

ISSN 2224-5286

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ХИМИЯ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯ
СЕРИЯСЫ**



**СЕРИЯ
ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ**



**SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**

6 (414)

**ҚАРАША – ЖЕЛТОҚСАН 2015 ж.
НОЯБРЬ – ДЕКАБРЬ 2015 г.
NOVEMBER – DECEMBER 2015**

1947 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1947 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі
М. Ж. Жұрынов

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әдекенов С.М.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Ғазалиев А.М.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Ерғожин Е.Е.** (бас редактордың орынбасары); хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Пірәлиев К.Д.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Баешов А.Б.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Бүркітбаев М.М.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жүсіпбеков У.Ж.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Итжанова Х.И.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Молдахметов М.З.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мырхалықов Ж.У.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рахымов К.Д.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Сатаев М.И.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Тәшімов Л.Т.**; хим. ғ. докторы, проф. **Мансұров З.А.**; техн. ғ. докторы, проф. **Наурызбаев М.К.**

Р е д а к ц и я к е ң е с і:

Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **Агабеков В.Е.** (Беларусь); Украинаның ҰҒА академигі **Волков С.В.** (Украина); Қырғыз Республикасының ҰҒА академигі **Жоробекова Ш.Ж.** (Қырғызстан); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Мангашян А.А.** (Армения); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Туртэ К.** (Молдова); Әзірбайжан ҰҒА академигі **Фарзалиев В.** (Әзірбайжан); Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Халиков Д.Х.** (Тәжікстан); хим. ғ. докторы, проф. **Нараев В.Н.** (Ресей Федерациясы); философия ғ. докторы, профессор **Полина Прокопович** (Ұлыбритания); хим. ғ. докторы, профессор **Марек Сикорски** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

М. Ж. Журинов

Редакционная коллегия:

доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **С.М. Адекенов**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **А.М. Газалиев**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **Е.Е. Ергожин** (заместитель главного редактора); доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **К.Д. Пралиев**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А.Б. Башов**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.М. Буркитбаев**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.Ж. Джусипбеков**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Х.И. Итжанова**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.З. Мулдахметов**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.У. Мырхалыков**; доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **К.Д. Рахимов**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.И. Сатаев**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Л.Т. Ташимов**; доктор хим. наук, проф. **З.А. Мансуров**; доктор техн. наук, проф. **М.К. Наурызбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Республики Беларусь **В.Е. Агабеков** (Беларусь); академик НАН Украины **С.В. Волков** (Украина); академик НАН Кыргызской Республики **Ш.Ж. Жоробекова** (Кыргызстан); академик НАН Республики Армения **А.А. Манташян** (Армения); академик НАН Республики Молдова **К. Туртэ** (Молдова); академик НАН Азербайджанской Республики **В. Фарзалиев** (Азербайджан); академик НАН Республики Таджикистан **Д.Х. Халиков** (Таджикистан); доктор хим. наук, проф. **В.Н. Нараев** (Россия); доктор философии, профессор **Полина Прокопович** (Великобритания); доктор хим. наук, профессор **Марек Сикорски** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия химии и технологии». ISSN 2224-5286

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №10893-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/chemistry-technology.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142,
Институт органического катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского,
каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail:orgcat@nursat.kz

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

M. Zh. Zhurinov,
academician of NAS RK

Editorial board:

S.M. Adekenov, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **A.M. Gazaliev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **Ye.Ye. Yergozhin**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK (deputy editor); **K.D. Praliyev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **A.B. Bayeshov**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.M. Burkhitbayev**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.Zh. Zhusipbekov**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Kh.I. Itzhanova**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.Z. Muldakhmetov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.U. Myrkhalykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **K.D. Rakhimov**, dr. med. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.I. Satayev**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **L.T. Tashimov**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Z.A. Mansurov**, dr. chem. sc., prof.; **M.K. Nauryzbayev**, dr. eng. sc., prof.

