учете того, что газификация угля продолжается в течение года, можно полагать, что количество готовых к переработке вторичных ресурсов исчисляется сотнями тонн.

Для сбора данных токсичных отходов созданы специальные бассейны, однако, их емкости быстро заполняются и возникают проблемы утилизации токсичных органических отходов.

Для уничтожения выделившейся ФВ предлагалось сжигание ее в топках ТЭЦ в качестве добавок к мазуту, однако такой вид утилизации токсичных отходов оказался неэффективным и в целом не решал поставленных задач по экологической безопасности производства.

Глубокая переработка угля находится в центре внимания нашей лаборатории и направлена на создание условий для безотходной технологии производств, включая газификацию угля и выделения на этой основе новых продуктов с высокой добавленной стоимостью [2–5]. В связи с этим проведены исследования по утилизации отходов, образующихся на установках по газификации на ТАЛКО в плане создания безотходной технологии, результаты которых представлены в настоящей работе.

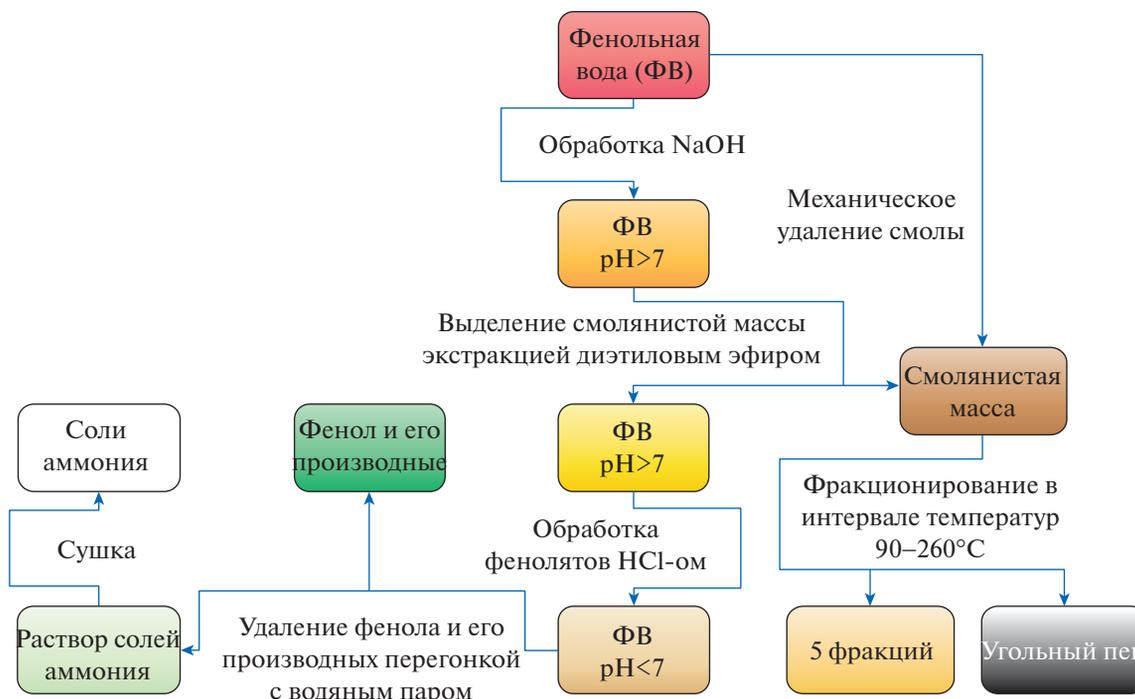


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема переработки отходов газификации угля.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Переработка отходов включает стадии первичного механического удаления органической массы с поверхности ФВ при ее накоплении в специально оборудованной емкости. При продолжительном стоянии органическая масса образует крупные, весом до 50 г, куски маслообразной массы на поверхности ФВ, что несколько облегчает ее сбор.

