

ЕҢБЕК ҚЫЗЫЛ ТУ ОРДЕНДІ  
«Ә. Б. БЕКТҰРОВ АТЫНДАҒЫ  
ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ ИНСТИТУТЫ»  
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

# ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

---

---

## ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

---

---

### CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК  
им. А. Б. БЕКТУРОВА»

**2 (70)**

АПРЕЛЬ – ИЮНЬ 2020 г.  
ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА  
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ  
2020

*Ж. Т. ЕШОВА, Ж. К. КАИРБЕКОВ, А. М. МАНАБАЕВА*

Казахский национальный университет им. ал-Фараби, Алматы, Республика Казахстан

## **ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА УГЛЕЙ РАЗЛИЧНЫМИ РАСТВОРИТЕЛЯМИ**

**Аннотация.** В работе представлен обзор о состоянии научно-исследовательских работ по изучению вещественного состава органической массы углей. Поиск литературных данных в этом направлении выявил, что структура органической массы углей разнообразна. Научные исследования последних лет показывают, что существуют две модели строения угля: ароматическая и полиеновая. В отличие друг от друга: ароматная модель представляет собой замкнутую кольцевую систему сопряжения, а полиеновая модель систему открытого линейного сопряжения. Метаморфизм растительно-осадочных пород от бурого угля до каменного угля, а затем до антрацитов приводит к изменению химического состава органической массы. Это обеспечивает особенности молекулярной структуры и технологических свойств твердого топлива на различных стадиях превращений. Степень превращения органической массы в растворах, не обладающих водорододонорными свойствами уменьшается в ряду сапропелит – бурый уголь – каменный уголь. Деструкция и поликонденсация изменяют молекулярную массу и количество молекул в единицах объема, а также межмолекулярный объем и плотность органических веществ угля. Таким образом, ожижение углей позволяет получать гамму химических соединений, в том числе сырье, необходимое для производства углеродных материалов, жидких топлив и разнообразных химических продуктов.

**Ключевые слова:** уголь, органические растворители, экстракция, жидкие продукты, функциональные группы.

В настоящее время все большее внимание уделяется комплексному использованию энергетического и химического потенциала углей. Улучшаются технологии превращения органической массы угля (ОМУ) в жидкие или газообразные топлива и химические продукты. Структура органической массы углей разнообразна. Существует две модели строения углей: ароматическая и полиеновая. В основе этих моделей лежит углерод в  $sp^2$  гибридном состоянии. В отличие друг от друга: ароматная модель представляет собой замкнутую кольчатую систему сопряжения, а полиеновая модель – систему открытого линейного сопряжения. Сущность полиеновой модели состоит в том, что исходными структурными единицами углей являются молекулярные цепи, в сетке которых находятся цис-, транс-полиеновые системы сопряжения (ПСС), как бездефектные, так и с разными дефектами. Скелеты молекулярных углеродистых цепей содержат наряду с цис-, транс-ПСС также  $CH_2$ -группы. Исследования восьми углей (жирный (Ж), газовый жирный (ГЖ), газовый жирный отощенный (ГЖО), газовый (Г), коксовый (К), коксовый отощенный (КО), коксовый слабоспекающийся (КС), тощий (Т)) методом ИК-спектроскопии в области  $1800-650\text{ см}^{-1}$  с использованием

полиномиальной декомпозиции спектров, показало сходство и отличие в ИК-спектрах, содержащих узкие полосы поглощения, для двух рядов углей: жирного (Ж, ГЖ, ГЖО, Г) и коксового (К, КО, КС, Т). Показано, также, что в ИК-спектрах углей при переходе от Ж к Г (жирный ряд) и от К к Т (коксовый ряд) наблюдается уменьшение интенсивности полос поглощения при 1450, 1370  $\text{см}^{-1}$ , обусловленных деформационными колебаниями С–Н в  $\text{СН}_2$  и  $\text{СН}_3$ -группах, и появление поглощения кислородсодержащих групп. Полученные экспериментальные данные не согласуются с общепринятыми пониманием метаморфизма каменных углей от газового угля до тощего [1].