Editorial staff:

V.Ye. Agabekov, NAS Belarus academician (Belarus); **S.V. Volkov**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **Sh.Zh. Zhorobekov**, NAS Kyrgyzstan academician (Kyrgyzstan); **A.A. Mantashyan**, NAS Armenia academician (Armenia); **K. Turte**, NAS Moldova academician (Moldova); **V. Farzaliyev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **D.Kh. Khalikov**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **V.N. Narayev**, dr. chem. sc., prof. (Russia); **Pauline Prokopovich**, dr. phylos., prof. (UK); **Marek Sikorski**, dr. chem. sc., prof. (Poland)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.
ISSN 2224-5286

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 10893-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/chemistry-technology.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Editorial address: Institute of Organic Catalysis and Electrochemistry named after D. V. Sokolsky
142, Kunayev str., of. 310, Almaty, 050100, tel. 291-62-80, fax 291-57-22,
e-mail: orgcat@nursat.kz

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

N E W S

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 6, Number 414 (2015), 67 – 74

**OBTAINING OF LIQUID FUEL FROM COAL
IN THE PRESENCE OF PASTE FORMERS**

**D. A. Baiseitov, Sh. E. Gabdrashova, A. K. Akylbai, O. Dalelhanuly,
Zh. B. Kudyarova, L. R. Sassykova, M. I. Tulepov, Z. A. Mansurov**

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: tulepov@rambler.ru

Keywords: coal, polymers, hydrogenation, paste formers, Balkhash concentrate, catalysts, mechanical activation.

Abstract. The most versatile method of obtaining liquid products from coal is a direct hydrogenation, ie, effecting on a carbon with molecular hydrogen under pressure at elevated temperature using a liquid product (paste-) and catalysts. Hydrogenation is a type of thermal processing of coal, which include, in particular, semi-coking and coking. However, the conditions and modes of thermal degradation are not same. Experiments on coal hydrogenation was carried out in a 0.5 liter rotating autoclave. The mixture of coal, catalyst and tar was loaded into the autoclave and was sealed and flushed with argon to remove air. Thereafter, hydrogen was pumped into the autoclave to 5.0 MPa and heated to 430 0C. As a paste formers were investigated tar, polyethylene and rubber crumb. In the results of investigations, it is stated that when the content of the polymeric material in the mixture at least 10 mass. %

the degree of conversion of the mixture into liquid and gaseous products is low, which prevents the effective implementation of the process. The degree of coal conversion and the yield of light products increase with the increasing of amounts of synthetic polymeric material in a mixture of up to 70% based on the weight of the mixture. The proposed process for producing liquid products from coal allows to increase the yield of low-boiling hydrocarbon fraction from 12 to 60 mass. %. An advantage of the present process for producing liquid products from coal is the high yield of hydrocarbon products boiling up to 200 °C, the exception of the flowsheet of the process and recovery stage hydrotreating of paste former, possibility of utilize of industrial and household waste plastics.

ПОЛУЧЕНИЕ ЖИДКОГО ТОПЛИВА ИЗ УГЛЯ В ПРИСУТСТВИИ ПАСТООБРАЗОВАТЕЛЕЙ

**Д. А. Байсейтов, Ш. Е. Габдрашова, А. К. Акылбай, О. Далелханулы,
Ж. Б. Кудьярова, Л. Р. Сасыкова, М. И. Тулепов, З. А. Мансуров**

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Қазақстан

Ключевые слова: уголь, полимеры, гидрогенизация, пастообразователи, балхашский концентрат, катализаторы, механоактивация.