Каменноугольный пек получен путем последовательного удаления легких фракций из смолы в пределах до 260°C.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Начальным этапом проведенных исследований была очистка ФВ от органических соединений, производных фенола и аминов. Для реализации данных целей предварительно проведена нейтрализация оставшегося растворенным в технологической воде фенола и его производных путем обработки ФВ гидроксидом натрия до щелочной среды.

Далее экстракцией эфиром из водного раствора, содержащего феноляты натрия, выделена смесь органических соединений. По завершении экстракции ФВ теряет резкий запах.

Заключительной стадией очистки технологической воды является перегонка с водяным паром для выделения фенола и его производных. Для этого раствор предварительно обрабатывали кислотой до слабокислой реакции. Полнота очистки

технической воды от примесей фенола контролировалась по качественной реакции с хлоридом железа.

В кислой среде органические основания, входящие в состав технологической воды, переходят в соответствующие соли, которые выделяются при удалении влаги.

На основе предложенной на рис. 1 технологической схемы при полной утилизации 1 т ФВ получено 6.3 кг органических веществ и 0.35 кг смеси солей аминов.

Расход соляной кислоты ( $\rho = 1.16 \text{ г/см}^3$ ) составляет 1% от общей массы ФВ. Данная технологическая схема утилизации смолянистых отходов газификации угля отвечает требованиям экологической безопасности, так как исключает накопление токсичных отходов.

Собранная в отдельную емкость смолянистая масса является исходным сырьем для получения угольного пекa – продукта, имеющего определенный спрос на рынке.

При последовательном фракционировании от 90 до 260°C удается получить фракции, которые представляют интерес как потенциальные источники индивидуальных органических соединений. Оставшаяся после отгонки легких фракций масса затвердевает образуя каменноугольный пек.

В табл. 1 представлены выход и данные по таким параметрам, как масса и содержание отдельных фракций в процентах от исходного количества каменноугольной смолы. При 94°C отмечено выделение воды в виде бесцветной жидкости.

Далее последовательно выделяются шесть фракций. После фракционирования выделяется полимерная масса без запаха в отличие от исходной смолянистой жидкости, обладающей резким запахом.

На рис. 2 представлена диаграмма по количественному составу фракций.

Уголь является основой для производства таких затребованных продуктов, как угольные электроды для резки металлов, поддоны электролизных ванн и обожженных анодов и др., в связи с чем целесообразно было выяснить возможность использования полученного полимера (пека) в качестве связующего для производства угольных электродов.

При выборе исходного материала для перечисленных изделий следует иметь в виду, прежде всего, способность определенного типа углей спекаться, т.е. создавать в процессе термообработки конгломераты, обладающие достаточной прочной, по отношению к внешним воздействиям, и однородной структурой.

Угли месторождения “Назар-Айлок” (Таджикистан) уникальны вследствие содержания в них углерода, достигающего в пересчете на чистый углерод 98%. Однако данные угли не способны спекаться, вследствие этого имеют ограничение в практическом применении [6].

В более ранних исследованиях сотрудников Института химии АН РТ проведена оценка углей различного генезиса по параметру спекаемости [7], откуда следует, что наилучшей спекаемостью обладают угли месторождения “Фон-Ягноб”. Однако существенное ограничение в широком использовании углей данного месторождения связано с их относительно высокой зольностью в пределах от 7% и выше.

Для того чтобы уменьшить зольность угольного электрода, как одного из важнейших парамет-

**Таблица 1.** Количество фракций, выход по массе, рассчитанный относительно взятой для перегонки каменноугольной смолы навески

| № | Фракция               | $T_{\text{кип}} \text{ } ^\circ\text{C}$ | Масса, г | Выход, % |
|---|-----------------------|--|----------|----------|
| 1 | 1                     | 94–96                                    | 36.73    | 19.5     |
| 2 | 2                     | 96–170                                   | 6.08     | 3.2      |
| 3 | 3                     | до 140                                   | 10.62    | 5.6      |
| 4 | 4                     | 140–205                                  | 13.62    | 7.2      |
| 5 | 5                     | 205–260                                  | 30.61    | 16.3     |
| 6 | Твердый остаток (пек) | 260                                      | 90.28    | 48.1     |