В работе [2] подробно представлены особенности, характерные для углей с различной степенью окисления по физико-химическим, физико-механическим и химико-технологическим свойствам. К наиболее окисляющимся относятся угли с высокой долей водорода, высоким выходом летучих веществ, высокой вязкостью и хорошей растворенностью в органических растворителях, но низкой плотностью вещества витринита во всех стадиях угля.

Были рассмотрены факторы состояния органической системы и петрогенезиса ископаемых углей. По мнению автора [3], когда органическое вещество переходит в уголь, оно подвергается комплексу сложных преобразований. Эти преобразования делят на два периода: превращения биохимических структур тканей растений в структуру мономеров и конденсация мономеров в гетерополиконденсаты с коллоидным состоянием (гуминовые кислоты). Конденсация открывает угольный ряд с дальнейшей гелификацией, дающий ряд углей от бурого угля до антрацитов. Метаморфизм растительно-осадочных пород от бурого угля до каменного угля, а затем до антрацитов приводит к изменению химического состава органической массы. Это обеспечивает особенности молекулярной структуры и технологических свойств твердого топлива на различных стадиях превращений [4].

Структура выработанных углей является объектом многих исследований, которые в течение длительного времени отражают характер угля в определенных условиях и позволяют прогнозировать его погрешность в процессах переработки. Изучен состав продуктов термолитиза на установке высокотемпературной проточной экстракции в бензольной среде при неизотермических условиях различных метаморфозных витринитов. В результате термолитиза витринитов общий выход жидких продуктов уменьшается с увеличением степени карбонизации органического вещества. При термолитизе малоизвестного газового витринита, независимо от общей высокой степени разбавления витринита, наблюдается высокий выход газообразных продуктов. Более хорошо растворимый жирный витринит имеет относительно меньшее количество кислородсодержащих соединений и ароматических систем, не имеющих высокой степени конденсирования. С увеличением степени зрелости витринитов происходит увеличение доли преасфальтенов, увеличиваются асфальтены [5].

Уголь – это сложное природное многокомпонентное образование с широким спектром химического состава и физических свойств. Для прогнозиро-

вания поведения углей в технологических процессах обычно ориентируются на ряд характерных признаков, в той или иной мере отражающих их состав и свойства. Впервые с применением  $^{13}\text{C}$  ЯМР-спектроскопии исследованы 18 образцов каменных углей различных стадий метаморфизма, отобранных на угледобывающих предприятиях Кузбаса. Анализ полученных аналитических данных показал, что с ростом стадии метаморфизма углей степень их ароматичности  $f_a$  повышается от 0,68 до 0,85. Установлено, что рост показателя ароматичности органической массы углей пропорционален уменьшению количества алифатического углерода в структурных фрагментах в диапазоне 0–51 м.д. [6].

Деструкция и поликонденсация изменяют молекулярную массу и количество молекул в единицах объема, а также межмолекулярный объем и плотность органических веществ угля. При деструкции молекулярная масса, количество молекул в единицах объема, межмолекулярный объем и плотность уменьшаются. В процессе поликонденсации повышается молекулярная масса и плотность, уменьшается количество молекул и межмолекулярный объем в единицах объема. С увеличением степени метаморфизма углей уменьшается количество  $sp^2$ ,  $sp^3$ -связей и повышается степень ароматизации, приводящая к увеличению «плотности» молекул. Если конечным результатом углефикации является графит, то это является примером максимальной плотности полной ароматизированной системы [7].

