

Код МРНТИ 38.63.53

*Д.А. Ибрагимова, В.С. Портнов

Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан)

ХИМИКО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛЕЙ ШУБАРКОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация. На территории Казахстана сосредоточены большие залежи бурых и каменных углей, которые могут быть использованы как энергетическое топливо, а также для получения полукокса. В статье рассмотрено изучение перспектив комплексной переработки углей месторождения Шубарколь с целью получения дополнительных продуктов, в том числе продуктов углехимии. Проведенные исследования показали, что угленосную толщу в пределах участка Центральный-2 месторождения Шубарколь по характеру накопления можно разделить на верхнюю и на нижнюю части. При этом в ней выделяются три цикла образования углефицированного вещества, которые не привязаны к пластам. Пласты характеризуются заметным изменением мацерального состава и устойчивым уровнем отражения витринита. Угли пластов 1В21, 2В1, 2В2, 2В3 с низкой зольностью и устойчивой спекающей способностью, необходимой для кускового коксования, представляют интерес для производства полукокса или среднетемпературного кокса.

Ключевые слова: углепетрография, инфракрасная спектроскопия, пиролитические исследования, угленакопления, метаморфизация, витринит, семивитринит, пластометрия, полукокс, углехимия.

Шұбарқол кен орнының көмірін химиялық-петрографиялық зерттеу

Аңдатпа. Қоңыр және битуминді көмірлердің ірі кен орындары Қазақстан аумағында шоғырланған, олар қуатты отын ретінде, сондай-ақ жартылай кокс өндірісі үшін қолданыла алады. Мақалада Шұбарқол кен орнынан көмірді кешенді қайта өңдеу перспективаларын қосымша өнімдер алу үшін, оның ішінде көмір химия өнімдерін зерттеу зерттелген. Зерттеулер Шұбарқол кен орнының Орталық-2 учаскесі құрамындағы көмір қабаттарын жинақтау сипаты бойынша жоғарғы және төменгі бөліктерге бөлуге болатындығын көрсетті. Сонымен бірге онда көмірленген зат түзудің үш циклі бөлінеді, олар тігістерге байланбайды. Кереуеттер мацеральды құрамның айтарлықтай өзгеруімен және витринит шағылысының тұрақты деңгейімен сипатталады. Жартылай кокс немесе орташа температуралы коксты өндіру үшін 1В21, 2В1, 2В2, 2В3 тігістерінің көмірі аз құрамы және кесек кокстеуге қажетті тұрақты агломерлеу қабілеті бар.

Түйінді сөздер: көмір петрография, инфрақызыл спектроскопия, пиролитикалық зерттеулер, көмір жинақтау, метаморфизация, витринит, семивитринит, пластометрия, жартылай кокс, көмір химиясы.

Chemical and petrographic studies of coals of the Shubarkol deposit

Abstract. Large deposits of brown and stone coal are concentrated on the territory of Kazakhstan, which can be used as energy fuel, as well as for producing semi-coke. This article will consider the study of the prospects of complex processing of coal deposits in order to obtain additional products, including coal chemistry products. Studies have shown that the coal-bearing thickness within the Central-2 section of the Shubarkol deposit can be divided into upper and lower parts by the nature of accumulation. In this case, three cycles of formation of carbon matter are distinguished in it, which are not tied to formations. Formations are characterized by a marked change in the maceral composition, according to vitrinite and a stable level of reflection of vitrinite. Coals of formations 1V21, 2V1, 2V2, 2V3 with low ash content and stable sintering capacity required for lump coking are of interest for the production of semi-coke or medium-temperature coke.

Key words: carbon metrographic, infrared spectrometry, pyrolytic studies, coal accumulation, metamorphization vitrinite, semivitrinite, plastometry, semi-coke, coal chemistry.