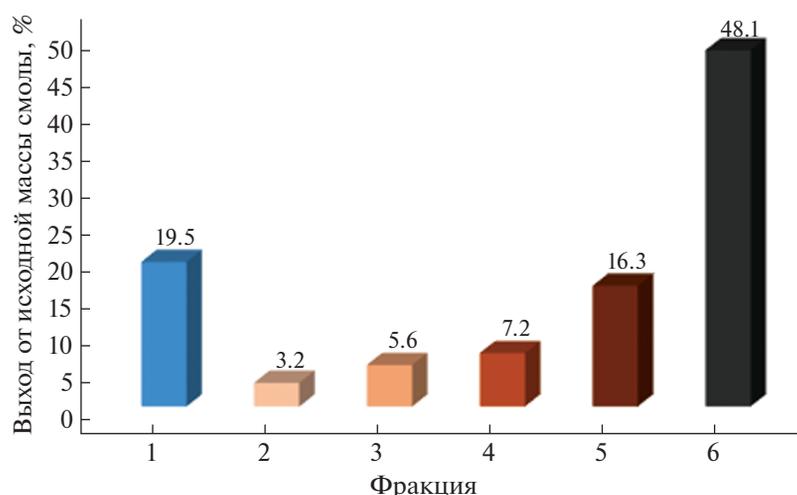
*Примечание.* Фракции 3–5 выделены при перегонке под вакуумом (66 мм рт.ст.).

ров качества, мы попытались провести совместное спекание углей месторождений “Фон-Ягноб” и “Назар-Айлок” с одной стороны, а с другой, использовать полученный пек для улучшения качества полученных электродов.

На начальной стадии исследования проводились в направлении выявления состава угольной матрицы, проявляющей максимальное спекание, т.е. предстояло определить процентное соотношение каждого типа углей, при котором наблюдается максимальное спекание угольной массы.

На рис. 3 представлена зависимость выхода спекшейся угольной массы от относительного содержания в ней угля “Фон-Ягноб” и “Назар-Айлок”. Максимальное спекание, равное 81% от общей массы, отмечено при соотношении угля “Фон-Ягноб” и “Назар-Айлок” 50%:50%.

Данное соотношение углей взято как основа для дальнейших экспериментов со связывающими добавками. В качестве связывающих добавок в производстве угольных электродов используют нефтяной и угольный пек [8]. Большой эффек-



**Рис. 2.** Диаграмма по выходу легких фракций каменноугольной смолы (% от исходной массы смолы).

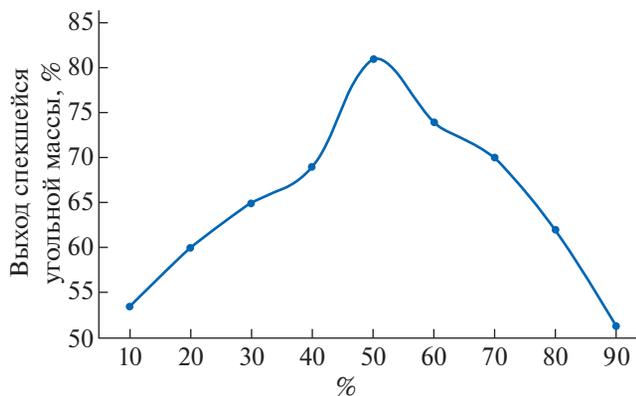


Рис. 3. Зависимость выхода спекшейся угольной массы от относительного содержания угля “Назар-Айлок” в угольной шихте.