Аннотация. Наиболее универсальный метод получения жидких продуктов из угля – прямая гидрогенизация, т.е. воздействие на уголь молекулярным водородом под давлением при повышенной температуре с использованием жидких продуктов (пастообразователей) и катализаторов. Гидрогенизация – один из видов термической переработки угля, к числу которых относятся, в частности, полукоксование и коксование. Однако условия и режимы этой термической деструкции неодинаковы. Эксперименты по гидрогенизации угля проводили во вращающемся автоклаве объемом 0,5 л. Смесь угля, катализатора и гудрона загружали в автоклав, герметизировали и промывали аргоном для удаления воздуха. После этого закачивали в автоклав водород до 5,0 МПа и нагревали до температуры 430 °С. В качестве пастообразователей были исследованы гудрон, полиэтилен и резиновая крошка. В результате исследований установлено, что при содержании полимерного материала в смеси менее 10 масс. % степень конверсии смеси в жидкие и газообразные продукты невысока, что препятствует эффективному осуществлению процесса. Степень конверсии угля и выход легкокипящих продуктов растут при увеличении количества синтетического полимерного материала в смеси до 70% в расчете на вес смеси. Предлагаемый способ получения жидких продуктов из угля позволяет увеличить выход легкокипящей углеводородной фракции от 12 до 60 масс. %. Преимуществом предлагаемого способа получения жидких продуктов из угля является высокий выход углеводородных продуктов выкипающих до 200 °С, исключение из технологической схемы процесса стадии выделения и гидрооблагораживания пастообразователя, возможность утилизации промышленных и бытовых отходов полимерных материалов.

Наиболее универсальный метод получения жидких продуктов из угля – прямая гидрогенизация, т.е. воздействие на уголь молекулярным водородом под давлением при повышенной температуре с использованием жидких продуктов (пастообразователей) и катализаторов [1-5].

При гидрогенизации происходит деструкция угольных веществ и насыщение (гидрирование) с изменением их фракционного и химического состава, который аналогичен природной нефти, за исключением повышенного содержания ароматических углеводородов и гетероатомных соединений. При гидрогенизации около 90 % угля превращается в жидкие продукты и газ, причем высококипящие фракции (выше 300-350 °С) рециркулируют в процессе, а конечным продуктом является дистиллят с температурой кипения до 300-350 °С (т.е. смесь сырого бензина, керосина, дизельного топлива), выход которого составляет 60-65 % органической массы угля [6].

Известно, что железосодержащие материалы, такие как продукты и полупродукты переработки железных руд, отходы металлургических производств и т.д., находят применение в качестве гетерогенных катализаторов в процессах гидрогенизации угля [7 - 9]. Преимущества таких каталитических систем – доступность и возможность регенерации относительно простыми способами. Кроме того, невысокая стоимость позволяет использование их в качестве одноразовых катализаторов без стадии регенерации, что особенно актуально при разработке крупнотоннажных процессов гидрогенизации угля. Для их диспергирования применяют различные методы [10, 11], в ряду которых относительно простым и весьма эффективным является механохимическое активирование в мельницах-активаторах [12].

Высокодисперсное распределение соединений железа может быть достигнуто импрегнированием угля концентратами комплексных соединений железа. Такой способ часто сопровождается последующим переводом соединений железа, нанесенных на поверхность угля в требуемую форму с использованием различных химических воздействий [11-13].

Перспективный метод – введение в уголь в высокодисперсной форме соединений железа из концентрата в процессе механоактивации. Нанесение катализатора осуществляют в условиях, обеспечивающих восстановление железа в порах угля.

В настоящей работе изучено влияние железосодержащих катализаторов, введенных в реакционную смесь в высокодисперсной форме, на показатели процесса гидрогенизации бурого угля Каражирского месторождения.

Экспериментальная часть

Эксперименты по гидрогенизации угля проводили во вращающемся автоклаве объемом 0,5 л (рисунок 1, б). Смесь угля, катализатора и гудрона загружали в автоклав, герметизировали и промывали аргоном для удаления воздуха. После этого закачивали в автоклав водород до 5,0 МПа и нагревали до температуры 430 °С.



Рисунок 1 – Установки по гидрогенизации:
а – в стационарном режиме и б – во вращающемся автоклаве

Длительность эксперимента составляла 1 ч с момента выхода автоклава на режим, в этих условиях давление в автоклаве составляло 8,0-10,5 МПа.

В качестве пастообразователей были исследованы гудрон, полиэтилен и резиновая крошка. После завершения эксперимента автоклав охлаждали, выявляли объем газообразных продуктов. Состав газообразных продуктов определяли методом газовой хроматографии. Потребление газообразного водорода рассчитывали как разность его количеств в автоклаве до и после эксперимента.