Введение

Особенность изучения углей заключается в их петрографической неоднородности, которая становится видна при их макроскопическом исследовании. Методика проведения углепетрографических параметров органических веществ включает: углепетрографические, ИК-спектроскопические и пиролитические исследования материала, полученного в результате дробления, отсева и квартования до аналитической пробы. Исследования были выполнены Научно-исследовательской лабораторией ТПУ¹ [1, 2].

Цель статьи – изучение перспективы комплексной переработки углей месторождения для получения продуктов углехимии. Для выполнения поставленной цели будут выполнены работы и решены задачи:

- химико-петрографические методы: определение влажности, зольности, выхода летучих веществ, петрографического состава, показателя отражения витринита, пластометрия;
- ИК-спектроскопия: определение группового состава угля и генетических свойств углей (степени гелификации, восстановленности и метаморфизации), оценка особенностей углеобразования и угленакопления осадочной толщи [1-4].

Методы исследований

Углепетрографические исследования выполнены по стандартизованным методикам²⁻⁴. Согласно стандарту², крупность исследуемого вещества не должна превышать 1,6 мм с минимальным включением классов менее 1,0 мм. Углепетрографические пробы состояли из углей разной крупности, поэтому

они подвергались дроблению до крупности 0-13 мм. После квартования дробились до класса 0-3 мм,



Рис. 1. Вид пластометрического полукокса из угля пласта 1В21. Сурет 1. 1В21 көмір қабатынан жасалған пластометриялық жартылай кокстың түрі.
Figure 1. Type of plastometric semi-coke from coal formation 1V21.

¹Арбузов С.И., Еришов В.В. Геохимия редких элементов в углях Сибири. – Томск: Д-Принт, 2007. – 468 с.

²ГОСТ Р 55663-2013. Методы петрографического анализа. – Ч. 2. Метод подготовки образцов угля.

³ГОСТ Р 55662-2013. Методы петрографического анализа. – Ч. 3. Определение мацерального состава (ИСО 7404-5:2009).

⁴ГОСТ Р 55659-2013. Методы петрографического анализа. – Ч. 5. Определение показателя отражения витринита.

а затем – до 1,6 мм. Аншлиф-брикеты изготовлены на шеллаке, для проведения анализа подвергались обдирке и полировке. Углететрографический анализ определения показателя отражения витринита⁴ проводился на микроскопе «Палам-312» с фотоумножителем «HAMATSU» и программным обеспечением МСФ30У для подсчета Ro , max ; Ro , min ; Ro , n ; Ro , $max-min$; стандартного коэффициента отклонения (СКО), по которому устанавливалась неоднородность по Ro – σRo и строилась рефлектограмма. Измерение отражательной способности витринита в иммерсионном масле проводилось вручную (без сканирующего столика) с метрологическим обеспечением замеров стандартных образцов (табл. 1) до и после выполнения замеров в исследуемом образце. Юстировка прибора перед началом работ проводилась по эталону $Ro = 3,26\%$, который прилагается к микроскопу. Мацеральный



Рис. 2. Вид пластометрического полукокса из угля пласта 1B22.
Сурет 2. 1B22 көмір қабатынан жасалған пластометриялық жартылай кокстың түрі.
Figure 2. Type of plastometric semi-coke from coal formation 1V22.



Рис. 3. Вид пластометрического полукокса из угля пласта 2B1.
Сурет 3. 2B1 көмір қабатынан жасалған пластометриялық жартылай кокстың түрі.
Figure 3. Type of plastometric semi-coke from coal formation 2V1.

Таблица 1
Характеристика метрологических эталонных (стандартных) образцов

Кесте 1
Сипаттамасы метрологиялық эталондық (стандартты) үлгілерін
Table 1
Characteristics of metrological reference (standard) samples

Ro	n_o	Марка эталона или материал
0,58	1,76863	S-TIH 14
1,01	1,85640	S-LAH 71
1,45	1,93412	S-NPH 2
1,96	2,01165	S-LAN 79
3,26		TS приборный для настройки микроскопа «Палам-312 с фотоумножителем»
5,23		алмаз

Примечание. Ro – показатель отражения; n_o – показатель преломления.

