

**NEWS**

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

**ISSN 2224-5286**

**Volume 4, Number 412 (2015), 56 – 60**

**HEAT CAPACITY OF SHALES  
OF KENDYRLYK AND SHUBARKOL DEPOSITS**

**B. K. Kassenov<sup>1</sup>, Zh. I. Sagintayeva<sup>1</sup>, B. T. Ermagambet<sup>2</sup>, Sh. B. Kasenova<sup>1</sup>,  
A. A. Seysenova<sup>1</sup>, M. A. Nabiiev<sup>3</sup>, A. T. Ordabayev<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>J. Abishev Chemical-Metallurgical Institute, Karaganda, Kazakhstan,

<sup>2</sup> LLP «Institute of coal chemistry and technology», Astana, Kazakhstan,

<sup>3</sup>Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry RK, Karaganda, Kazakhstan,

<sup>4</sup> LLP «He Olzhay», Astana, Kazakhstan.

E-mail: kasenov1946@mail.ru, bake.yer@mail.ru

**Keywords:** slate, Kendyrllyk, Shubarkol, thermodynamic, temperature.

**Abstract.** The article is devoted to calorimetric study of the specific heat of Shubarkol and Kendyrllyk shale deposits. Calorimetric method of dynamic range 298,15-473 By The temperature dependence of the specific heats of Shubarkol and Kendyrllyk shale deposits. Maximum permissible error of the instrument according to the passport data is  $\pm 10,0\%$ . Based on the data equation of the temperature dependence of the specific heat shale is derived. It is conducted a chemical analysis of oil shale of Kendyrllykand Shubarkol fields. Content in%: for Shubarkol  $\text{SiO}_2 = 46,39$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 25,28$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4,16$ ;  $\text{CaO} = 0,87$ ;  $\text{MgO} = 1,56$ ;  $\text{C} = 11,56$ ;  $\text{S} = 0,306$ , for Kendyrllyk  $\text{SiO}_2 = 55,24$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 12,05$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4,08$ ;  $\text{CaO} = 3,69$ ;  $\text{MgO} = 2,40$ ;  $\text{C} = 6,84$ ;  $\text{S} = 0,786$ . X-ray diffraction analysis was performed on shale DRON - 2.0. Shooting conditions:  $\text{CuK}_{\alpha}$  - radiation, Ni - filter,  $U = 30 \text{ kV}$ ,  $J = 10 \text{ mA}$ , the rotational speed of 2 meter / min, the range of the scale 1000 imp/s,  $\tau = 5 \text{ s}$ ,  $2\theta = 10-90^{\circ}$ . X-ray diffraction analysis confirms chemical analysis of oil shale.

УДК536.7+662.67

**ТЕПЛОЕМКОСТЬ СЛАНЦЕВ КЕНДЫРЛЫКСКОГО И  
ШУБАРКОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**Б. К. Касенов<sup>1</sup>, Ж. И. Сагинтаева<sup>1</sup>, Б. Т. Ермагамбет<sup>2</sup>, Ш. Б. Касенова<sup>1</sup>,  
А. А. Сейсенова<sup>1</sup>, М. А. Набиев<sup>3</sup>, А. Т. Ордабаева<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева, Караганда, Казахстан,

<sup>2</sup>ТОО «Институт химии угля и технологий», Астана, Казахстан,

<sup>3</sup>Институт органического синтеза и углехимии РК, Караганда, казахстан,

<sup>4</sup>ТОО «Он олжы», Астана, Казахстан

**Ключевые слова:** сланец, Кендырлык, Шубарколь, термодинамика, температура.

**Аннотация.** Статья посвящена калориметрическому исследованию теплоемкости сланцев Кендырлыкского и Шубаркольского месторождений. Методом динамической калориметрии в интервале 298,15-473 К исследованы температурные зависимости удельных теплоемкостей сланцев Кендырлыкского и Шубаркольского месторождений. Предел допускаемой погрешности прибора согласно паспортным данным равен  $\pm 10,0\%$ . На основании полученных данных выведены уравнения температурной зависимости теплоемкости сланцев. Был проведен химический анализ сланцев Кендырлыкского и Шубаркольского месторождений. Содержание в %: для Шубаркольского  $\text{SiO}_2 = 46,39$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 25,28$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4,16$ ;  $\text{CaO} = 0,87$ ;  $\text{MgO} = 1,56$ ;  $\text{C} = 11,56$ ;  $\text{S} = 0,306$ , для Кендырлыкского  $\text{SiO}_2 = 55,24$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 12,05$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4,08$ ;  $\text{CaO} = 3,69$ ;  $\text{MgO} = 2,40$ ;