Конденсированную часть продуктов извлекали из автоклава и разделяли на мальтены, экстрагируемые гексаном, асфальтены, экстрагируемые бензолом, и твердый остаток. По количеству твердого остатка и его зольности рассчитывали степень превращения ОМУ в газообразные и жидкие продукты.

Результаты и их обсуждение

В процессе гидрогенизации угля в гудроне, обладающем водородно-донорными свойствами, исследуемые катализаторы значительно увеличивают степень конверсии ОМУ (таблица 1).

Таблица 1 – Гидрогенизация угля в присутствии пастообразователей

Состав	Степень конверсии ОМУ, масс %	Выход жидких продуктов, масс %	Выход твердых продуктов, масс%	Расход водорода, об.%
Уголь:гудрон: 50/50	68,1	42,1	5,8	0,5
Уголь/гудрон/концентрат: 50/50	65,1	43,5	5,7	1,5
Механоактивированный уголь/гудрон/ концентрат: 45/45/10	72,1	50,4	5,4	1,8
Механоактивированный уголь/полиэтилен/концентрат: 80/10/10	70,2	44,2	6,8	1,9
Механоактивированный уголь/резиновая крошка/ концентрат: 80/10/10	69,2	45,2	6,1	2,0

Наиболее высокие показатели степени конверсии угля (72,1 масс. %) и выхода жидких продуктов (50,4 масс. %) наблюдались в составе механоактивированный уголь/гудрон/концентрат 80/10/10. В присутствии катализатора, нанесенного в высокодисперсной форме на поверхность бурого угля в присутствии полиэтилена и резиновой крошки, были получены относительно невысокие показатели превращения угля. Этот факт может быть объяснен нахождением активированного железа в виде сложных комплексов в структуре полимеров полиэтилена и резиновой крошки, что может создавать определенные диффузионные ограничения для продуктов термической деструкции угля.

В условиях процесса гидрогенизации гудрон дегидрируется, превращаясь в жидкие углеводороды. Очевидно, что дегидрирование гудрона в присутствии угля протекает в результате его взаимодействия с ОМУ или продуктами ее термической деструкции.

По данным газовой хроматографии газообразные продукты гидрогенизации угля представлены в основном оксидами углерода, содержание углеводородных газов C₁- C₄ не превышало 20 об. %. В процессе гидрогенизации происходит потребление молекулярного водорода углем.

Из данных газового анализа (таблица 2) можно сделать вывод, что достаточно высокий выход углеводородных газов происходит в присутствии полимеров, т. е. в тех случаях, когда свободный

Таблица 2 – Хроматографический анализ продуктов гидрогенизации

Название	Исходный	В присутствии полимера
Жидкая фаза, об.%		
C ₂ H ₅ OH	3,3	2,6
C ₆ H ₆	8,4	9,4
C ₆ H ₅ CH ₃	10,4	10,9
n-ксилол	7,0	6,4
Этилтолуол	8,1	6,0
Этилбензол	4,6	6,6
Газовая фаза, об.%		
H ₂	18,1	24,3
CO	3,6	5,1
CO ₂	13,2	19,1
CH ₄	7,5	6,7
C ₂ H ₆	2,1	1,8
C ₂ H ₄	-	1,0
C ₃ H ₈	1,2	0,9
C ₄ H ₁₀	1,3	1,0

водород имеется в избытке. Выделение CO_2 после гидрогенизации объясняется процессами деструктурирования полимеров, появление углеводородных газов – способствует глубоким деструктивным процессам органического синтеза жидкой фазы и вещества угля с немедленным заполнением нескомпенсированных связей выделяющимся водородом.

Обобщая приведенные данные, можно заключить, что присутствие полимера в углях приводит к выделению летучих и растворимых низкомолекулярных продуктов, являющихся продуктами деструктивных превращений угля и полимеров. Их выход, состав и строение зависят от условий гидрогенизации, стадии углефикации угля, среды, вида и режима механического воздействия.

При гидрогенизации гудрона и угля наблюдается увеличение количества жидких продуктов и глубины превращения органической массы угля.