состав определялся на микроскопе «Палам-312» со счетчиком и вращающимся столиком. Определение мацерального состава состояло из количественного подсчета мацералов: витринита Vt , семивитринита Sv , инертинита I , липтинита L и минеральных примесей MM в соответствии со стандартом¹ [5-11].

Результаты исследований ИК-спектрометрические исследования выполнены по стандартизированной методике⁵ на спектрометре IRAffinity-1 фирмы «Шимадзу» (Япония). Настоящий стандарт предназначен для определения выхода летучих веществ, толщины пластического слоя, показателя отражения витринита, суммы фюзенизированных компонентов и зольности (параметры) в каменном угле. Диапазоны получаемых значений показателей:

- выход летучих веществ на сухое состояние V^{daf} – от 11,0% до 39,0%;
- толщина пластического слоя Y – от 0 мм до 33 мм;
- показатель отражения витринита Ro – от 0,60% до 2,00%;
- сумма фюзенизированных компонентов OK – от 5,0% до 80,0%;
- зольность на сухое состояние A^d – от 4,0% до 13,0%.

Суть метода заключается в съемке инфракрасного спектра⁵ в области волновых чисел от 350 см^{-1} до 7500 см^{-1} , обработка по заложенной программе сканирования выдается

в виде спектра значения интенсивности полос, по которым выбираются необходимые спектральные полосы для расчета спектрально-генетических показателей углефицированного вещества.



Рис. 4. Вид пластометрического полукокса из угля пласта 2B2.
Сурет 4. 2B2 көмір қабатынан жасалған пластометриялық жартылай кокстың түрі.
Figure 4. Type of plastometric semi-coke from coal formation 2V2.



Рис. 5. Вид пластометрического полукокса из угля пласта 2B3.
Сурет 5. 2B3 көмір қабатынан жасалған пластометриялық жартылай кокстың түрі.
Figure 5. Type of plastometric semi-coke from coal formation 2V3.

⁵ГОСТ 32246-2013. Метод спектрометрического определения генетических и технологических параметров.

Таблица 2

Результаты химико-петрографического анализа углей пластов

Кесте 2

Көмір қабаттарын химиялық-петрографиялық талдау нәтижелері

Table 2

Results of chemical-petrographic analysis of coal beds

Наименование анализа	Обозначение показателя	Шифр пробы					
		225К	226К	227К	228К	229К	230К
		Наименование пласта и вид пробы					
		2В4	2В3	2В2 (объединенная 2В2 в.п. + 2В2 н.п.)	2В1 (объединенная 2В1 в.п. + 2В1 н.п.)	1В22 (объединенная 1В22 в.п. + 1В22 н.п.)	1В21
Влага аналитическая, %	<i>Wa</i>	3,9	3,6	4,3	3,2	3,5	3,7
Зольность на сухую массу, %	<i>Ad</i>	12,1	9,3	2,6	8,7	15,9	2,7
Выход летучих веществ, %	<i>V^{daf}</i>	44,3	44,7	45,2	47,6	44,8	44,9
Индекс свободного вспучивания, ед.	<i>FSI</i>	1	1/2	1/2	1	1/2	1/2
Пластометрические показатели, мм	<i>x</i>	61	57	54	67	59	62
	<i>y</i>	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5
Показатель отражения витринита, %	<i>Ro, n</i>	0,56	0,56	0,56	0,56	0,59	0,55
Неоднородность по <i>Ro</i> , %	σRo	0,030	0,040	0,030	0,040	0,040	0,030
Сумма фюзенизированных компонентов, %	ΣOK	3	7	5	8	9	10
Липтинит, %	<i>L</i>	1	3	1	2	1	1
Витринит, %	<i>Vt</i>	86	82	91	83	79	87
Семивитринит, %	<i>Sv</i>	1	5	2	2	2	2
Инертинит, %	<i>I</i>	2	3	4	6	7	8
Минеральные примеси, %	<i>MM</i>	10	7	2	7	11	2

Примечание: σRo – стандартный коэффициент отклонения, СКО.

