

**B.T. Ermagambet, M.K. Kazankapova, N.U. Nurgaliyev,
Zh.M. Kasenova, A. Sayranbek, L.D. Abylgazina**

LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology", Astana, Kazakhstan

THE PRODUCTION OF POROUS-CARBON MATERIALS FROM BASED ON OIL SHALE OF THE KENDYRLYK DEPOSIT

Abstract. The results of the process for obtaining porous-carbon materials by the method of heat treatment of the Kendyrlık shale are presented, and the possibility of their use as an adsorbent is considered in this article. The composition and physico-chemical properties of products formed during the production of porous carbon materials have been studied by gas chromatography, as well as by thermogravimetric and other methods of investigation. As a result of heat treatment and modification of Kendyrlık shale by soot and carbon nanotubes, porous carbon materials were obtained with high adsorption properties, which in turn provide the possibility of their practical application in the process of wastewater treatment from oil products, surfactants and heavy metals.

Key words: Shale, Kendyrlık, adsorbent, carbonization, activation.

УДК 661.183.3

**Б.Т. Ермағамбет, М.Қ. Қазанқапова, Н.У. Нурғалиев,
Ж.М. Касенова, А. Сайранбек, Л.Д. Абылғазина**

«Көмір химиясы және технология институты» ЖШС, Астана қ., Қазақстан

«КЕНДІРЛІК» КЕНІШІНЕН АЛЫНҒАН ТАҚТАТАС НЕГІЗІНДЕ КЕУЕКТІ-КӨМІРТЕКТІ МАТЕРИАЛДАРДЫ АЛУ

Аннотация. Ұсынылған жұмыста «Кендірлік» кенішінен алынған тақтатас минералын термоөңдеу арқылы кеуекті-көміртекті материалдарды алу үдерісі және адсорбент ретінде қолдану мүмкіндіктері қарастырылды. Кеуекті-көміртекті материалдарды алу үдерісі барысында түзілген өнімдердің құрамы, физика-химиялық қасиеттері газ хроматография, термогравиметрия т.б талдау әдістер арқылы зерттелді. Зерттеу нәтижесінде Кендірлік тақтатасын термоөңдеу, сонымен қатар күйе және көміртекті нанотүтікшелермен модификациялау арқылы жоғары адсорбциялық қасиеті бар кеуекті-көміртекті материалдар алынып, ағынды суды мұнай өнімдерінен, беттік активті заттардан, ауыр металдардан тазарту мүмкіндіктері анықталды.

Тірек сөздер: тақтатас, Кендірлік, адсорбент, карбонизация, активация.

Кіріспе. Жиі қолданылатын көміртекті материалдар көп жағдайларда процестің технологиялық талаптарына жауап бермейді, оларды пайдалану экономикалық тұрғыдан тиімсіз болып табылады, өйткені ресурстық базасы төмен, құны жоғары. Сондықтан, қазіргі уақытта ғалымдар мен технологтардың алдында тұрған ең өзекті міндеттердің бірі - өнеркәсіптік шикізаттың қолжетімді түрлерін пайдаланып, кешенді шикізатты өңдеу технологиясын дамыта отырып, тиімді әрі арзан табиғи көміртек материалдарды қолдану болып табылады. Көміртек құрамды материал алу үшін перспективті шикізат ретінде жергілікті минералды – жаңғыш тақтатас және көмірді атап кетуге болады.

Табиғи минералды ресурстарды кешенді түрде пайдалану қазіргі заманның өзекті мәселесі. Қазақстан тақтатас пен көмірдің кен орындарына бай. Олар суды, ауаны тазалайтын сорбент жасауда қауіпсіз материал болып табылады. Бірақ бұл материалдардың сорбциялық қасиеттері аса

жоғары емес, сондықтан оларды химиялық модифицирлеу, өңдеу қажеттілігі туындайды. Өңдеу нәтижесінде бастапқы материалмен салыстырғанда әлдеқайда жақсы қасиеттер пайда болады: механикалық берік, мөншікті беттік ауданы үлкен, кеуекті т.б. Бұл өз кезегінде нақты талапты шешу үшін қолданылатын, алдын-ала физика-химиялық және технологиялық қасиеттері бар жаңа материалдарды алуға мүмкіндік береді.

Жанғыш тақтатас бейорганикалық және органикалық заттардың қосындысынан тұрады. Оның құрамы негізінен бейорганикалық заттардан (60-80 %): кальцит, доломит, гидрослюд, монтмориллонит, кварц, дала шпаты, пирит т.б. минералдарынан тұрады. Сонымен қатар стронций, ваннадий, молибден, рений сияқты элементер де кездеседі. 5-30 % массасын органикалық заттар құрайды: кероген – жоғары молекулалы полимерлі органикалық материал, әр түрлі мономерлердің қосындысы болып табылады. Керогеннің құрамында сутегі (8,15-11 %), көміртегі (66,5-79,7 %), оттегі (5-12 %) және де көп мөлшерде ұшқыш заттар (90 % дейін) кездеседі. Кероген жанғанда бөлінетін жылу 29-37 МДж/кг. Тақтатасты өңдеу кезінде метан, этан, пропан сияқты газдар бөлінеді [1,2]. Сондықтан да соңғы жылдары тақтатасты газ қарапайым табиғи газдың қажеттілігін қанағаттандыру үшін үлкен қызығушылық тудырып отыр, оған сұраныс әсіресе соңғы жылдары артуда [3].

