





Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Ғылым жаршысы: пәнаралық = Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени Сакена Сейфуллина: междисциплинарный. – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2025. -№ 1 (124). - Р. 49-62. - ISSN 2710-3757, ISSN 2079-939X

doi.org/ 10.51452/kazatu.2025.1(124).1819

ЭОЖ 631. 46: [631.862:636.2]

Зерттеу мақаласы

Қоңыр көмір мен одан бөлініп алынған гумин қышқылының физика-химиялық қасиеттерін зерттеу

Парманбек Н.¹ , Касенов Р.З.² , Тиянах С.² , Давренбеков С.Ж.² ,
Болатбай А.Н.² , Тулеуов У.Б.² 

¹Ядролық физика институты, Астана, Қазақстан

²Е.А. Букетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан

Корреспондент-автор: Парманбек Н.: parmanbek.nursanat@gmail.com

Бірлескен авторлар: (1: РК) r_z_kasenov@mail.ru; (2: СТ) saika_8989@mail.ru;

(3: СД) sdavrenbekov@mail.ru; (4: АБ) abylai_bolatbay@mail.ru;

(5: УТ) bekalols1@gmail.com

Қабылданған күні: 12-01-2025 Қабылданды: 28-03-2025 Жарияланды: 31-03-2025

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Күмісқұдық және Кузнецк кен орындарының қоңыр көмірлерін пайдалана отырып, солардан алынған гумин қышқылдарының қасиеттерін салыстырмалы талдау болып табылады.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу жұмысы бойынша инфрақызыл спектроскопия әдісі, элементтік талдау және термогравиметриялық талдау.

Нәтижелер. Екі түрлі кен орындарының гумин қышқылдарына кешенді зерттеу жүргізілді. Бұл олардың химиялық құрамы, функционалдық топтары, термиялық тұрақтылығы және реактивтілігі бойынша айырмашылықтарды анықтауға мүмкіндік берді. Салыстырмалы талдау әрбір кен орнының көмір түзілу геологиялық жағдайларымен байланысты гумин қышқылдарының бірегей ерекшеліктерін көрсетті. Зерттеу барысында карбоксил және гидроксил топтарының санындағы айырмашылықтар анықталды, бұл олардың сорбциялық және комплекс түзу қасиеттеріне тікелей әсер етеді. Бұл кен орындары үшін мұндай айырмашылықтар бұрын егжей-тегжейлі зерттелмеген. Сонымен қатар, зерттеу екі кен орнының гумин қышқылдарының экологияда, агрохимияда ауыл шаруашылығында және ағынды суларды тазартуда қолдану мүмкіндігі жоғары екенін көрсетті, бірақ олардың тиімділігі кен орны мен функционалдық топтардың құрамына байланысты әртүрлі болуы мүмкін.

Қорытынды. Бұл нәтижелер гумин қышқылдары негізіндегі технологияларды дамытудың жаңа перспективаларын ашады және геологиялық факторлардың олардың химиялық құрылымы мен қасиеттеріне әсерін жақсы түсінуге мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: қоңыр көмір; гумин қышқылдары; Күмісқұдық кен орны; Кузнецк кен орны; функционалды топтар; инфрақызыл спектроскопия.

Кіріспе

Гумин қышқылдары органикалық заттардың табиғи ыдырауы кезінде түзілетін және топырақтағы, көмірдегі және шымтезектегі гумустың маңызды құрамдас бөлігі болып табылатын күрделі жоғары молекулалы органикалық қосылыстар. Олардың бірегей химиялық және физика-химиялық қасиеттері бар, бұл оларды ауыл шаруашылығы, экология, медицина және химия өнеркәсібі сияқты әртүрлі салаларда пайдалану үшін перспективалы етеді. Гумин қышқылдары сорбциялық және комплекс түзу қабілеттеріне байланысты топырақ сапасын жақсарту, ағынды

суларды тазарту процестерінде, сондай-ақ, қоршаған ортадан улы металдарды байланыстыру және жоюда маңызды рөл атқарады [1, 2].

Қоңыр көмір – гумин қышқылдарының негізгі көздерінің бірі, өйткені ол органикалық заттарға бай және көп мөлшерде болады. Гумин қышқылдарының химиялық құрамы мен қасиеттері көмірдің геологиялық шығу тегіне және оның түзілу жағдайларына байланысты айтарлықтай өзгеруі мүмкін екенін атап өткен жөн [3]. Осыған байланысты, әртүрлі кен орындарынан көмірден бөлініп алынған гумин қышқылдарының қасиеттерін зерттеу кезек күттірмейтін мәселе болып табылады, өйткені бұл олардың потенциалдық айырмашылықтарын анықтауға және оларды қолданудың ең жақсы аймақтарын анықтауға мүмкіндік береді [4].