Для спектральной съемки используют пробу крупностью 0,2 мм. Перед началом определения пробу тщательно перемешивают. Съемка осуществляется методом диффузионного отражения.

В комплект спектрометра входит кювета для загрузки пробы в измерительную камеру, представляющая собой углубление вместимостью 0,2-0,8 см в горизонтально расположенном металлическом держателе, имитатор стопроцентного отражения для проверки исправности спектрометра и управляющей программы для обработки сканов. Измерение ведется в параллельных

пробах, т. е. среднее значение величин оптических частот спектра устанавливается по 14 аналитическим замерам.

В химико-петрографический анализ входят: технический анализ (*Wa, Ad, V^{daf}*), определение спекающей способности (*x, y, FSI*) и углепетрографический анализ (*Ro, n; $\sigma Ro; \Sigma OK; L; Vt; Sv; I; MM$*). Исследования выполнялись на шести пробах, представляющих отдельные пласты (табл. 2). Углепетрографический анализ проводился поэтапно: сначала было проведено микрокомпонентное обследование аншлиф-брикетов и подсчет

мацералов. Установлено, что в брикетах образцов количество витринита от 79% до 91% при наличии липтинита от 1% до 3%, а инертинита – от 2% до 8%. В целом, сумма фюзенизированных компонентов находится в пределах от 3% до 10% на всю угленосную толщу, сложенную данными пластами.

По показателю *Ro, n* углефицированное вещество пластов находится в пределах 0,55-0,59%, низкий показатель неоднородности $\sigma Ro = 0,030-0,040\%$ указывает на слабое проявление восстановленности, однако сильная изменчивость содержания витринита по пластам



Рис. 6. Вид пластометрического полукокса из угля пласта 2В4. Сурет 6. Пластометриялық жартылай окстың қабат көмірінен жасалған түрі 2В4. Figure 6. Type of plastometric semi-coke from coal formation 2V4.

свидетельствует о разнообразии условий седиментации растительных осадков. Низкие величины R_o , n свойственны низкометаморфизованным углям, т. е. это ранний катагенез.

Технический анализ (W_a , A_d , V^{daf}) выполнялся в аналитических пробах крупностью 0,2 мм, из этих же проб отбирались дубликаты для спектрометрического анализа. Зольность образцов углей пластов находится в пределах 2,6-9,3%, за исключением углей пластов 2В4 и 1В22, в которых $A_d = 12,1\%$ и 15,9%. В пластах 2В3 и 1В21 зольность углей на уровне 2,6-2,7%, что можно рассматривать как аномальную. В то же время, на выход летучих веществ низкая зольность не оказала влияния, они находятся в диапазоне показателя V^{daf} по пластам от 44,3% до 47,6%.

Углифицированное вещество пластов имеет признаки спекающей способности по толщине пластического слоя 0-5 мм, по индексу свободного вспучивания от 1/2 до 1. При такой спекаемости и показателях R_o , n , ΣOK , V^{daf} угли принадлежат марке Д (ДВ).

Подобные угли широко используются для производства полукокса или среднетемпературного кокса. Например, угли пластов 1В21, 2В1,

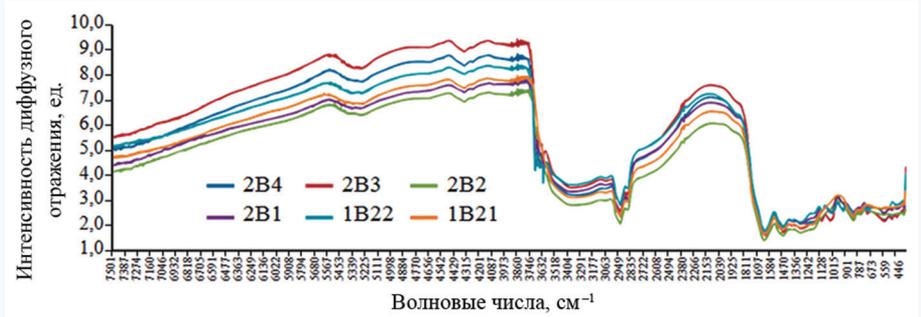


Рис. 7. Спектры образцов углей по пластам. Сурет 7. Спектрлер үлгілерін көмір және қалың қабаттар бойынша таңдау. Figure 7. The ranges of coal samples by formations.