[4-11] зерттеу жұмыстарында тақтатасты өңдеу нәтижесінде түзілетін қосылыстарды кәдеге жарату нәтижелері келтірілген. Соның бірі брикеттелген отын өндіру, мысалы, қалдықтарды немесе сол сияқты төменгі сортты шикізатты пайдалану өндіріс тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді [12].

Зерттеу жұмыстың мақсаты «Кендірлік» кенішінен алынған тақтатас минералын термиялық өңдеу арқылы кеуекті-көміртекті материалдарды алу үрдісін зерттеп, оларды қоршаған орта объектілерін тазартуда қолдану мүмкіндігін зерттеуге негізделген.

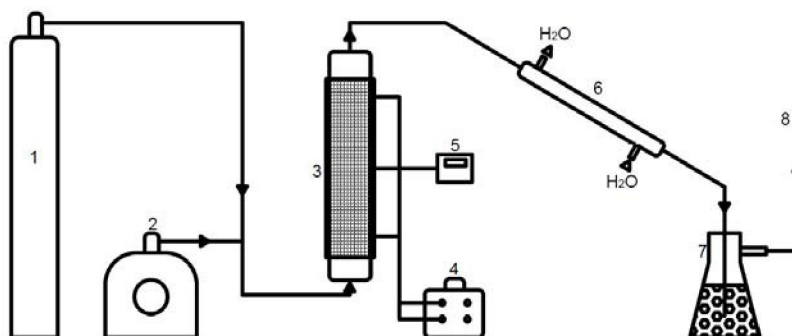
Тәжірибе. Зерттеуде сорбенттерді алудың, олардың физика-химиялық және негізгі адсорбциялық қасиеттерін анықтайтын әдістер қолданылды: тервогравиметриялық талдау; газ хроматография; сорбент кеуегінің жалпы көлемін, тығыздығын, метилоранж бойынша адсорбциялық белсенділігін анықтайтын т.б әдістер қолданылды.

Бастапқы шикізат ретінде Қазақстанда табиғи қоры бай тақтатас минералы қолданылды. Оларды карбонизациялау, активациялау жолымен: активтендірілген тақтатас, тақтатас күлі, активтендірілген тақтатас : көмір (1:1) және күйе, КНТ нанобөлшектермен модификациялау арқылы кеуекті композициялық наноматериалдар: активтендірілген тақтатас:күйе (10:1), тақтатас күлі:күйе (10:1), активтендірілген тақтатас : КНТ (25:1) қолданылды. 1 - суретте алынған адсорбенттер келтірілген.



Сурет 1- Адсорбенттер: а - тақтатас; б - тақтатас күлі; в - активтендірілген тақтатас; г -тақтатас:күйе (25:1); д - тақтатас күлі:күйе (10:1); е - активтендірілген тақтатас: күйе (10:1)

Үлгілер үгітетін аппаратта өлшемі 0,1 мм дейін ұсақталды. Брикеттер зертханалық престо «ТП-1000» жасалды. Максимальды процестің күші 0,7 KN (700 кг/см²), брикеттің диаметрі 0,8 см. Брикеттерді активтендіру зертханалық реакторда жүргізілді (2-сурет).



Сурет 2- Кеуекті көміртекті материалдарды алуға арналған зертханалық реактор: 1-инертті газ баллоны (Ar), 2-су буын жіберу генераторы, 3-реактор, 4- ЛАТР, 5- терможүп, 6- суытқыш, 7-қабылдағыш, 8- бөлінген газ

Үлгілер реакторға (3) салынып, ЛАТР көмегімен қыздырылды (4). Температура мәні терможүп көмегімен (5) қадағаланды. Үрдіс инертті ортада аргон (азот) қатысында (1) жүргізілді. Активация үрдісінде су буы (2) қолданылды. Бөлінген су буы, газ суытқыш (6) арқылы өткенде конденсацияланып, қабылдағышта шайыр түрінде жиналады.

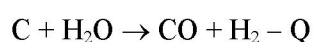
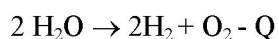
Үлгілерді карбонизациялау инертті ортада 700-750^oC температурада сорбенттің механикалық беріктігін арттыру үшін жасалды. Карбонизация үдерісінде шикізаттан ұшқыш заттар бөлініп, нәтижесінде сорбенттің меншікті бетінің ауданы ұлғаяды. Келесі қадам су буымен активациялау 850-900^oC-та жүргізілді. Судың буымен активтендірген кезде кеуек бетінде судың буы мен өнім арасында химиялық реакция жүріп, нәтижесінде кеуектердің құрылымдары өзгеріп, материалдың ішкі беті ұлғаяды.