В работе [8] изучен химический состав пиридин растворимых продуктов сапропеля озера Очауль Иркутской области России. Пиридиновые экстракты выделены из сапропеля после последовательного удаления из него гексан-растворимых битумоидов, гуминовых кислот и обогащения остаточного сапропеля. Анализ элементного состава, ИК-спектров, параметров фрагментного состава, полученных методов количественной спектроскопии ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ , показал, что пиридин извлекает своеобразную группу гетероатомных органических соединений сапропеля, изменяющих свой состав в ходе сапропелеобразовательного процесса. Эти соединения имеют алициклические углеводородные фрагменты с двойными связями различной степени замещения алифатическими радикалами, гликозидные структуры и карбоновые кислоты.

Коллекция образцов для изучения реакционной способности угля включает в себя бурые и каменные угли на восьми различных месторождениях Монголии и трех месторождений Сибири. Изучена реакционная способность в процессе термохимической деструкции в среде тетралина с получением жидких продуктов. В угольных образцах Багахангай и Ховил обнаружено большое количество свободных карбоновых кислот. Это свидетельствует о том, что они характеризуются высокой степенью окисления. Величина конверсии образцов варьируется в широких пределах и достигает до 63,2%. Однако глубокая деструкция органической массы относительно невысокая. В процессе образовывались асфальтены (16,9%). Авторы указали наиболее низкую активность каменного угля в деструкции [9].

В обзоре работы [10] приведена теория Семенова Н. Н. Было отмечено, что процесс окисления развивается за счет наиболее способных к реакции радикалов. В результате превращения окисленных соединений и свободных радикалов проходят реакции, характеризующие следующие стадии: возникновение цепи, ее рост, разветвление и разрыв. Кислородсодержащие группы, образующиеся на глубоких стадиях окисления, должны быть более способными к реакции, чем первоначальные углеводороды, а также легко подвержены дальнейшему окислению. Окисление приводит к нагреванию и самовозгаранию угля при хранении его в штабеле открытого склада. Установлено, что для каждого угля имеется критическая температура ( $\sim 60$  °C), после достижения которой скорость нагревания резко возрастает и появляется возможность самовозгарания угля. Показано, что значение энергии активации процесса окисления каменных углей в интервале температур от 0 до 140 °C находятся в пределах от 13,4 до 53,6 кДж/моль. Максимальным значением характеризуются уголь марки жирный (Ж).

Использование новых концепций, а также практических методов имеет большое значение для более эффективного использования угля. Авторы работы [11-13] уделили особое внимание новым методам пиролиза: окислению жидкой фазы при низких температурах и экстракции растворителем с использованием традиционно используемых растворителей как средства извлечения сырья для ценных химических веществ, чистых топлив и углеродных материалов из угля. Экстремальный характер реакционной способности нелетучих продуктов, отделенных от углей, в зависимости термоллиза от конечной температуры связан с процессами скопления гидроксильной, карбонильной и фенольной групп вследствие разрыва межмолекулярных связей и типичных связей эфиров на мостиках, соединяющих ароматические кольца. Ожижение углей позволяет получать гамму химических соединений, в том числе сырье, необходимое для производства углеродных материалов. Опираясь на данные масс-анализа Кендрика авторы выявили химический состав и выяснили наличие обильных соединений со сходным молекулярным составом во всех экстрактах, независимо от исходного угля.

Низкозольный чистый уголь получали из индийского коксующегося угля путем микроволнового облучения или ультразвуковой обработки с последующей экстракцией с использованием N-метил-2-пирролидона. Эффект использования до 10% этилендиамина в качестве соразтворителя в N-метил-2-пирролидон привел к максимальному выходу чистого угля. Выход чистого угля увеличивается, потому что этилендиамин является сильным полярным растворителем и сильным основанием, который способствует разрыву связи в угле кислотнo-щелочными взаимодействиями. Предварительное микроволновое облучение приводило к увеличению выхода чистого угля и находился в пределах 66-70%. Эффективность экстракции увеличивается за счет увеличения количества ионной жидкости, добавляемой в N-метил-2-пирролидон [14-16].