Увеличение степени конверсии угля, увеличение выхода жидких продуктов из угля, улучшение состава получаемых жидких продуктов, снижение рабочего давления процесса гидрогенизации угля возможно при использовании катализаторов или каталитических добавок. Катализаторы или каталитические добавки ускоряют передачу водорода от донорного растворителя к органической массе угля и активируют молекулярный водород, переводя его в атомарную форму.

Установлено, что в присутствии концентратов потребление углем водорода из гудрона составило 1,5-2,0% от ОМУ по материальному балансу, по хроматографическому анализу газообразного водорода – 1,3-1,5 % от ОМУ.

В среде полиэтилена-пастообразователя, обладающего способностью растворять продукты гидрогенизации угля, но не обладающего водородно-донорными свойствами, степень конверсии ОМУ существенно ниже аналогичных показателей, полученных в среде гудрона.

Было установлено, что дегидрирование полиэтилена в выбранных условиях не протекает. Таким образом, различие в показателях некаталитического превращения угля в среде гудрона и полиэтилена характеризует вклад водородно-донорных свойств пастообразователя в суммарный процесс.

В среде резиновой крошки в отличие от полиэтилена добавление исследуемых катализаторов к углю приводит к уменьшению степени конверсии ОМУ, но увеличению выхода жидких продуктов. Наиболее вероятно, что в этом случае каталитический эффект вызван гидрированием продуктов деструкции угля молекулярным водородом на поверхности катализатора.

Нами были проведены исследования по определению влияния количества полиэтилена – пастообразователя для получения жидких продуктов из угля, включающем приготовление смеси угля, пастообразователя и железосодержащего концентрата Балхашского месторождения, содержащего в своем составе Fe - 32,80 %, S – 15,53% подвергнутого механохимической обработке, нагревание полученной смеси под давлением водорода от 1 до 5 МПа с последующим выделением целевых продуктов, в качестве пастообразователя используют полимерные материалы, такие как полиэтилен, взятые в количестве 10-75% к весу смеси.

Известно, что для превращения органической массы угля в жидкие продукты необходимо провести деструкцию угольных макромолекул и увеличить концентрацию в них водорода, что обычно достигается нагреванием угля под давлением молекулярного водорода в среде пастообразователя, обладающего водородно-донорными свойствами. Известно, что такие полимеры, как полиэтилен и полипропилен содержат около 14 масс.% водорода. В процессе совместного термического превращения с углем они могут выступать в качестве потенциального источника водорода, необходимого для превращения угля в легкокипящие углеводородные фракции. Кроме того, термический крекинг полиэтилена и полипропилена протекает по радикальному механизму.

В процессе их совместного термического превращения с углем происходит взаимодействие радикальных фрагментов термической деструкции угля с радикалами полимера, что предотвращает протекание вторичных реакций полимеризации и поликонденсации угольных продуктов, приводящих к образованию кокса.

Из таблицы 3 видно, что выход жидких продуктов с температурой кипения ниже 200°C составил 12 масс.% в расчете на вес загружаемой смеси. Выход жидких продуктов с температурой кипения выше 200°C составил 30 масс.%. Степень конверсии смеси в жидкие и газообразные продукты, определенная по весу твердого остатка она составила 70 масс.%.

Таблица 3 – Влияние полиэтилена и состава смеси на выход жидких продуктов гидрогенизации

Состав	Количество полимера в смеси, масс. %	Степень конверсии смеси, масс. %	Выход жидких фракции, масс. %	
			T _{кип.} < 200 °С	T _{кип.} > 200 °С
Механоактивированный уголь/полиэтилен/ концентрат: 80/10/10	10,0	70,2	5,2	44,2
Механоактивированный уголь/полиэтилен/ концентрат: 70/20/10	20,0	71,6	10,3	45,4
Механоактивированный уголь/полиэтилен/ концентрат: 50/40/10	40,0	75,2	23,7	37,5
Механоактивированный уголь/полиэтилен/ концентрат: 30/60/10	60,0	77,0	32,5	40,5
Механоактивированный уголь/полиэтилен/ концентрат: 15/75/10	75,0	78,0	30,7	48,0
Механоактивированный уголь/гудрон/концентрат/полиэтилен: 10/10/10/70	70,0	73,1	52,4	10, 2
Механоактивированный уголь/гудрон/ концентрат/полиэтилен: 10/5/10/75	75,0	72,1	60	8,3

При увеличении количества полиэтилена в смеси до 75 % выход жидких продуктов совместного превращения угля с полиэтиленом с температурой кипения ниже 200°С максимально составил 37 масс.%, продуктов с температурой кипения выше 200°С составил 48 масс.%, конверсия смеси в жидкие и газообразные продукты при этом составило 78 масс. %.