Нәтижелер және оларды талқылау. Карбонизация және активация нәтижесінде түзілген газдардың құрамын газ хроматограф «Хромас 1000» аспабында зерттелді. Зерттеу нәтижелері 3-суретте келтірілген.

Зерттеу нәтижесінен, «Кендірлік» кенішінің тақтатасын карбонизация және активация үдерісі нәтижесінде түзілген газдардың негізгі құрамы: оттегі, сутегі, көмірқышқыл газы, азот, метан, көміртек монооксидінен тұратыны анықталды. Байқағанымыздай, газдардың құрамында күкіртсутегі газы жоқ, бұл тақтасты өңдеу арқылы кеуекті материалдарды алу технологиясының экологиялық тұрғыдан қауіпсіздігін арттырады.

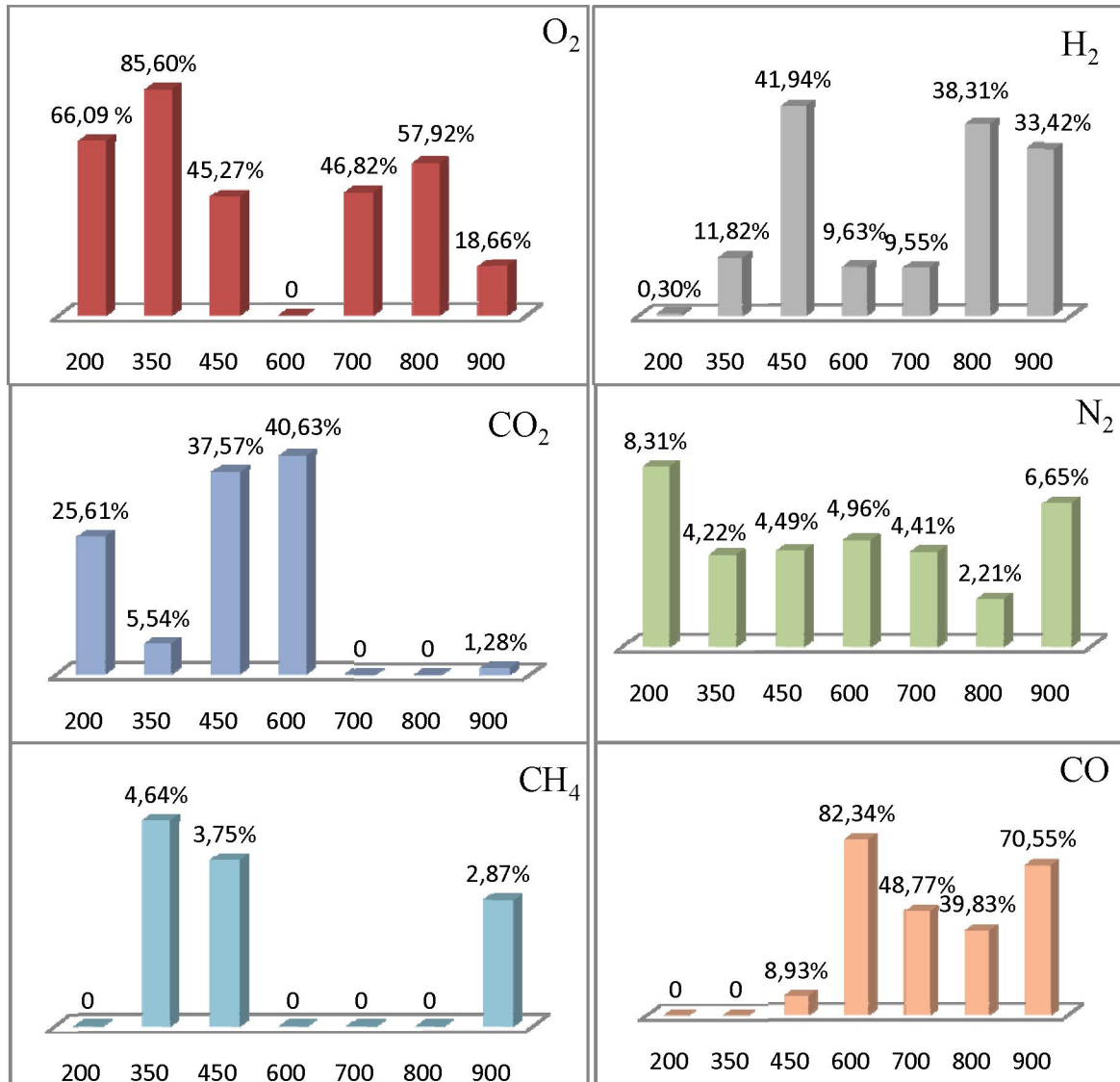
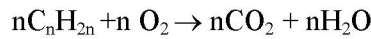
Диаграммадан оттегі мөлшері 350^oC дейін 85,6 % дейін артуын минералдың құрамындағы пирогенді судың және оттек құрамдас органикалық заттардың бөлінуімен түсіндіруге болады. Ары қарай 600^oC дейін оттегінің мөлшері біртіндеп азаяды, яғни құрамындағы органикалық ұшқыш заттардың толығымен бөлінгенін білдіреді. 700^oC бастап оттегі мөлшерінің қайта көтеріліп, бәсеңдеуі осы температурада активация үдерісі үшін су буын берумен және 700-900^oC интервалда минералдың құрамындағы кальцит немесе даломит сияқты бейорганикалық фазалардың ыдырауы жүреді.