При совместном сжижении уголь и биомасса смешиваются и совместно подаются в герметичный реактор в присутствии растворителя. В процессе совместного сжижения термическая фрагментация угля приводит к образованию органических свободных радикалов, которые объединяются с водородом, подаваемым из растворителя-донора водорода или самой биомассы. Одним из преимуществ совместного сжижения угля и биомассы является сокращение выбросов парниковых газов. Однако ряд факторов, например тип биомассы, тип угля, предварительная обработка биомассы, тип растворителя, температура, давление и время выдержки оказывают непосредственное влияние на выход и качество продукта [17-18].

В работе [19] исследован вещественный состав продуктов экстракции бурого угля на месторождении, расположенном вблизи города Яссы в Румынии, с помощью пяти растворителей (гексан, толуол, хлороформ, ацетон и этанол). Приведена взаимосвязь между характеристиками продуктов экстракции и параметрами растворителей. Различными физико-химическими (ИК-Фурье-, УФ-спектроскопия, жидкостно-адсорбционная и капиллярная газожидкостная хроматография) методами определен класс соединений, образующих основную массу продуктов экстракции. Доказано, что экстракт содержит органические основания, карбоновые кислоты, фенолы, нейтральные масла и асфальтены. При экстракции углей органическими растворителями свойства веществ, входящих в состав битумов зависят от типа угля, от типа растворителя и состояния проведения процесса экстракции [20].

По данным ИК-спектроскопии, показано, что деление органической массы торфа на фракции методом последовательной экстракции органическими растворителями с постепенно возрастающей полярностью позволило установить основные классы соединений, преобладающие в экстрактах. В работе [21] проводили экстракцию торфа в экстракторе Сокслета методами настаивания и дефлегмации при температуре кипения следующих растворителей: гексан, бензол, хлороформ, этанол и уксусная кислота. Состав экстрактов определяли с помощью ИК-Фурье спектроскопии. В экстрактах торфа были обнаружены функциональные группы такие как: карбоксильные, фенольные гидроксилы, карбонильные, аминогруппы.

Авторы работ [22-23] экстрагировали бурый уголь двуокисью углерода в высоких критических параметрах. Полученные экстракты исследовали методами ИК-Фурье-спектроскопии, жидкостно-адсорбционной хроматографии (ЖАХ) и хромато-масс-спектрометрии (ХМС). В структурно-групповом составе экстрактов наблюдалось содержание карбоновых кислот, гидроксильных и карбоксильных групп, кетонов и сложных эфиров. Экспериментально показано, что добавление соразтворителей может значительно увеличить степень и скорость экстракции. Авторами [24] был исследован процесс термического растворения угля с использованием бензола в качестве растворителя. С помощью ИК-спектроскопии было обнаружено повышение интенсивности полос поглощения для гидроксильных групп фенолов при

3200-3400 см<sup>-1</sup>. Было установлено, что при высоких температурах процесса повышается содержание преасфальтенов, асфальтенов и смол.

Термическое растворение бурого угля в среде тетралина с последующей экстракцией хлороформом показало, что углеводородный состав полученного экстракта входят как насыщенные алифатические, так и ароматические соединения. Изучение термической экстракции с применением ряда органических растворителей показало, что выход экстракта в ряде случаев увеличивается с ростом температуры кипения экстрагента вследствие, вероятно, термического расщепления связей в структуре угля. Таким образом, значительную часть ОМУ можно перевести в раствор, подобрав подходящий растворитель, равносильный химическим свойствам к веществу угля, при температуре протекания процесса ниже температуры разложения конечного угольного остатка [25-33].