Бұл зерттеудің мақсаты Күмісқұдық және Кузнецк кен орындарының қоңыр көмірінен алынған гумин қышқылдарын салыстырмалы талдау болып табылады. Жұмыс барысында гумин қышқылдарының физика-химиялық сипаттамаларын зерттеу, олардың функционалды топтарын анықтау, сонымен қатар, олардың сорбциялық қасиеттерін бағалау көзделген. Мұндай зерттеулерді жүргізу гумин қышқылдарының табиғатын жақсы түсінуге ғана емес, сонымен қатар, оларды өнеркәсіпте және экологияда қолданудың жаңа мүмкіндіктерін ашуға мүмкіндік береді [5, 6].

Осылайша, бұл зерттеу көмір түзілу жағдайларының гумин қышқылдарының қасиеттеріне әсерін зерттеуге бағытталған, бұл оларды алуды оңтайландыру және әртүрлі салаларда пайдалану технологияларын әзірлеу үшін маңызды [7].

Материалдар мен әдістер

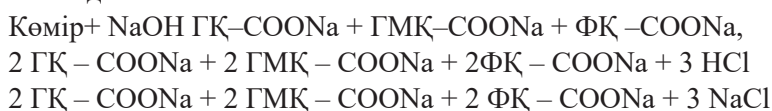
Зерттеу нысандары Күмісқұдық және Кузнецк кен орындарынан алынған қоңыр көмір үлгілері болып табылады. Бұл үлгілер белгілі бір физика-химиялық қасиеттерімен сипатталатын көмір ресурстарын білдіреді, бұл оларды гумин қышқылдарын алу және олардың әртүрлі салаларда, соның ішінде ауыл шаруашылығы мен экологияда әлеуетті қолданылуын бағалау аясында зерттеу үшін перспективалы етеді. Бұл үлгілерді зерттеу қоңыр көмірдің құрамы мен құрылымын, сондай-ақ гуминді заттарды алу процесінде оның әртүрлі реагенттермен әрекеттесуін тереңірек түсінуге мүмкіндік береді [8, 9, 10].

Күмісқұдық көмір кені - Қазақстандағы ірі көмір өндіретін кәсіпорындардың бірі. Оны «Sat Komir» тау-кен компаниясы» акционерлік қоғамы әзірлеуде. Бұл көмір кеніші Қарағанды облысы Бұқар жырау ауданының аумағында, Қарағанды қаласынан шығысқа қарай 35 шақырымдай тұзу сызықта орналасқан. Негізгі тау-кен өнімі - Б-3 қоңыр көмірі болып табылады.

Кузнецк көмір кені де Қазақстандағы маңызды көмір өндіру кәсіпорны болып табылады және оны осы аттас компания игереді. Қарағанды облысының Бұқар жырау ауданында, Қарағанды қаласынан шығысқа қарай 35 шақырым жерде орналасқан. Кузнецк көмір кені елдегі ең ірі он көмір өндіруші кәсіпорнының бірі болып табылады, сонымен қатар Б-3 қоңыр көмірді өндіруші ретінде танымал болып табылады.

Үлгіні дайындау және шикізатты талдау. Зерттеудің бастапқы кезеңінде гумин қышқылдарын алу үшін бастапқы материал ретінде Күмісқұдық (KUM) және Кузнецк (KUZ) кен орындарынан алынған қоңыр көмір үлгілері пайдаланылды. Бетінің ауданын ұлғайту және гумин қышқылдарын экстракциялау тиімділігін арттыру үшін әрбір сынама «Вибротехник ШД-6» ұсақтағышында 0,5-1 мм фракцияға дейін алдын ала ұсақталды. Ылғалды кетіру үшін көмір үлгілері пеште 8 сағат бойы 80 °С температурада кептірілді.