Сутегінің мөлшері 450^o C-қа дейін артады (41,9%), мұнда да су мен жеңіл көмірсутекті қосылыстардың ыдырауымен байланыстырамыз. 600-700^oC аралықта мәні 9,5 % жуық төмендейді. Ары қарай мөлшерінің артуы су буын жіберуімізге байланысты артады. Келесі реакциялар жүреді:



Көмірқышқыл газы 600^oC-та 40,63 % құрайды, осы температуралық аралықта тақтатастың органикалық бөлігінің (кероген) ыдырауы нәтижесінде көмірқышқыл газы бөліне бастайды. Температураның жоғары мәндерінде көмірқышқыл газының жойылғанын диаграммадан көреміз,

демек 600⁰С дейін органикалық бөлігі ыдырап, кеуекті материалдың түзілгенін болжауға болады. Келесі реакция жүреді:



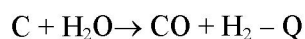
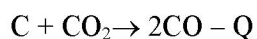
Сурет 3 – Карбонизация және активация үдерісі нәтижесінде түзілген газдардың құрамы

Азоттың мөлшері бастапқы 8,3 % -дан (200⁰С) 2,2 %-ға (800⁰С) төмендейді, себебін гетерогенді әртүрлі қоспалардың ыдырауымен және ұшқыш заттардың түзілуімен түсіндіріледі.

Метанның қарқынды бөлінуі 350-450⁰С байқалады. Осы интервалда тақтатас құрамындағы органикалық бөлігінің ыдырауымен түсіндіріледі және пирогенді судың ыдырауымен түзілген сутегі мен көміртегінің әсерлесу реакциясы нәтижесінде де метан түзіледі. Осы аралықта газ жақсы жанады.



Көміртек монооксиді 600⁰С-тан бастап бөліне бастайды. Осы температурада максималды мәнін көрсетеді - 82,3 %, себебі көмірқышқыл газы да осы температурада ең үлкен мәнін көрсеткен болатын - 40,6%. Төмендегі реакциялар жүреді. Екінші реакция су буымен активация кезінде өтеді.



Тақтатасты термоөңдеу кезінде бөлінген бу-газды қоспа тоназытқыш арқылы өткенде конденсацияланып, қабылдағышта шайыр түрінде жиналады. Бөлінген шайырды экстракциялап, айдау аппаратында фракцияларға бөліп, газ хроматографында «Хромас 1000» құрамы зертелді.

Кесте 1- T<200⁰С тақтатас шайырын айдау кезінде түзілген фракцияның компоненттері