Таким образом, при содержании полимерного материала в смеси менее 10 масс.% степень конверсии смеси в жидкие и газообразные продукты невысока, что препятствует эффективному осуществлению процесса. Степень конверсии угля и выход легкокипящих продуктов растут при увеличении количества синтетического полимерного материала в смеси до 70% в расчете на вес смеси. Дальнейшее увеличение содержания полимерного материала в смеси не приводит к существенному изменению этих показателей процесса. Предлагаемый способ получения жидких продуктов из угля позволяет увеличить выход легкокипящей углеводородной фракции от 12 до 60 масс. %.

Преимуществом предлагаемого способа получения жидких продуктов из угля является высокий выход углеводородных продуктов, выкипающих до 200°С, исключение из технологической схемы процесса стадии выделения и гидрооблагораживания пастообразователя, возможность утилизации промышленных и бытовых отходов полимерных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кричко А. А. Гидрогенизация угля СССР – М.: ЦНИЭИ уголь, 1984. – 110 с.
- [2] Григорьева Е.А., Лесникова Е.В., Смуткина З.С. Переработка угля в жидкое и газообразное топливо // Изд-е 2. М.: Тр. ИГИ.- 1982.- С. 3-12.
- [3] Gao J. Исследование гидрогенизации углей КНР низкой стадии метаморфизма // Fuel. Chem. and Technol. – 1988. –Vol.16. № 4. – P. 321–327.
- [4] Kim Jae Jo, Weler S. Studies of the catalyzed evolution of hydrogen from coal. // Fuel Process Technol. –1985. – Vol. 11. № 2. – P. 205–209.
- [5] Кузнецов Б.Н. Катализ химических превращений угля и биомассы. – Новосибирск.: Наука. Сиб. отделение, 1990. - 302 с.
- [6] Малолетнев А. С. Получение синтетического жидкого топлива гидрогенизации углей. – М.: Недра, 1992. –128 с.