2В3, 2В3 представляют особый интерес в виду низкой зольности ($A_d = 2,6-9,3\%$). Угли пластов 1В22 и 2В4 обнаруживают признаки коксующих свойств, но из-за повышенного содержания минеральных примесей ($A_d = 15,9\%$ и 12,1%) пластометрические полукокса слабо спеклись. Вид пластометрических полукокса приводится на рис. 1-6.

Зольность, выход летучих веществ, коксующесть и повышенное содержание витринита, а также низкая стадия метаморфизма, указывают на потенциальные возможности угля для производства полукокса. Поэтому рекомендуется провести испытания коксующесть углей в классах крупности +50 мм и +25 мм для оценки производственного потенциала данного угля в изготовлении полукокса и среднетемпературных коксов.

На рис. 7 представлены спектры 6 образцов угля пластов и видно, что в областях ИК ближней 7500-4000 cm^{-1} (1,33-2,5 мкм), средней 4000-600 cm^{-1} (2,5-16,7 мкм) и дальней 600-30 cm^{-1} (16,7-330 мкм) конфигурации спектров совпадают, но они различаются по интенсивности диффузного отражения. Спектрометрические исследования

состоят из структурно-группового и структурно-генетического анализа, раскрывающих особенности строения углефицированного вещества образцов и условия их образования. Данные методы исследования характеризуются как количественные, а получаемые результаты измеряются в условных единицах.

Выводы и рекомендации

1. Угленосную толщу по характеру накопления можно разделить на верхнюю и нижнюю части. При этом в ней выделяются три цикла образования углефицированного вещества, которые не привязаны к пластам.

2. Пласты характеризуются заметным изменением мацерального состава, по витриниту от 79% до 91%, и устойчивым уровнем отражения витринита R_o , $n = 0,55-0,59\%$.

3. Для производства полукокса или среднетемпературного кокса интерес представляют угли пластов 1В21, 2В1, 2В2, 2В3 с низкой зольностью ($A_d = 2,6-9,3\%$) и устойчивой спекающей способностью, необходимой для кускового коксования.

4. Выявленная биогеохимическая неоднородность в пластах должна учитываться при формировании сырьевой базы полукокса в процессе добычи углей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жемчужников Ю.А. Две стадии образования ископаемых углей и их петрографическое выражение. // *Химия и генезис твердых горючих ископаемых: тр. пер. всесоюз. совещ.* – М.: АН СССР, 1953. – С. 38-43 (на русском языке)
2. Иванов В.П. Оценка окисления мацералов кузнецких углей на основе ИК-спектроскопии. // *Кокс и химия.* – 2004. – №5. – С. 14-20 (на русском языке)
3. Видавский В.В., Рябоконева Н.Я. Органическая масса углей в связи с их коксующими свойствами. // *Геолого-химическая карта Донецкого бассейна.* – Харьков: Укргостехиздат, 1941. – Вып. 5. – С. 251-256 (на русском языке)