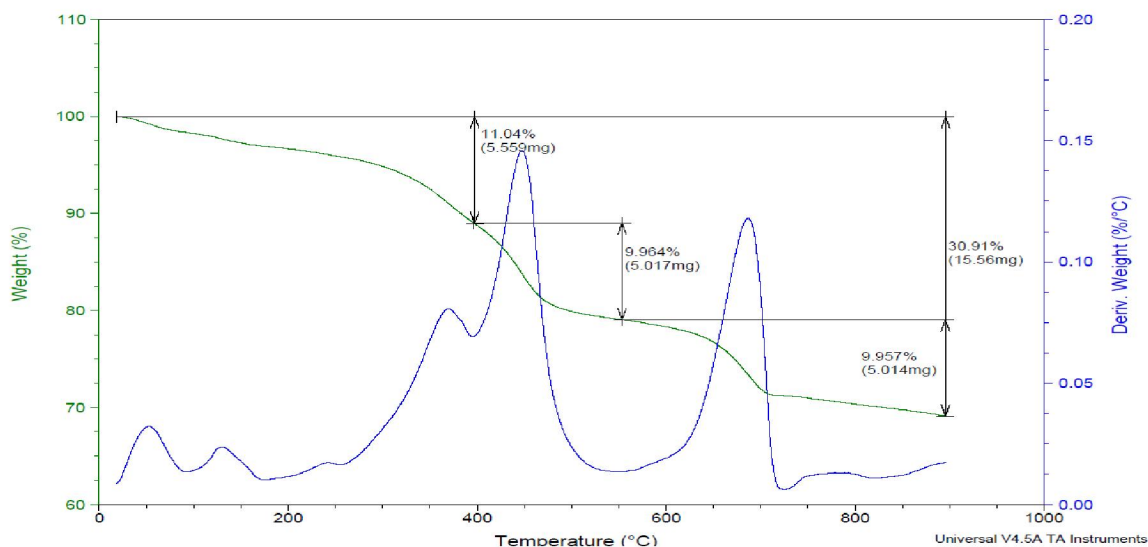
№	Компоненттер	Концентрация, %	№	Компоненттер	Концентрация, %
1	бензол	0.815	17	с-нонен-2	0.454
2	n-гептан	1.980	18	4-этилоктен-3	1.828
3	t-гептен-2	0.422	19	8-метилдецен-2	0.903
4	2.3-диметилгексен-3	7.407	20	4-этилоктан	0.544
5	3-метил-3-этилпентан	0.571	21	5-метилнонан	0.573
6	4-метиленгептан	0.653	22	1t-метил-2-n-пропилциклогексан	0.610
7	n-октан	5.295	23	n-декан	4.205
8	1.2.3-триметилциклопентен	1.008	24	инден	1.092
9	1-(1-метилэтил) циклопентен	0.535	25	3.7-диметилнонан	0.950
10	1.2.3.4-тетраметилциклопентан	0.832	26	n-ундекан	2.205
11	6-метил-октен-1	0.354	27	2-метил-1.4-диэтилбензол	0.638
12	этилбензол	3.168	28	n-додекан	1.410
13	3-метил-3-этилгексан	0.378	29	тридецен-1	0.589
14	1.1.2-триметилциклогексан	2.837	30	n-C19	0.997
15	1t.3-диэтилциклопентан	3.167	31	n-c20	1.183
16	n-нонан	4.944			

Кеуекті – көміртеккі материалдардың физика – химиялық сипаттамалары 2-кестеде келтірілген.

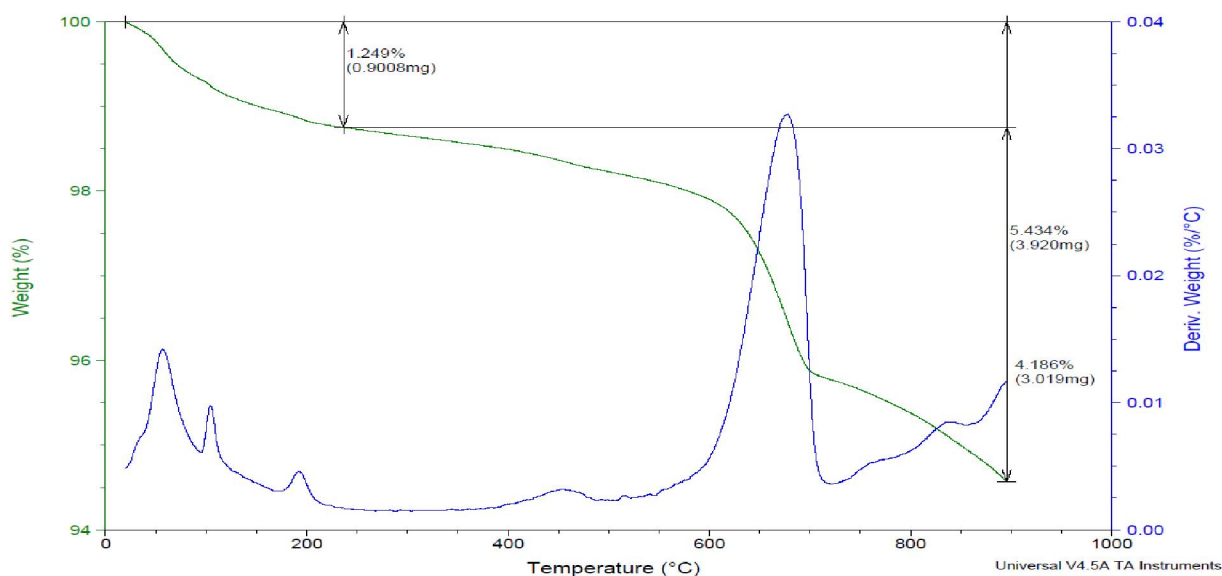
Кесте 2- Кеуекті-көміртеккі материалдардың физика-химиялық қасиеттері