- [7] Atherton E. C. Polyamide supports for polypeptide Synthesis // *J. Amer. Chem. Soc.* –1975. –Vol. 97. –P. 65–84.
- [8] Hellgeth J. W., Taylor, L. T. Coal liquefaction of bituminous coal // *Fuel.* –1984. – Vol.63, № 7. – P.961–967.
- [9] Kuhlmann E. J., Jung D. Y. Coal liquefaction using a hydrogenated creosote oil solvent. H-atom transfer from hydrogen donor components in the solvent // *Fuel.* –1986. –Vol. 64, № 11. – P. 1552–1557.
- [10] Tsuchida Y. Гидрогенизация угля с использованием железа и йода в качестве катализатора // *J. Fuel Soc. Jap.* – 1986.–Vol. 65. № 9. – P. 734– 738.
- [11] Liu Z.Y., Zondlo J.W., Stiller A.H., Dadyburjor D.B. Coal Tire Coliquefaction Using an Iron Sulfide Catalyst Impregnated in Situ in the Coal // *Energy & Fuels.* -1995. - Vol.9. - P. 673-679
- [12] Каирбеков Ж. К. Катализаторы гидрогенизации углей на основе сернистых соединений железа и других металлов // *Вестник КазГУ. Сер. хим.* – 2000. – № 1. – С. 26–33
- [13] Wang L. Изучение свойств поверхности катализаторов на основе Fe, применяемых при прямом ожижении угля // *Meitonxuebaoj. Of China Coal Soc.* – 1999. – Vol. 24. № 4. – P. 420 – 423.
- [14] Полубенцева М. Ф. Ожижение бурого угля в присутствии железного катализатора и доноров водорода // *Химия твердого топлива.* – 1997. – № 6. – С. 62–70.
- [15] Sharypov V.I., Kuznetsov B.N., Beregovtsova N.G. Reshetnikov O.L., Baryshnikov S.V. Modification of iron ore catalysts for lignite hydrogenation and hydrocracking of coal - derived liquids // *Fuel.* - 1996. -V.75. №.1.- P. 39 - 42.
- [16] Liu Z., Yang J., Zondlo J.W., Stiller A.H., Dadyburjor. D.B. In situ impregnated iron-based catalysts for direct coal liquefaction // *Fuel.* -1996. - Vol.75. - P. 51- 57.
- [17] Болдырев В.В., Ткачева К., Павлюхин Ю.Т. и др. Исследование структурных изменений в механически активированном халькопирите методом ЯГРС//*Докл. АН СССР. Сер.хим. наук.* - 1983.- Т. 273. № 3. - С. 643-649.
- [18] Jandosov J., Mansurov Z.A., Tulepov M.I., Bijsenbaev M.A., Ismagilov Z.R., Shikina N.V., Ismagilov I.Z., Andrievskaya I.P. Syntesis of microporous –mesoporous carbons from rice husk via H₃PO₄- Activation // *Periodical of Advanced Materials Research.* – 2013.-Vol. 602-604. – P. 85-89.(Thomson Reuters impact factor 1)
- [19] Kudaibergenov Kenes, Ongarbayev Yerdos, Mansurov Zulkhair, Tulepov Marat, Tileuberdi Yerbol. Rice Husk Ash for Oil Spill Cleanup // *Applied Mechanics and Materials.* – 2014.–Vol. 446–447. – P. 1508–1511.
- [20] Kudaibergenov Kenes, Ongarbayev Yerdos, Tulepov Marat, Mansurov Zulkhair Scanning Electron Microscopic Studies of Carbonized Rice Husk And Apricot Stone // *Advanced Materials Research.* – 2014.–Vol. 893.– P. 478 – 481.

REFERENCES

- [1] Krichko A.A. M.: *TSNIEI*, **1984**, 110 p. (in Russ.).
- [2] Grigorieva E.A. *Izdanie 2, M.: Tr. IGI*, **1982**, 3-12. (in Russ.).
- [3] Gao J. *Fuel. Chem. and Technol*, **1988**, Vol.16, 4, 321–327. (in Russ.).
- [4] Kim Jae Jo, Weler S. *Fuel Process Technol*, **1985**, Vol. 11, 2, 205–209. (in Eng.).
- [5] Kuznetsov B.N. Catalysis of chemical reactions of coal and biomass. *Novosibirsk.:Nauka, Sib.otdelenie*, **1990**, 302 p. (in Russ.).
- [6] Maloletnev A.S. *Production of synthetic liquid fuels of coal hydrogenation.* M. :Nedra, **1992**,128 p.(in Russ.).
- [7] Atherton E. C. *J. Amer. Chem. Soc.*, **1975**, V.97, 65-84.(in Eng.).
- [8] Hellgeth J. W., Taylor, L. T. *Fuel*, **1984**,V.63,7, 961-967(in Eng.).
- [9] Kuhlmann E. J., Jung D. Y. *Fuel*, **1986**, V.64, 11,1552-1557.(in Eng.).
- [10] Tsuchida Y. *J. Fuel Soc. Jap*, **1986**, Vol. 65, 9, 734– 738. (in Russ.).
- [11] Liu Z.Y., Zondlo J.W., Stiller A.H., Dadyburjor D.B. *Energy & Fuels*, **1995**, Vol.9, 673-679. (in Eng.).
- [12] Kayirbekov Zh.K. *Vestnik Kazgu. Ser. him*, **2000**, 1, 26–33. (in Russ.).
- [13] Wang L. *Meitonxuebaoj. Of China Coal Soc*, 1999, Vol. 24, 4, 420 – 423.
- [14] Polubentseva M. F. *Himiya tverdogo topliva*, **1997**, 6, 62–70. (in Russ.). (in Russ.).
- [15] Sharypov V.I., Kuznetsov B.N., Beregovtsova N.G. Reshetnikov O.L., Baryshnikov S.V. *Fuel*, **1996**, V.75, 1, 39 - 42. (in Eng.).
- [16] Liu Z., Yang J., Zondlo J.W., Stiller A.H., Dadyburjor. *Fuel*, **1996**, Vol.75, 51- 57. (in Eng.).
- [17] V.V.Boldyrev, K.Tkacheva, Y.T.Pavliuhin and e.t.c. *Doklad AN SSSR. Ser. him nauk*, **1983**,V.273, № 3,643-649 (in Russ.).
- [18] JandosovJ., MansurovZ.A., TulepovM.I., BijsenbaevM.A., IsmagilovZ.R., ShikinaN.V., IsmagilovI.Z., AndrievskayaI.P. *Periodical of Advanced Materials Research*, **2013**, V.602-604, 85-89 (in Eng.).
- [19] Kudaibergenov Kenes, Ongarbayev Yerdos, Mansurov Zulkhair, Tulepov Marat, Tileuberdi Yerbol. *Applied Mechanics and Materials*, **2014**, V.446-447, 1508-1511.(in Eng.).
- [20] Kudaibergenov Kenes, Ongarbayev Yerdos, Tulepov Marat, Mansurov Zulkhair. *Advanced Materials Research*, **2014**, V.893, 478-481.(in Eng.).