В научно-исследовательском институте новых химических технологий и материалов (НИИ НХТиМ) при КазНУ им. аль-Фараби создана комплексная технология переработки углей месторождений Казахстана с получением жидких продуктов, ценных газов, твердых органических (гуминовые препараты, битум, кокс) и неорганические (шлак, цветные металлы) остатков [34]. Необходимость поиска и разработки новых методов переработки углей, детального изучения вещественного состава получаемых жидких и газообразных продуктов инициирует развитие исследований в области экстракционной переработки бурых углей. Так в работах [35-41] исследованы процессы экстракционной переработки бурого угля Ой-Карагайского месторождения при сверхкритических условиях и при температуре кипения органических растворителей. Методами ИК-Фурье спектроскопии и газожидкостной хроматографии исследованы вещественный состав угольных экстрактов. Установлено, что при экстракции угля бензолом выделяются как парафиновые, так и ароматические углеводороды. Экстракция толуолом приводит к повышению содержания ароматических углеводородов. Гексан и гептан преимущественно позволяют извлечь парафиновые и кислородсодержащие углеводороды.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бутакова В.И., Попов В.К. Посохов Ю.М. Полиеновая модель строения углей и их метаморфизм // Кокс и химия. – 2017. – № 1. – С. 2-6.
- [2] Эпштейн С.А., Супруненко О.И., Барабанова О.В. Вещественный состав и реакционная способность витринитов каменных углей разной степени восстановленности // Химия твердого топлива. – 2005. – № 1. – С. 22-35.
- [3] Адмакин Л.А. Факторы состояния органической системы и петрогенезис ископаемых углей // Кокс и химия. – 2010. – № 8. – С. 6-14.
- [4] Улановский М.Л. Химические аспекты процесса метаморфизма угля и образования его низкомолекулярных летучих продуктов // Кокс и химия. – 2012. – № 12. – С. 2-6.
- [5] Савельев В.В., Головкин А.К., Патраков Ю.Ф. Термическая деструкция витринитов различной степени метаморфизма // Химия твердого топлива. – 2013. – № 3. – С. 31-36.
- [6] Федорова Н.И., Лыщицкий С.Ю., Исмагилов З.Р. ЯМР-спектроскопия каменных углей Кузбасса // Химия в интересах устойчивого развития. – 2016. – № 24. – С. 393-397.