4. Иванов В.П. Комплексная оценка генетических и технологических свойств углей с применением ИК-спектроскопии. // Основные направления геологоразведочных и научно-исследовательских работ на твердые горючие ископаемые в современных экономических условиях. – Ростов на Дону: ВНИГРИуголь, 2014. – С. 135-138 (на русском языке)
5. Арбузов С.И., Машенкин В.С., Рыбалко В.И., Судыко А.Ф. Редкометалльный потенциал углей Северной Азии (Сибирь, Дальний Восток России, Монголия). // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2014. – №S3-2. – С. 4144 (на русском языке)
6. Арбузов С.И., Иленок С.С., Вергунов А.В., Шалдыбин М.В., Соболенко В.М., Некрасов П.Е. Минералого-геохимическая идентификация продуктов взрывного вулканизма в углях Минусинской котловины. // Петрология магматических и метаморфических комплексов: материалы 9-й Всероссийской петрографической конференции. – Томск: Центр научно-технической информации, 2017. – Вып. 9. – С. 35-37 (на русском языке)
7. Lin M., Vai G., Duan P., Xu J., Duan D., Li Z. Перспективы комплексной эксплуатации ценных элементов китайского угля. // Разведка и эксплуатация энергии. – 2013. – №31(4). – С. 623-627 (на английском языке)
8. Беляев В.К., Педаш Е.Т., Ко Н.А. Малые элементы в углях и вмещающих породах Шубаркольского месторождения. // Разведка и охрана недр. – 1989. – №11. – С. 12-16 (на русском языке)
9. Иванов В.П., Станкевич А.С., Школлер М.Б. и др. Восстановленность и петрографический состав углей Кузнецкого бассейна. // Химия твердого топлива. – 2002. – №4. – С. 3-19 (на русском языке)
10. Панченко С.И., Пермитина К.С., Ветрова А.К. Различия строения и свойств витринитов равнометаморфизованных углей. // Химия твердого топлива. – 1967. – №4. – С. 18-25 (на русском языке)
11. Попов В.К., Капустин В.К., Русьянова Н.Д. Изучение структурных характеристик углей. ИК-спектроскопический анализ группового состава и связь спектральных параметров с технологическими свойствами углей. // Кокс и химия. – 1988. – №3. – С. 5-9 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Жемчужников Ю.А. Екі сатыда білім қазбаларды көмір және олардың петрографиялық көрінісі. // Химия және генезисі қатты жанғыш қазбалар: бірінші бүкілодақтық жиналыстың материалдары – М.: АН СССР, 1953. – Б. 38-43 (орыс тілінде)
2. Иванов В.П. БИК-спектроскопия негізінде кузнецк көмірінің мацер алдарының тотығуын бағалау. // Кокс және химия. – 2004. – №5. – Б. 14-21 (орыс тілінде)
3. Видавский В.В., Рябоконева Н.Я. Көмірдің кокстеу қасиеттеріне байланысты оның органикалық массасы. // Геологиялық-химиялық картасы Донецк бассейнінің. – Харьков: Укргостехиздат, 1941. – Шығ. 5. – Б. 251-256 (орыс тілінде)
4. Иванов В.П. Кешенді бағалау генетикалық және технологиялық қасиеттері көмірді қолдана отырып, ИК-спектроскопиясы. // Негізгі бағыттары геологиялық барлау және ғылыми-зерттеу жұмыстарын қатты жанғыш қазбалар қазіргі экономикалық жағдайында. – Ростов на Дону: ВНИГРИкөмір, 2014. – Б. 135-138 (орыс тілінде)
5. Арбузов С.И., Машенкин В.С., Рыбалко В.И., Судыко А.Ф. Солтүстік Азия көмірлерінің сирек метал потенциалы (Сібір, Қиыр Шығыс, Ресей, Моңғолия). // Геология және Сібірдің минералды ресурстары. – 2014. – №S3-2. – Б. 41-44. (орыс тілінде)
6. Арбузов С.И., Иленок С.С., Вергунов А.В., Шалдыбин М.В., Соболенко В.М., Некрасов П.Е. // Минусинск бассейнінің көміріндегі жарылғыш вулканизм өнімдерін минералдыгеохимиялық сәйкестендіру. // Магмалық және метаморфты кешендердің петрологиясы: 9-шы бүкілресейлік петрографиялық конференцияның материалдары. – Томск: Ғылыми-техникалық ақпарат орталығы, 2017. – Вып. 9. – Б. 35-37 (орыс тілінде)
7. Lin M., Vai G., Duan P., Xu J., Duan D., Li Z. 2013. Перспектив алары кешенді пайдалану, бағалы элементтердің қытай көмір. // Энергияны барлау және пайдалану. – 2013. – №31(4). – Б. 623-627 (ағылшын тілінде)