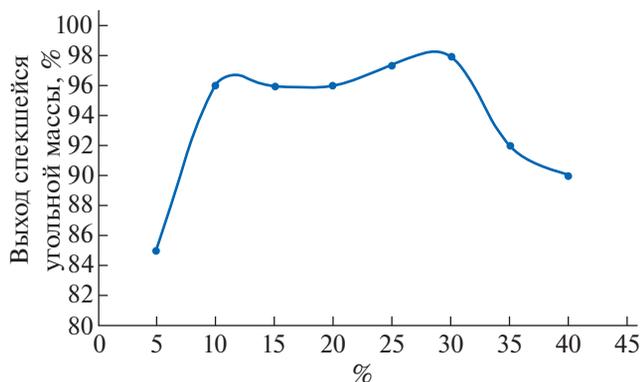


Рис. 4. Процент спекшейся шихты, состоящей из угля месторождений “Назар-Айлок” и “Фон Ягноб” в зависимости от содержания в шихте угольного пека.



Рис. 5. Образец угольного электрода.

тивностью обладает нефтяной пек, однако, его использование в условиях Таджикистана ограничено трудностями с доставкой и высокой стоимостью. В нашей работе использован угольный пек, полученный в лабораторных условиях при термическом разложении угля.

На рис. 4 представлена зависимость выхода спекшейся угольной массы (%) от относительного

содержания угольного пека в угольной шихте, показывающее, что при введении до 10% угольного пека в среду угольной шихты наблюдается увеличение спекаемости до 98%, т.е. отмечено практически полное спекание органической массы.

Дальнейшее увеличение содержания угольного пека до 30% не приводит к существенным изменениям в выходе спекшейся массы. Более того отмечено снижение выхода конечного продукта.

На рис. 5 представлен образец угольного электрода, состава 50%:50% угля месторождений “Назар-Айлок” и “Фон-Ягноб” с добавкой угольного пека в количестве 30% от общей массы угольной шихты.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что при переработке отходов газификации угля имеется возможность получения легколетучих фракций органических соединений, солей аммония и угольного пека, который может быть использован при производстве угольных электродов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шпирт М.Я., Скачкова Е.С. // Горный информ.-аналит. бюллетень (научно-техн. журнал). 2014. № 1. С. 295.
2. Исобаев М.Д., Мингбоев Ш.А., Давлатназарова М.Д. // ХТТ. 2019. № 4. С. 67. [Solid Fuel Chemistry, 2019. V. 53. № 4. P. 249–252. <https://doi.org/10.3103/S0361521919040074>. <https://doi.org/10.1134/S0023117719040078>
3. Исобаев М.Д., Давлатназарова М.Д., Мингбоев Ш.А. // ХТТ. 2019. № 3. С. 48. [Solid Fuel Chemistry, 2019. V. 53, № 3. P. 172–174. <https://doi.org/10.3103/S0361521919030042>. <https://doi.org/10.1134/S0023117719030058>
4. Исобаев М.Д., Пулатов Э.Х., Абдуллаев Т.Х., Турдиалиев М.З., Давлатназарова М.Д., Мингбоев Ш.А. // Изв. АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. 2013. № 3 (152). С. 52–58.
5. Исобаев М.Д., Давлатназарова М.Д., Пулатов Э.Х., Абдуллаев Т.Х., Турдиалиев М.З., Файзилов И.У. // Изв. АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. 2014. № 4 (157). С. 76.
6. Вохидов М.М., Муродиен А., Азизов Б.С., Муродиен П., Сафаров А.Г. // Доклады АН РТ. 2012. Т. 55. № 4. С. 322.
7. Караваяев Н.М., Румянцева З.А., Певзнер З.И., Фейгин С.А., Бондарь В.П. // Пути промышленного использования ископаемых углей Зеравшанской долины и их технико-экономическая оценка / Материалы по производительным силам Таджикистана. Вып. 3. Душанбе. 1963. 155 с.
8. Литвиненко М.С., Носалевич И.М. // Химические продукты коксования для производства полимерных материалов. Харьков: Металлургиздат, 1962. 430 с.