- [7] Бычев М.И., Петрова Г.И., Бычев Р.М. Характер изменения молекулярной массы органических веществ каменных углей при метаморфизме // Химия твердого топлива. – 2005. – № 4. – С. 3-13.
- [8] Семёнова З.В., Кушнарёв Д.Ф., Власов А.В., Литвинцева М.А., Рохин А.В. Химический состав пиридиновых экстрактов сапропеля Иркутской области // Химия твердого топлива. – 2010. – № 2. – С. 70-74.
- [9] Колесникова С.М., Каменский Е.С., Кузнецов П.Н., Семенова С.А., Федорова Н.И., Исмаилов З.Р. Активность углей месторождений Монголии в процессе термохимической деструкции // Химия твердого топлива. – 2012. – № 5. – С. 29-33.
- [10] Мирошниченко Д. В., Кафтан Ю. С. Механизм окисления углей // Кокс и химия. – 2017. – № 5. – С. 2-9.
- [11] Chun-Xiu Pan, Xian-Yong Wei, Heng-Fu Shui, Zhi-Cai Wang, Juan Gao, Cheng Wei, Xian-Zhong Cao, Zhi-Ming Zong Investigation on the macromolecular network structure of Xianfeng lignite by a new two-step depolymerization // Fuel. – 2013. – V. – 109. – P. 49-53.
- [12] Qingxin Zheng, Masato Morimoto, Hiroaki Sato, Toshimasa Takanohashi. Molecular composition of extracts obtained by hydrothermal extraction of brown coal // Fuel. – 2015. – V. – 159. – P. 751-758.
- [13] Kouichi Miura. Mild conversion of coal for producing valuable chemicals // Fuel Processing Technology. – 2015. – V. – 62. – P. 119-135.
- [14] V.K. Chandaliya, P.P. Biswas, P.S. Dash, D.K. Sharma. Producing low-ash coal by microwave and ultrasonication pretreatment followed by solvent extraction of coal // Fuel. – 2018. – V. – 212. – P. 422-430.
- [15] T. Yoshida, T. Takanohashi, K. Sakanishi, I. Saito, M. Fujita, K. Mashimo. The effect of extraction condition on 'Hyper Coal' production (1)- under room temperature filtration // Fuel. – 2002. – V. – 81. – P. 1463-1469.
- [16] Özgür Sönmeza, Özcan Yıldıza, Mehmet Özden Çakıra, Belgin Gözmena, E. Sultan Giray. Influence of the addition of various ionic liquids on coal extraction with NMP // Fuel. – 2018. – V. 212. – P. 12-18.
- [17] Kaushlendra Singh, John Zondlo. Co-processing coal and torrefied biomass during direct liquefaction // Journal of the Energy Institute. – 2017. – V. 90. – P. 497-504.
- [18] Jian Yi-ming, Li Xian, Zhu Xian-qing, Ashida Ryuichi, Worasuwannarak Nakorn, Hu Zhen-zhong, Luo Guang-qian, Yao Hong, Zhong Mei, Liu Jing-mei, Ma Feng-yun, Miura Kouichi. Interaction between low-rank coal and biomass during degradative solvent extraction // Journal of fuel chemistry and technology. – 2019. – V. 47. – Issue 1. – P.14-22.
- [19] Чиканова Ю. А., Гюльмалиев А. М. Особенности химического состава бурого угля месторождения Яссы // Химия твердого топлива. – 2005. – № 4. – С. 22-27.
- [20] Гагарин С. Г. Кинетика формирования битумов при термической обработке углей // Кокс и химия. – 2000. – № 4. – С. 22-28.
- [21] О.С. Половецкая, Т.А. Арсеньева, М.Д. Половецкий. Исследование органического вещества торфа методом ИК-Фурье спектроскопии // Приволжский научный вестник. – 2015. – В. – № 7. Т. – 47. – С. 12-18.
- [22] Лифшиц С.Х., Чалая О.Н., Каширцев В.А. Экстракция бурого угля диоксидом углерода при сверхкритических параметрах // Химия твердого топлива. – 2012. – № 2. – С. 17-22.
- [23] Zakharenko A. M., Chekryzhov I. Yu., Razgonova S. A., Pikula K. S., Pamirsky I. E., Razgonova M. P., Kodintsev V. V., Gulkov A. N. and Golokhvast K. S. Supercritical fluid extraction of coal // Der Pharmacia Lettre. – 2016. V. – 8. I. – 19. – P. 366-369.
- [24] Патраков Ю.Ф., Федорова Н.И., Павлуша Е.С. Термическое растворение механоактивированного барзасского сапромикситового угля бензолом в сверхкритических условиях // Химия твердого топлива. – 2011. – № 4. – С. 32-38.
- [25] Пуревсурен Б., Батбилег С., Дабааджав Я., Намхайноров Д., Кузнецов П.Н., Кузнецова Л.И. Состав и свойства угля месторождения Цайдам-Нуур Монголии // Химия твердого топлива. – 2016. – № 1. – С. 3-8.



[26] Макитра Р.Г., Мидяна Г.Г., Пальчикова Е.Я. Влияние свойств растворителей на выход экстракта из углей // Химия твердого топлива. – 2013. – № 4. – С. 12-15.

[27] Н.С. Бурдельная, И.Н. Бурцев, Д.А. Бушнев, Д.В. Кузьмин, М.В. Мокеев. Анализ и характеристика обеззоленных углей Печерского угольного бассейна, полученных методом экстракции органическим растворителем // Доклады академии наук. – 2017. – Т. 477, № 6. – С. 688-693.

[28] В. В. Савельев, А.К. Головки, Ю.Ф. Патраков. Термическая деструкция витринитов различной степени метаморфизма // Химия твердого топлива. – 2013. – № 3. – С. 31-36.