8. Беляев В.К., Педаш Е.Т., Ко Н.А. Шағын элементтер көмірге және араласушы тау жыныстарында Шұбаркөл кен орнының. // Барлау және жер қойна уын қорғау. – 1989. – №11. – Б. 12-16 (орыс тілінде)
9. Иванов В.П., Станкевич А.С., Школлер М.Б., т. б. Қалпына келтіру және петрографиялық құрамы көмір Кузнецк бассейнінің. // Химия қатты отын. – 2002. – №4. – Б. 3-19 (орыс тілінде)
10. Панченко С.И., Пермитина К.С., Ветрова А.К. Айырмашылық құрылысы мен қасиеттерін витринит бірдей метаморфоздалған көмірдің. // Химия қатты отын. – 1967. – №4. – Б. 18-25 (орыс тілінде)
11. Попов В.К., Капустин В.К., Русьянова Н.Д. Зерттеу құрылымдық сипаттамаларын көмір. ИК-спектроскопиялық талдау топтық құрамын және байланыс спектрлік параметрлерді технологиялық қасиеттері көмірдің. // Кокс және химия. – 1988. – №3. – Б. 5-9 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Zhemchuzhnikov Yu.A. Dve stadii obrazovaniya iskopaemyx uglej i ix petrograficheskoe vyrazhenie [Two stages of the formation of fossil coals and their petrographic expression]. // *Ximiya i genezis tvyordyx goryuchix iskopaemyx = Chemistry and genesis of solid fuels: proceedings of the First All-Union Conference.* – M.: USSR Academy of Sciences, 1953. – P. 38-43 (in Russian)
2. Ivanov V.P. Ocenka okisleniya maceralov kuzneckix uglej na osnove IK-spektroskopii [Evaluation of the oxidation of macerals of Kuznetsk coals based on IR spectroscopy]. // *Koks i ximiya = Coke and chemistry.* – 2004. – №5. – P. 14-21 (in Russian)
3. Vidavsky V.V., Ryabokoneva N.Ya. Organicheskaya massa uglej v svyazi s ix koksuyushhimi svojstvami [The organic mass of coals in connection with their coking properties]. // *Geologo-ximicheskaya karta Doneckogo bassejna = Geological and chemical map of the Donetsk basin.* – Kharkov: Ukgostekhizdat, 1941. – Vol. 5. – P. 251-256 (in Russian)
4. Ivanov V.P. Kompleksnaya ocenka geneticheskix i texnologicheskix svojstv uglej s primeneniem IK-spektroskopii. [Comprehensive assessment of the genetic and technological properties of coal using IR spectroscopy]. // *Osnovnye napravleniya geologorazvedochnyx i nauchno-issledovatel'skix rabot na tvyordye goryuchie iskopaemye v sovremennyx e'konomicheskix usloviyax = The main directions of geological exploration and research on solid fuels in modern economic conditions.* – Rostov on the Don: VNIGRIcoal, 2014. – P. 135-138 (in Russian)
5. Arbuzov S.I., Mashenkin V.S., Rybalko V.I., Sudyko A.F. Redkometall'nyj potencial uglej Severnoj Azii (Sibir', Dal'nij Vostok Rossii, Mongoliya) [Rare-metal potential of coals of Northern Asia (Siberia, Russian Far East, Mongolia)]. // *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri = Geology and Mineral Resources of Siberia.* – 2014. – №S3-2. – P. 41-44 (in Russian)
6. Arbuzov S.I., Ilenok S.S., Vergunov A.V., Shaldybin, M.V., Sobolenko, V.M., Nekrasov P.E. Mineralogo-geoximicheskaya identifikaciya produktov e'ksplozivnogo vulkanizma v uglyax Minusinskoj kotloviny [Mineralogical-geochemical identification of explosive volcanism products in coals of the Minussinsk basin]. // *Petrologiya magmaticheskix i metamorficheskix kompleksov = Petrology of magmatic and metamorphic complexes: Proceedings of 9th All-Russian petrographic conference.* – Tomsk: Centr nauchno-texnicheskoj informacii = Center for Scientific and Technical Information, 2017. – Vol. 9. – P. 35-37 (in Russian)
7. Lin M., Bai G., Duan P., Xu J., Duan D., Li Z. Perspektivy kompleksnoj e'kspluatatsii cennyx e'lementov kitajskogo uglya [Perspective of comprehensive exploitation of the valuable elements of Chinese coal]. // *Razvedka i e'kspluataciya e'nergii = Energy exploration and exploitation.* – 2013. – №31(4). – P. 623-627. (in English)
8. Belyaev V.K., Pedash E.T., Ko N.A. Malye e'lementy v uglyax i vmeshhayushhix porodax Shubarkol'skogo mestorozhdeniya [Small elements in the coals and containing rocks of the Shubarkol deposit]. // *Razvedka i oxrana nedr = Exploration and protection of the subsoil.* – 1989. – №11. – P. 12-16. (in Russian)
9. Ivanov V.P., Stankevich A.S., Shkoller M.B. and others Vosstanovlennost' i petrograficheskij sostav uglej Kuzneckogo bassejna [Restoration and petrographic