$C = 6,84$ ;  $S = 0,786$ . Рентгенофазовый анализ сланцев проводили на установке ДРОН – 2,0. Условия съемки:  $\text{CuK}_\alpha$  – излучение,  $\text{Ni}$  – фильтр,  $U = 30 \text{ кВ}$ ,  $J = 10 \text{ мА}$ , скорость вращения счетчика 2 об/мин, диапазон шкалы 1000 имп/с,  $\tau = 5 \text{ с}$ ,  $2\theta = 10\text{--}90^\circ$ . Результаты рентгенофазового анализа подтверждают химический анализ сланцев.

Обладая высокой теплотворной способностью горючей массы, сланцы вследствие огромного количества золы являются одним из низкосортных топлив и обычно используются как топливо только при условии сжигания их на месте добычи без сколько-нибудь значительных транспортировок. Большой процент водорода и выход летучих на горючую массу, доходящий до 80%, дают возможность утилизировать сланцы как сырье для газификации, а также химической переработки с целью получения разного рода масел, моторного топлива, химических продуктов и горючего газа [1].

Крупные разведанные месторождения горючих сланцев в РК были открыты еще в середине прошлого века. Крупнейшее из них – Кендырлыкское (запасы оцениваются в 4–4,5 млрд т), за ним следуют Байхожинское (в Южном Казахстане) и Приуральская группа месторождений на западе страны.

По данным казахстанского НИИ новых химических технологий и материалов, известно как минимум о 25 месторождениях горючих сланцев, относящихся к отложениям верхнего девона, нижнего карбона, верхнего палеозоя, средней и верхней юры и палеогена. Они различны по составу исходного вещества и условиям формирования, что в значительной степени предопределило их количественно-технологическую характеристику. Месторождения горючих сланцев в РК изучены крайне слабо [2].

Кендырлыкское месторождение находится на территории Восточно-Казахстанской области. На месторождении установлено три сланценоносных горизонта: нижние сланцы Кендырлыкской свиты (пласти «Калын-Кара» и «Лучший»), средние сланцы Карагурской свиты и верхние сланцы Сайканской свиты. Общая мощность сланцевых горизонтов более 100 метров, мощность пластов изменяется от 1 до 12 м, теплота сгорания 4–15 мегаджоулей на килограмм, выход смол 4–20% [3–5].

В работе [6] разработана технология переработки горючих сланцев Кендырлыкского месторождения.

Целью данной работы является исследование температурной зависимости теплоемкостей сланцев Кендырлыкского и Шубаркольского месторождений.

Ранее нами были исследованы угли Кендырлыкского, Майкубенского и Экибастузского месторождений [7–13].

В аккредитованной лаборатории аналитической химии Химико-металлургического института им. Ж. Абишева был проведен химический анализ вышеуказанных сланцев. Результаты анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты химического анализа сланцев Шубаркольского (I) и Кендырлыкского (II) месторождений

Содержание в %						
$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	C	S
I						
46,39	25,28	4,16	0,87	1,56	11,56	0,306
II						
55,24	12,05	4,08	3,69	2,40	6,84	0,786

Рентгенофазовый анализ сланцев Кендырлыкского и Шубаркольского месторождений проводили на установке ДРОН – 2,0. Условия съемки:  $\text{CuK}_\alpha$  – излучение,  $\text{Ni}$  – фильтр,  $U = 30 \text{ кВ}$ ,  $J = 10 \text{ мА}$ , скорость вращения счетчика 2 об/мин, диапазон шкалы 1000 имп/с,  $\tau = 5 \text{ с}$ ,  $2\theta = 10\text{--}90^\circ$ . Результаты рентгенофазового анализа приведены в таблице 2.

Результаты рентгенофазового анализа подтверждают данные химического анализа. Анализ рентгенограмм проведен согласно [14].