[29] X. Li, Z. Zhang, L. Zhang, X. Zhu, Z. Hu, W. Qian, R. Ashida, K. Miura, H. Hu, G. Luo, H. Yao. Degradative solvent extraction of low-rank coals by the mixture of low molecular weight extract and solvent as recycled solvent // Fuel Processing Technology. – 2018. – No 173. – P. 48–55.

[30] Q. Zheng, Masato Morimoto, Hiroaki Sato, Toshimasa Takanohashi. Molecular composition of extracts obtained by hydrothermal extraction of brown coal // Fuel. – 2015. – No 159. – P. 751–758.

[31] W. He, Z. Liu, Q. Liu, L. Shi, X. Shi, J. Wu, X. Guo. Behavior of radicals during solvent extraction of three low rank bituminous coals // Fuel Processing Technology. – 2017. – No 156. – P. 221–227.

[32] Н.В. Журавлева, Е.Р. Хабибулина, З.Р. Исмагилов, Р.Р. Потокина, С.А. Созинов. Изучение взаимосвязи строения ископаемых углей и содержания в них полициклических ароматических углеводородов // Химия в интересах устойчивого развития. – 2016. – № 24. – С. 355-361.

[33] Д. Оюунболд, А.М. Сыроежко, А. Фугалья, Н.В. Славошевская, В.М. Страхов. Закономерности термического растворения бурых углей некоторых месторождений России и Монголии // Кокс и химия. – 2010. – № 5. – С. 24-35.

[34] Каирбеков Ж.К., Аубакиров Е.А., Емельянова В.С., Мылтыкбаева Ж.К. Производство жидких продуктов из угля по технологии нового поколения // Вестник КазНУ. Серия химическая. – 2012. – № 4(68). – С. 3-8.

[35] Каирбеков Ж.К., Ешова Ж.Т., Матаева З.Т., Кенжетораева А.М., Баширбаева Р.С., Абилиндинова А.С. Анализ состава различных угольных экстрактов из угля Ой-Карагайского месторождения // Вестник КазНТУ. Химико-металлургические науки. – 2013. – № 4. – С. 240-243.

[36] Каирбеков Ж.К., Ешова Ж.Т., Токтасинова А.Ж., Матаева З.Т., Абилиндинова А.С. Экстракция угля Ой-Карагайского месторождения различными растворителями при сверхкритических условиях. «Проблемы и перспективы развития геологического кластера: Образование – наука – производства» // Материалы международной конференции посвященной 80-летию со дня рождения Каратая Турысова. КазНТУ им. К. Сатпаева. – Алматы, 2014. – С. 456-460.

[37] Каирбеков Ж.К., Ешова Ж.Т., Акбаева Д.Н. Анализ жидких продуктов, полученных путём экстракционной переработки бурого угля // Сб. докладов VIII Международного Беремжановского съезда по химии и хим. технологии. – Ч. 1. – Усть-Каменогорск, 9-10 октября 2014 г. – С. 245-249.

[38] Токтасинова А.Ж. Ешова Ж.Т. Акбаева Д.Н., Каирбеков Ж.К. Получение сырья нефтехимического синтеза экстракцией твердого углеводородного топлива // Сб. тез. III конференции молодых ученых «Актуальные вопросы углехимии и химического материаловедения». – Кемерово, Россия, 24-25 апреля 2014 г. – С. 42.

[39] Ешова Ж.Т., Каирбеков Ж.К., Акбаева Д.Н., Токтасинова А.Ж., Касенова М.К., Таукейбай Г.О. Получение органических веществ экстракцией угля // Сб. тез. Международного Российско-Казахстанского Симпозиума «Углехимия и экология кузбасса» в рамках «Кузбасского Международного угольного форума - 2014», Кемерово, 5-8 октября 2014 года. – С. 30.