composition of coals of the Kuznetsk basin]. // Ximiya tvyordogo topliva = Solid fuel chemistry. – 2002. – №4. – P. 3-19 (in Russian)

10. *Panchenko S.I., Permitin K.S., Vetrova A.K. Razlichie stroeniya i svoystv vitrinitov ravnometamorfizovannykh uglej [Difference in the structure and properties of vitrinites of equimetamorphized coals]. // Ximiya tvyordogo topliva Solid fuel chemistry. – 1967. – №4. – P. 18-25 (in Russian)*
11. *Popov V.K., Kapustin V.K., Rusyanova N.D. Izuchenie strukturnykh xarakteristik uglej. IK-spektroskopicheskiy analiz gruppovogo sostava i svyaz' spektral'nykh parametrov s texnologicheskimi svoystvami uglej [Study of the structural characteristics of coal. IR spectroscopic analysis of the group composition and the connection of spectral parameters with the technological properties of coal]. // Koks i ximiya = Coke and chemistry. – 1988. – №3. – P. 5-9 (in Russian)*

Сведения об авторах:

Ибрагимова Д.А., магистр техн. наук, PhD докторант кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), podgornaya1992@mail.ru

Портнов В.С., д-р техн. наук, профессор кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), vs_portnov@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Ибрагимова Д.А., техника ғылымдарының магистрі, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғам «Геология және пайдалы қазба кенорнын барлау» кафедрасының PhD докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Портнов В.С., техника ғылымдарының докторы, «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғам «Геология және пайдалы қазба кенорнын барлау» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Ibragimova D.A., Master of Technical Sciences, PhD Doctoral Student at the Department «Geology and Exploration of Mineral Deposits» of the NonProfit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Portnov V.S., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department «Geology and Exploration of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)



ОТКРЫТА ПОДПИСКА

КАЗПОЧТА ЕВРАЗИЯ ПРЕСС ЭВРИКА-ПРЕСС

Подписной индекс 75807

Заявка на главной странице сайта MINMAG.KZ

Следите за новостями!



minmag.kz



[@minmag.kz](https://www.instagram.com/minmag.kz)

+7 747 343 15 02

post-dts@yandex.kz

050026, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Карасай батыра, 146, оф. 401