№	Материалдардың атауы	Блғалдылығы (W _t),%	Күлділігі (A ⁺), %	Ұшқыштығы (V ^d), %	Метилоранж бойынша адсорбциялық белсенділігі
1	Активтендірілген тақтатас	0,9309	90,6514	8,4071	25,25
2	Тақтатас күлі	0,4221	84,3801	3,3407	31,3
3	Активтендірілген тақтатас : көмір (1:1)	2,3323	75,6529	23,5177	25,07
4	Тақтатас : күйе (25:1)	0,7851	82,7032	12,8205	28,875
5	Активтендірілген тақтатас: күйе(10:1)	1,2581	88,5697	9,6193	24
6	Тақтатас күлі: күйе (10:1)	0,8417	85,2417	10,8480	28,125
7	Активтендірілген тақтатас : КНТ (25:1)	2,1580	65,8815	29,1645	27,56

Термогравиметрлік әдіспен 25-900⁰С температуралық интервалда 10⁰С/мин қыздыру кезінде тақтатастың масса өзгерісі зерттелді. Зерттеу нәтижелері 4-суретте келтірілген.



Сурет 4- «Кендірлік» кенішінің тақтатасын термогравиметрлік зерттеу қисықтары



Сурет 5- «Кендірлік» кенішінің активтендірілген тақтатасын термогравиметрлік зерттеу қисықтары

«Кендірлік» кенішінің жанғыш тақтатасының масса өзгерісі бес сатыдан тұратыны анықталды. Бұл жоғарғы температурада үлгілердің құрылымы мен қасиеттерінің өзгеруімен түсіндіріледі. Зерттеу нәтижелері бойынша анықталғандай, 25-370⁰С аралықта тақтатастың органикалық бөлігінің (кероген) ыдырауы нәтижесінде газ тәріздес заттар бөліне бастайды (CO₂, H₂S). Пирогенді судың қарқынды бөлінуі 270-290⁰С аралықта жүреді. Аталған 380⁰С дейінгі аралықтағы ұшқыш өнімдер 11,04 % құрайды. 370-500⁰С температурада масса өзгерісін осы интервалда шайырдың (смола) бөлінуімен түсіндіріледі, 350-380⁰С аралықта тақтатастың қатты бөлігі жартылай сұйық күйге ауысады. Ол жалпы мөлшердің 9,964 % құрайды. Бұл сатыны көп жағдайда битумизация үдерісі деп аталады, бұл кезде тақтатас шайырының негізгі массасы бөлінеді. 550⁰С-тан жоғары температурада біршама газ бөлінеді, себебі жартылай кокста сутегі мен оттегінің мөлшері көп емес. Шайырдың бөлінуі болмағандықтан, бұл сатыда ұшқыш компоненттердің мөлшері аз. 700-950⁰С температура интервалында тақтатастың құрамында 50% жуық кездесетін доломит (CaMg(CO₃)₂) немесе кальциттің белсенді ыдырауы жүреді. 550-900⁰С ұшқыш заттардың мөлшері 9,967 % құрады. «Кендірлік» кенішінің тақтатасының құрамында ұшқыш заттардың жалпы пайыздық мөлшері 30,91 % көрсетті.

5-суретте активтендірілген тақтатастың термогравиметрлік зерттеу қисықтары келтірілген. Зерттеу нәтижелері бойынша анықталғандай, ұшқыш заттар 10,86 % құрады. Бастапқы шикізатпен салыстырғанда 3 еседей төмен. Бұл карбонизация және активация нәтижесінде 20,05% органикалық бөлігі ыдырағанын көрсетеді. 200⁰С аралықта масса өзгерісі активтендірілген тақтатастың құрамында қалған органикалық бөлігінің ыдырауы нәтижесінде газтәріздес заттар бөлінуімен және сыртқы ортадан сіңіріп алынған судың бөлінуімен түсіндіруге болады, мөлшері 1,249 % құрады. 370-500⁰С аралықта бөлінетін шайырдың мөлшерін көрсететін шыңның жоғалуы байқалады. Демек, активтендірілген тақтатастың құрамында шайыр толығымен жойылған. 700⁰С-қа дейін бөлінетін ұшқыш заттардың мөлшері 5,434 % құрайды. 700-950⁰С масса өзгерісі минералды бөлігінің ыдырауын көрсетіп, жалпы мөлшердің 4,186 % құрады.

Алынған сорбенттер «Астана су арнасы» ГКП канализациялық суды тазарту мекемесінен механикалық тазарту сатысынан кейін алынған су үлгілерін тазартуда сынақтан өтті.

Үлгілер келесі сорбенттермен тазартылды: активтендірілген тақтатаc «Кендірлік» (№1), тақтатаc күлі (№2), активтендірілген тақтатаc: көмір (1:1) (№3), активтендірілген тақтатаc: күйе (10:1) (№4), активтендірілген тақтатаc: КНТ (25:1) (№5).

Тазарту әдістемесі: колбаларға 10 гр сорбенттен салып, 200 мл-ден ластанған суды құйып, шейкерде бөлме температурасында 1 сағат көлемінде динамикалық режимде 200 айн/мин шайқалды. Артынан статикалық режимде 20 гр сорбентпен толтырылған колонкадан сүзілді. Тазартылып алынған су үлгілері «Астана су арнасы» ГКП канализациялық суды тазарту мекемесіндегі Аналитикалық зертханада сынақтан өтті.