[40] Kairbekov Zh.K., Eshova.Zh.T., Akbaeva.D.N., Kurmanalina M.V. Extraction of brown coal // Вестник КазНУ. Серия химическая. – 2015. – № 4(77а). – С. 109-112.

[41] Ешова Ж.Т., Каирбеков Ж.К., Токтасинова А.Ж., Жалгаспаева А.Ж., Сагындыкова М.К., Тореханова Б.Т. Экстракционная переработка бурого угля // Труды IX Международного Беремжановского съезда по химии и химической технологии. – Алматы, 9-10 декабря 2016 г. – С. 311-314.

## Резюме

*Ж. Т. Ешова, Ж. К. Каирбеков, А. М. Манабаева*

### ӘРТҮРЛІ ЕРІТКІШТЕРМЕН КӨМІРЛЕРДІ ТЕРМИЯЛЫҚ ӨНДЕУ

Жұмыста көмірлердің органикалық массасының заттық құрамын анықтау бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарының жағдайы жөнінде шолу келтірілген. Осы бағытта әдеби деректерге шолу жүргізу көмірдің органикалық массасының құрылымы әр алуан екендігін көрсетті. Соңғы жылдардағы ғылыми зерттеулер көмір құрылымы моделінің екі түрі бар екендігін көрсеткен: ароматты және полиенді. Бұл екі құрылымның бір-бірінен өзгешелігі: ароматты модель тұйықталған сакиналы қосарланған жүйе болса, полиенді құрылым – ашық қосарланған тізбекті жүйе. Өсімдікті-шөгінді жыныстардың қоңыр көмірден тас көмірге дейін, одан әрі антрацитке дейінгі метаморфизмі органикалық массаның химиялық құрамының өзгерісіне әкеледі. Бұл әртүрлі кезеңдердегі өзгерістерде қатты отынның технологиялық қасиеттерін, молекулалық құрылымының ерекшеліктерін қамтамасыз етеді. Сутек доноры қасиетін көрсетпейтін еріткіштерде органикалық массаның айналым дәрежесі сапропелит – қоңыр көмір – тас көмір қатарында кемиді. Деструкция және поликонденсация көмірдің органикалық заттарының молекулалық массасы мен бірлік көлемдегі молекула мөлшерін, сондай-ақ молекула арлық көлемі мен тығыздығын өзгертеді. Сонымен, көмірлерді сұйылту сан алуан химиялық қосылыстарды алуға мүмкіндік береді, соның ішінде көміртекті материалдарды, сұйық отындарды, түрлі химиялық өнімдерді алуға қажетті шикізат көзі болып табылады.

**Түйін сөздер:** көмір, органикалық еріткіштер, экстракция, сұйық өнімдер, функционалды топтар.

## Summary

*Zh. T. Yeshova, Zh. K. Kairbekov, A. M. Manabayeva*

### THERMAL PROCESSING OF COALS WITH VARIOUS SOLVENTS

This paper presents an overview of the state of research on the study of the material composition of the organic mass of coal. A search for literature data in this area revealed that the structure of the organic mass of coal is diverse. Scientific research in recent years shows that there are two models of coal structure: aromatic and polyene. In contrast to each other: the aromatic model is a closed ring conjugation system, and the polyene model is an open linear conjugation system. Metamorphism of plant-sedimentary rocks from brown coal to coal, and then to anthracites leads to changes in the chemical composition of the organic mass. This provides features of the molecular structure and technological properties of solid fuel at various stages of transformations. The degree of conversion of the organic mass in solutions that do not have hydrogen-donor properties decreases in the series sapropelite-brown coal – coal. Destruction and polycondensation change the molecular weight and number of molecules in units of volume, as well as the intermolecular volume and density of coal organic substances. Thus, coal liquefaction allows obtaining a range of chemical compounds, including raw materials necessary for the production of carbon materials, liquid fuels and various chemical products.

**Keywords:** coal, organic solvents, extraction, liquid products, functional groups.