Таблица 2 – Результаты рентгенофазового анализа сланцев  
Кендырлыкского (I) и Шубаркольского месторождений (II)

d, Å	J/J <sub>0</sub>								
I					II				
7,56	18	2,56	6	7,24	30	2,56	15	1,74	5
4,50	8	2,46	7	5,05	11	2,52	11	1,67	13
4,74	16	2,13	5	4,49	31	2,46	10	1,54	12
4,04	2	1,98	5	4,27	32	2,35	15	1,49	10
3,78	7	1,82	10	3,59	37	2,29	11	1,45	5
3,2	100	1,67	5	3,36	100	2,14	9	1,37	11
3,17	21	1,54	8	3,09	4	1,98	12		
3,03	6	1,37	9	2,80	17	1,82	14		

Температурную зависимость теплоемкости сланцев исследовали в интервале 298,15-473 К шагом через 25 К на калориметре ИТ-С-400 [15, 16]. Предел допускаемой погрешности прибора согласно паспортным данным равен  $\pm 10,0\%$ .

Измерения теплоемкости проводили согласно методике [16, 17] через 25 К. Эталоном для градуировки служил медный образец. При каждой температуре (через 25 К) проводили по пять параллельных опытов и результаты их усреднялись путем определения среднеквадратичного отклонения ( $\bar{\delta}$ ) для удельной теплоемкости. Работу калориметра проверяли по определению стандартной теплоемкости  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  и ее опытное значение [76,0 Дж/(моль·К)] удовлетворительно согласуется со справочными данными [79,0 Дж/(моль·К)] в пределах  $\sim 4,0\%$  [17]. Принцип работы калориметра подробно описан в [18-20].

В таблице 3 и на рисунке представлены данные измерения теплоемкостей сланцев Кендырлыкского и Шубаркольского месторождений.

Таблица 3 – Экспериментальные значения теплоемкости сланцев  
Кендырлыкского (I) и Шубаркольского месторождений (II) [ $C_p \pm \bar{\delta}$ , Дж/К]

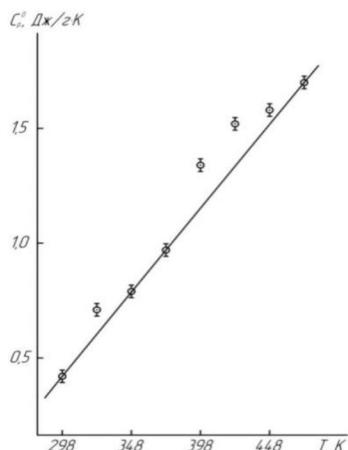
T, K	$C_p \pm \bar{\delta}$	T, K	$C_p \pm \bar{\delta}$
I		II	
298,15	0,4228±0,0143	298,15	0,6062±0,0199
323	0,7139±0,0169	323	0,8671±0,0194
348	0,7917±0,0160	348	0,9419±0,0152
373	0,9695±0,0118	373	1,0294±0,0143
398	1,3371±0,0201	398	1,1198±0,0178
423	1,5166±0,0286	423	1,2827±0,0223
448	1,5803±0,0205	448	1,3356±0,0205
473	1,7032±0,0260	473	1,3967±0,0247

Из экспериментальных данных, приведенных в таблице 3, выведены уравнения температурной зависимости теплоемкости сланцев Кендырлыкского (I) и Шубаркульского месторождений (II), которые в интервале 298,15-473 К описываются следующими полиномами [Дж/(г·К)]:

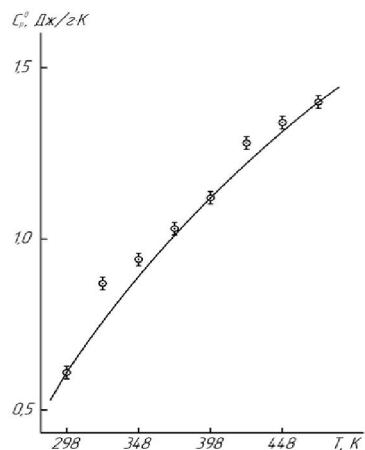
$$C_p^0(I) = -(1,797 \pm 0,095) + (7,384 \pm 0,390) \cdot 10^{-3} + (0,017 \pm 0,0009) \cdot 10^5 T^2, \quad (1)$$

$$C_p^0(II) = (0,584 \pm 0,031) + (2,266 \pm 0,119) \cdot 10^{-3} - (0,58 \pm 0,03) \cdot 10^5 T^2. \quad (2)$$

Для рассматриваемых интервалов температур при определении погрешности коэффициентов в уравнениях зависимостей  $C_p^0 \sim f(T)$  использовали величину средней случайной погрешности. Математическая обработка опытных данных проведено согласно [21].