Сорбенттердің тазарту дәрежелері 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3 – Кәріз суын адсорбенттермен тазарту нәтижелері

№	Көрсеткіш атаулары	Сынақ әдістемесінің НҚ	Тазарту дәрежелері, %				
			№1	№2	№3	№4	№5
2	ОБТ ₅ , мгО/дм ³	СТ РК ИСО 5815-1 2010	81,33	80,00	73,33	46,67	69,33
3	ОХТ, мгО/дм ³	СТ РК 1322-2005	53,14	85,77	68,76	59,38	65,62
4	Қалқыма заттар, мг/дм ³	СТ РК 2015-2010	81,74	83,04	80,17	63,48	77,39
5	Хлорид, мг/дм ³	ГОСТ 26449.1-85	6,26	6,26	3,70	3,70	6,26
6	Сульфат, мг/дм ³	ГОСТ 26449.1-85	6,20	9,85	3,28	3,28	3,28
7	Аммонийлі азот, мг/дм ³	ГОСТ 26449.2-85	10,5	-	10,5	-	1,50
8	Нитрит, мг/дм ³	СТ РК 1963-2010	37,27	72,27	52,04	35,00	61,82
9	Нитраты, мг/дм ³	СТ РК ИСО 7890-3-2006	39,65	62,07	31,03	15,51	15,52
10	Темір, мг/дм ³	ГОСТ 26449.2-85	-	71,71	11,18	11,84	4,60
11	Фосфат, мг/дм ³	СТ РК 2016-2010	95,45	95,45	64,39	15,90	-
12	Мырыш, мг/дм ³	-	60,52	52,63	52,63	65,79	55,26
13	БАЗ, мг/дм ³	СТ РК 1983-2010	78,82	44,11	70,22	46,65	28,08
14	Мұнай өнімдері, мг/дм ³	СТ РК 2014-2010	100	91,33	94,28	84,13	88,93

Зерттеу нәтижесі көрсеткендей, бірқатар химиялық көрсеткіштер тазартудан кейін азайған. Әсіресе жоғары тазарту дәрежелері келесі көрсеткіштерге тән: мұнай өнімдері, қалқыма заттар, ОБТ₅, ОХТ. Жоғары тазарту дәрежесін көрсеткен активтелген тақтатаc: мұнай өнімдерін (100 %), фосфатты (95,45 %), қалқыма заттарды (81,74 %), ОБТ₅ (81,33 %), БАЗ (78,82 %) тазартса, тақтатаc күлі: мұнай өнімдерін (91,33 %), фосфатты (95,45 %), қалқыма заттарды (83,04 %), ОБТ₅ (80,00 %), сонымен қатар ОХТ (85,77 %) және темір және нитритті 70% жоғары дәрежеде тазартқан. Күйе және КНТ негізіндегі композитті сорбенттер мырышты (65,79%) және нитритті (61,82 %) тазартқан.

Қорытынды. Зерттеу нәтижесінде Кендірлік тақтатаcын карбонизациялау және активациялау, сонымен қатар күйе және көміртекті нанотүтікшелермен модификациялау арқылы жоғары адсорбциялық қасиеті бар кеуекті-көміртекті материалдар алынып, оларды суды мұнай өнімдерінен, БАЗ, ауыр металдардан тазартуда қолдану мүмкіндігі айқындалды. Зерттеу нәтижесінде алынған мәліметтерге сүйенсек, суды тазартуда тақтатаc негізінде алынған активтелген тақтатаc және тақтатаc күлі жоғары тазарту дәрежесін көрсетті.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Осипов А. М., Шендрик Т. Г., Гришук С. В., Бойко З. В. Проблемы и перспективы использования горючих сланцев в Украине // VIII Всероссийская конференция с международным участием «Горение твердого топлива» Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН. – 13-16 ноября 2012. – С.75.1-75.8.
- [2] Han X. X., Jiang X. M., Cui Z. G. Thermal analysis studies on combustion mechanism of oil shale // *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. - 2006. – Vol. 84. - № 3. - P. 631–636.
- [3] Hasan S.Z., Rasheed M.A., Harinarayana T. Shale Gas: A Non-Conventional Hydrocarbon as Future Energy Resource of India // *Journal geological society of India*. - 2015. - Vol.85. - P. 322-330.
- [4] Назаренко М.Ю., Бажин В.Ю., Салтыкова С.Н., Коновалов Г.В. Изучение физико-химических свойств горючих сланцев // *Кокс и Химия*. – 2014. – № 3. – С. 44–49.
- [5] Зюба О.А., Глушенко О.Н. Обзор современных термических методов переработки горючих сланцев и экологические аспекты их применения // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. – 2012. – Т. 7. – № 4. – С. 52.
- [6] Wang Q., Bai J., Ge J., Wie Y.Z., Li S. Geochemistry of rare earth and other trace elements in Chinese oil shale // *Oil shale*. – 2014. – Vol.31. – № 3. – P. 266–277.
- [7] Стрижакова Ю.А., Усова Т.В., Третьяков В.Ф. Горючие сланцы – потенциальный источник сырья для топливноэнергетической и химической промышленности // *Вестник МИТХТ. Химия и технология органических веществ*. – 2006. – № 4. – С. 76–85.
- [8] Xie Y., Xue H., Wang H., Lie Z., Rang C. Kinetics of isothermal and nonisothermal pyrolysis of oil shale // *Oil shale*. – 2011. – Vol.28. – № 3. – P. 415–424.
- [9] Raado L.M., Rein K., Hain T. Oil shale ash based stone formation – hydration, hardening dynamics and phase transformations // *Oil shale*. – 2014. – Vol.31. – № 1. – P. 91–101.
- [10] Palayangoda S.S., Nguen Q.P. Thermal behavior of raw oil shale and its components // *Oil shale*. – 2015. – Vol.32. – № 2. – P. 160–171.
- [11] Xie F.F., Wang Z., Lin W.G., Song W.L. Study on thermal conversion of Huadian oil shale under N₂ and CO₂ atmospheres // *Oil shale*. – 2010. – Vol.27. – № 4. – P. 309–320.
- [12] Назаренко М.Ю., Кондрашева Н.К., Салтыкова С.Н., Бажин В.Ю. Физические характеристики брикетов, полученных из сланцевой мелочи и древесных опилок // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2016. – Т.327. – №3. – С.67-74.