ПАСТАТҮЗГІШТЕРДІҢ ҚАТЫСЫНДА КӨМІРДЕН СҰЙЫҚ ОТЫНДЫ АЛУ

Д. А. Байсейтов, Ш. Е. Габдрашова, А. К. Ақылбай, О. Дәлелханұлы,
Ж. Б. Кудьярова, Л. Р. Сасықова, М. И. Тулепов, З. А. Мансуров

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: көмір, полимерлер, гидрогенизация, пастатүзгіштер, Балхаш концентраты, катализаторлар, механикалық активтеу.

Аннотация. Көмірден сұйық өнімдерді алудың әмбебап әдістерінің бірі – тура гидрогенизация, яғни көмірге молекулалық сутекпен қысым астында жоғары температурада сұйық өнімдерді (пастатүзгіштер) және катализаторларды қолдану арқылы әсер ету. Гидрогенизация – көмірді термиялық өңдеудің бір түрі, яғни көмірге молекулалық сутегімен қысым астында жоғары температурада сұйық өнімдерді (пастатүзгіш) және катализаторды қолдану арқылы әсер ету. Гидрогенизацияға жартылай кокстеу және кокстеу жатады. Бірақ, бұл термиялық деструкцияның жағдайлары мен режимдері бірдей емес. Көмірдің гидрогенизациясы бойынша тәжірибелерді көлемі 0,5 л. автоклавта жүргізеді. Көмір, катализатор және гудрон қоспасын автоклавқа салды, одан кейін герметикалық қылып жасады және де ауаны жою үшін аргонмен жуды. Одан кейін автоклавқа 5,0 МПа-ға дейін сутегі беріп, 430 °С-қа дейін қыздырды. Пастатүзгіш ретінде гудрон, полиэтилен және резина үгіндісі таңдалып, зерттелді. Полимерлік материалдың мөлшері қоспада 10 масс. %-дан аз болғанда, қоспаның сұйық және газтекті өнімдерге конверсиялану дәрежесі төмен екендігі анықталды, ол процесті эффективті жүргізуге кедергі жасайды. Көмірдің конверсиялану дәрежесі және жеңіл қайнайтын өнімдердің шығымы синтетикалық полимерлік материалдың қоспадағы мөлшері 70 %-ға дейін бүкіл қоспаға есептегенде өседі. Ұсынылып отырылған Сұйық өнімдерді көмірден алудың әдісі жеңіл қайнайтын фракцияның шығымын 12-ден 60 масс. %-ға дейін арттыруға мүмкіндік береді.

Поступила 03.12.2015г.

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.chemistry-technology.kz/index.php/ru/>

Редакторы: *М. С. Ахметова, Т. А. Апендиев*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 18.12.2015.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

8,5 п.л. Тираж 300. Заказ 6.