Сланец Кандырлыкский



Сланец Шубаркольский

Температурная зависимость теплоемкости

Таким образом, были проведены химический и рентгенографический анализ сланцев Кандырлынского и Шубаркольского месторождений. В интервале температур 298,15-473 К измерены теплоемкости, выведены уравнения температурной зависимости теплоемкости сланцев Кандырлынского и Шубаркольского месторождений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] [www.bibliotekar.ru/spravochnik-116-topki.../11.htm](http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-116-topki.../11.htm)
- [2] Домпин С. Волшебные сланцы// Эксперт Казахстан. –№8(400).– 25.02.2013г.-04.03.2013г.
- [3] Голицын М.В., Прокофьева Л.М. Горючие сланцы –альтернатива нефти.– М.: Знание, 1990. – 48 с.
- [4] Котлуков В.А. Огненный камень – горючие сланцы. – СПб.: Знание, 1987. – 32 с.
- [5] Гинзбург А.И. Атлас петрографических типов горючих сланцев. – М.: Недра, 1991. – 116 с.
- [6] Ермагамбет Б.Т., Касенова Ж.М., Касенов Б.К. и др. Разработка технологии переработка горючих сланцев Кандырлынского месторождения//Материалы международной научно-практической конференции «Проблема и перспективы развития горно-металлургической отрасли «теория и практика».– Караганда, 17-18.09.2013г.– С.45-50.
- [7] Касенов Б.К., Ермагамбет Б.Т., Ордабаева А.Т., Мустафин Е.С. Исследование теплоемкости Шубаркульского угля в интервале 303-448 К //Химия твердого топлива.–1995.– № 1.– С. 44-46.
- [8] Касенов Б.К., Ермагамбет Б.Т., Макитова Г.Ж. и др. Теплофизические характеристики углей и углистых пород различных пластов разреза «Северный» АО «РосЭкибастузуголь» //Химия твердого топлива.– 1998.– № 5.– С. 86-90.
- [9] Ермагамбет Б.Т., Касенов Б.К., Бектурганов Н.С. и др. Чистые угольные технологии: Теория и практика. –Астана-Караганда: TENGRI, 2013.– 276 с.
- [10] Касенов Б.К., Ермагамбет Б.Т., Сагинтаева Ж.И. и др. Характеристики угля Кушмурунского месторождения //Химия твердого топлива.– 2014.– № 3.– С. 3-4.
- [11] Касенов Б.К., Ермагамбет Б.Т., Бектурганов Н.С. Теплофизические характеристики углей различных пластов Майкубенского, Сары-Адырского и Кендырлынского месторождений// Промышленность Казахстана.– 2014.– №4(85).– С.54-57.
- [12] Касенов Б.К., Ермагамбет Б.Т., Сейсенова А.А., Куанышбеков Е.Е., Касенова Ш.Б., Сагинтаева Ж.И. Температурная зависимость теплоемкости углей месторождений «Шарын-гол» и «Бага-нуур» Монголии//Сб. материалов II-Всероссийской конференции «Химия и химическая технология: достижения и перспективы».–Кемерово. КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева.– 20-21.11.2014г. –<http://science.kuzstu.wlp>.
- [13] Ермагамбет Б.Т., Касенова Ж.М., Касенов Б.К. и др. Исследование кинетики процесса термического разложения угля Шубаркольского месторождения//Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Е.А. Букетова.– Караганда. Караганда. КараГУ им. Е.А. Букетова.– 27-28.03.2015г.– С.164-168.
- [14] Ермагамбет Б.Т., Касенова Ж.М., Касенов Б.К. и др. Опытно-экспериментальное производство жидкого топлива из угля в Казахстане//Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Е.А. Букетова.– Караганда. Караганда. КараГУ им. Е.А. Букетова.– 27-28.03.2015.–С.12-15.
- [15] X-ray power date file American Society for Testing Materials (ASTM).–1972.
- [16] Платунов Е.С., Буравой С.Е., Курепин В.В. и др. Теплофизические измерения и приборы.– Л.: Машиностроение, 1986. – 256 с.
- [17] Техническое описание и инструкции по эксплуатации ИТ-С-400.– Актюбинск: Актюбинский завод «Эталон», 1986. – 48 с.
- [18] Robie R.A., Hewingway B.S., Fisher I.K. Thermodynamic Properties of Minerals and Related Substances at 298.15 and (10<sup>5</sup>Paskals) Pressure and at Higher Temperature. Washington: United States government printing office, 1978. –456 p.
- [19] ТопорН.Д., СупоницкийЮ.Д. Высокотемпературная калориметрия неорганических веществ // Успехи химии.–1984. –Т. 53,Вып.9.– С.1425-1462.