REFERENCES

- [1] Osipov A. M., Shendrik T. G., Grishchuk S. V., Bojko Z. V. *VIII Vserossiyskaya konferenciya s mezhdunarodnym uchastiem «Gorenie tverdogo topliva» Institut teplofiziki im. S.S. Kutateladze SO RAN, 2012*, 75.1-75.8 (in Russ.)
- [2] Han X. X., Jiang X. M., Cui Z. G. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, **2006**, 84, 3, 631–636 (in Eng.)
- [3] Hasan S.Z., Rasheed M.A., Harinarayana T. Shale Gas: *Journal geological society of India*, **2015**, 85, 322-330 (in Eng.)
- [4] Nazarenko M.YU., Bazhin V.YU. Saltykova S.N., *Koks i Himiya*, **2014**, 3, 44–49 (in Russ.)
- [5] Zyuba O.A., Glushenko O.N. *Neftegazovaya geologiya*, **2012**, 4, 52 (in Russ.)
- [6] Wang Q., Bai J., Ge J., Wie Y.Z., Li S. *Oil shale*, **2014**, 31, 3, 266–277 (in Eng.)
- [7] Strizhakova YU.A., Usova T.V., Tret'yakov V.F. *Vestnik MITHT. Himiya i tekhnologiya organicheskikh veshchestv*, **2006**, 4, 76–85 (in Russ.)
- [8] Xie Y., Xue H., Wang H., Lie Z., Rang C. *Oil shale*, **2011**, 28, 3, 415–424 (in Eng.)
- [9] Raado L.M., Rein K., Hain T. *Oil shale*, **2014**, 31, 1, 91–101 (in Eng.)
- [10] Palayangoda S.S., Nguen Q.P. *Oil shale*, **2015**, 32, 2, 160–171 (in Eng.)
- [11] Xie F.F., Wang Z., Lin W.G., Song W.L. *Oil shale*, **2010**, 27, 4, 309–320 (in Eng.)
- [12] Nazarenko M.YU., Kondrasheva N.K., Saltykova S.N., Bazhin V.YU. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*, **2016**, 327, 3, 67-74 (in Russ.)

**Б.Т. Ермагамбет, М.К. Казанкапова, Н.У. Нурғалиев,
Ж.М. Касенова, А. Сайранбек, Л.Д. Абылгазина**

ТОО «Институт химии угля и технологии», г.Астана, Казахстан

**ПОЛУЧЕНИЕ ПОРИСТО-УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ СЛАНЦА МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КЕНДЫРЛЫК»**

Аннотация. В исследуемой работе представлены результаты процесса получения пористо-углеродных материалов методом термообработки сланца месторождения «Кендырлык» и рассмотрены возможности их использования в качестве адсорбента. Состав и физико-химическое свойство продуктов, образующихся в процессе получения пористых углеродных материалов, изучены методами газовой, жидкостной хроматографии, термогравиметрическими и др. методами исследования. В результате термообработки и модификации наночастицами Кендырлыкского сланца были получены пористо-углеродные материалы с высокими адсорбционными свойствами и обнаружены возможности их использования для очистки сточных вод от нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ и от тяжелых металлов.

Ключевые слова: сланец, Кендырлык, адсорбент, карбонизация, активация.