- [20] Кальве Э. Последние достижения микрокалориметрии//Журнал физической химии.– 1959.–Т.33, №6.–С.1161-1175.  
[21] Спиридонов В.П., Лопаткин А.А. Математическая обработка экспериментальных данных.– М.: Изд-во МГУ, 1970.– 221с.

#### REFERENCES

- [1] www.bibliotekar.ru/spravochnik-116-topki.../11.htm (In Russ.).  
[2] Dominin S. Expert of Kazakhstan, 2013, 8(400) (In Russ.).  
[3] Golicyn M.V., Prokof'eva L.M. Oil shale - alternative to oil. M.: Znanie, 1990, 48 (In Russ.).  
[4] Kotlukov V.A. Firestone - shale. SPb.: Znanie, 1987, 32 (In Russ.).  
[5] Ginzburg A.I. Atlas petrographic types of oil shale. M.: Nedra, 1991, 116 (In Russ.).  
[6] Ermagambet B.T., Kasenova Zh.M., Kasenov B.K., et al. Development of technology for processing of oil shale deposits Kendyrlyk. Proceedings of the international scientific-practical conference "Problems and prospects of development of the mining industry" theory and practice ". Karaganda, 17-18.09.2013, 45-50 (In Russ.).  
[7] Kasenov B.K., Ermagambet B.T., Ordabaeva A.T., Mustafin E.S. Himijatverdogotopliva, 1995, 1, 44-46 (In Russ.).  
[8] Kasenov B.K., Ermagambet B.T., Makitova G.Zh. idr. Himijatverdogotopliva, 1998, 5, 86-90 (In Russ.).  
[9] Ermagambet B.T., Kasenov B.K., Bekturjanov N.S. i dr. Clean coal technologies: Theory and Practice. Astana-Karaganda: TENGRI, 2013, 276 (In Russ.).  
[10] Kasenov B.K., Ermagambet B.T., Sagintaeva Zh.I. i dr. Himijatverdogotopliva, 2014, 3, 3-4 (In Russ.).  
[11] Kasenov B.K., Ermagambet B.T., Bekturjanov N.S. Promyshlennost' Kazahstana, 2014, 4(85), 54-57 (In Russ.).  
[12] Kasenov B.K., Ermagambet B.T., Sejsenova A.A., Kuanyshbekov E.E., Kasenova Sh.B., Sagintaeva Zh.I. Sb. Materialov II-Vserossijskoj konferencii «Himijaihimicheskajatehnologija: dostizhenija i perspektivy». Kemerevo. KuzGTUim. T.F. Gorbatcheva. 20-21.11.2014, http://science.kuzstu./wp (In Russ.).  
[13] Ermagambet B.T., Kasenova Zh.M., Kasenov B.K. idr. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashchennoj 90-letiju E.A. Buketova. Karaganda. KarGUim. E.A. Buketova. 27-28.03.2015, 164-168 (In Russ.).  
[14] Ermagambet B.T., Kasenova Zh.M., Kasenov B.K. idr. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashchennoj 90-letiju E.A. Buketova. Karaganda. KarGUim. E.A. Buketova. 27-28.03.2015, 12-15 (In Russ.).  
[15] X-ray power date file American Society for Testing Materials (ASTM). 1972 (In Eng.).  
[16] Platunov E.S., Buravoj S.E., Kurepin V.V. idr. Thermophysical measurement and instrumentation. L.: Mashinostroenie, 1986, 256 (In Russ.).  
[17] Tehnicheskoe opisanie i instrukciy po jeksploatacii IT-S-400. Aktubinsk: Aktubinskij zavod «Jetalon», 1986, 48 (In Russ.).  
[18] Robie R.A., Hewingway B.S., Fisher I.K. Thermodynamic Properties of Minerals and Related Substances at 298.15 and (105 Paskals) Pressure and at Higher Temperature. Washington: United States government printing office, 1978, 456 (In Eng.).  
[19] Topor N.D., Suponickij Ju.D. Uspehihimii, 1984, 53, 9, 1425-1462 (In Russ.).  
[20] Kal've Je. Zhurnal fizicheskoy himii, 1959, 33, 6, 1161-1175 (In Russ.).  
[21] Spiridonov V.P., Lopatkin A.A. Mathematical processing of experimental data. M.: Izd-vo MGU, 1970, 221 (In Russ.).

## КЕНДІРЛІК ЖӘНЕ ШҰБАРКОЛ КЕН ОРЫНДАРЫНЫ СЛАНЕЦТЕРІНІҢ ЖЫЛУ СЫЙЫМДЫЛЫҚТАРЫ

Б. Қ. Қасенов<sup>1</sup>, Ж. И. Сагынтаева<sup>1</sup>, Б. Т. Ермагамбет<sup>2</sup>, Ш. Б. Қасенова<sup>1</sup>,  
А. А. Сейсенова<sup>1</sup>, М. А. Нәбиев<sup>3</sup>, А.Т. Ордабаева<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ж. Әбішев атындағы Химия металургия институты, Қарағанды, Қазақстан,

<sup>2</sup>ЖШС «Технологиялар мен көмір химиясы институты», Астана, Қазақстан,

<sup>3</sup>ҚР Органикалық синтез және көмір химиясы институты, Қарағанды, Қазақстан,

<sup>4</sup>ЖШС «Оңолжы», Астана, Қазақстан

**Тірек сөздер:** сланец, Кендірлік, Шұбаркөл, термодинамика, температура.

**Аннотация.** Мақала Кендірлік және Шұбаркөл кен орындары сланецтері жылу сыйымдылықтарын калориметрлік түрфыдан зерттеуге арналған.

Динамикалық калориметрия әдісімен 298,158-473 К аралықта Кендірлік және Шұбаркөл кен орындары сланецтері жылу сыйымдылықтарының температураға тәуелділіктері зерттелінді. Қоңдырығының ауытқу шегі паспорттық мәліметтері бойынша  $\pm 10,0\%$  тең. Алынған нәтижелер негізінде сланецтердің жылу сыйымдылықтарының температураға тәуелділік теңдеулері корытылып шығарылды. Кендірлік және Шұбаркөл кен орындары сланецтерінің құрамдарына химиялық талдау жасалды. Құрамы % -бен: Шұбаркөл үшін  $\text{SiO}_2 = 46,39$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 25,28$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4,16$ ;  $\text{CaO} = 0,87$ ;  $\text{MgO} = 1,56$ ;  $\text{C} = 11,56$ ;  $\text{S} = 0,306$ . Кендірлік үшін  $\text{SiO}_2 = 55,24$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 12,05$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4,08$ ;  $\text{CaO} = 3,69$ ;  $\text{MgO} = 2,40$ ;  $\text{C} = 6,84$ ;  $\text{S} = 0,786$ . ДРОН – 2,0 кондырығысында сланецтерге рентгенфазалық талдау жасалды. Түсіру шарттары:  $\text{CuK}_{\alpha}$  – сәулелену, Ni – фильтр,  $U = 30$  кВ,  $J = 10$  мА, есептегіштің айналу жылдамдығы 2 айн/мин, шкала ауқымы 1000 қарқ./с,  $\tau = 5$  с,  $2\theta = 10-90^{\circ}$ . Рентгенфазалық талдау және нәтижелері сланецтердің химиялық талдауын растайды.

Поступила 29.07.2015 г.