Сулы-сілтілі әдісті қолданып көмірден гумин қышқылын алу. Қоңыр көмірден гумин қышқылдарын бөліп алу үшін қышқыл ортада гумин қышқылдарын тұндыру негізінде натрий гидроксиді (NaOH) көмегімен сулы-сілтілі әдіс қолданылды. Гумин қышқылдары NaOH реакциясы арқылы бөлініп алынды және олардың тұндыру арқылы бөлінуі келесі теңдеумен сипатталады:



Гумин қышқылдары көмір үлгілеріне NaOH қосу және кейіннен қышқыл реагентпен тұндыру арқылы экстракцияланды. Экстракция процесінде 250 см³ колбаға 0,0001 г дәлдікпен 10,0–20,0 г көмір салынып, 100 см³ 4% натрий гидроксиді ерітіндісі қосылды. Қоспа 80 °С температураға дейін қыздырылып, шайқағышта 2 сағат бойы араластырылды. Алынған қоспа сүзгіден өткізілді немесе ерітілмеген көміртеқ қалдықтарын бөлу үшін центрифугаланды, содан кейін олар аз мөлшерде сілтілі ерітіндімен жуылды. Қалған көмір кептіріліп және әрі қарай талдау үшін өлшенді. Алынған ерітіндінің көлемі өлшеніп, сонымен қатар соңғы өнімдегі гумин қышқылдарының мөлшері бағаланды.

Гумин қышқылы қоспаның рН мәнін 2-3 деңгейінде сақтай отырып, 5% HCl ерітіндісінде тұндырылды. Қоспаны тұндыру үшін ерітінді 60 мин уақытқа қалдырылып, содан кейін алынған гумин қышқылы тұнбасы алдын ала өлшенген сүзгі қағазы (көк жолақ) арқылы сүзілді. Қоспалар мен реагент қалдықтарын кетіру үшін тұнба тазартылған сумен мұқият жуылды. Сүзу аяқталғаннан кейін тұнбасы бар сүзгі қағазы Бюхнер воронкасынан абайлап алынып, бірнеше қабаттап бүктеліп, алдын ала кептірілді. Содан кейін тұнба бар сүзгі алдын ала өлшенген стаканға салынып, тұрақты салмаққа жеткенше 80 °С температурада кептіргіш пеште кептірілді. Бұл үрдіс тұнбадан ылғалды толық жоюды қамтамасыз етеді, сонымен қатар, бөлінген гумин қышқылының массасын дәл өлшеуге мүмкіндік береді.

Үлгілердің элементтік құрамы. Үлгілердің элементтік құрамын зерттеу әдістемесі «Elementar Analysensysteme GmbH» (Германия) компаниясы шығарған CHNS-O UNICUBE органикалық элементтік анализаторының көмегімен жүзеге асырылды. Зерттеу жұмысы Назарбаев Университетінің зертханасында жүргізілді. Анализатордың жұмыс істеу принципі классикалық Дюма-Прегль әдісіне негізделген, ол инертті газ ағынында тотықтырғыштың қатысуымен үлгілердің жану үрдісін қамтиды. Жану процесі белгілі бір уақыт ішінде оттегінің тұрақты ағынын қамтитын динамикалық жағдайларда жүзеге асырылды, нәтижесінде көмірқышқыл газы (CO₂), су (H₂O), молекулалық азот (N₂) және күкірт диоксиді (SO₂) сияқты элементтердің аналитикалық формалары пайда болды. «Mettler Toledo XPR6U Ultra-Microbalance» аналитикалық ультрамикротаразысы үлгілерді дәл өлшеу үшін пайдаланылды. Үлгілер үлгінің жоғалуын болдырмас үшін пинцетпен герметикалық жабылған, қалыңдығы 0,01 мм аз бір рет қолданылатын қалайы қайықтарға орналастырылды.

Салмақ диапазоны: микродан (< 1 мг) макроға (шамамен 1 г) дейін және 15 мг органикалық заттарға дейін қолдану. Элементтердің концентрация диапазоны:

C: 14 мг абсолютті мәнге дейін немесе 0–100% (CN режимінде 0-50 мг*)

H: 2 мг абсолютті мәнге дейін немесе 0–100%.

N: 10 мг абсолютті мәнге дейін немесе 0–100%.

S: 3 мг абсолютті мәнге дейін немесе 0–100%.

O*: 6 мг абсолютті мәнге дейін немесе 0–100%.

Дәлдік: <0,1% үлгі түріне, талдау режиміне және конфигурацияға байланысты абсолютті құрам (біртекті зат). Үлгілерді жағу жоғары температураға төзімді керамикалық жабыны бар ELEMENTAR компаниясының Unicube анализаторында қолданылатын кварц реакторында жүргізілді. Бұл катализаторларды қолданбай-ақ 1150 °С-қа дейінгі температурада жануды жүзеге асыруға мүмкіндік берді. Тотығу колоннасының температурасы 1150 °С, ал тотықсыздану колоннасының температурасы 850 °С болды. Әрбір үлгі үш рет талданды, содан кейін нәтижелер орташа дәрежеде алынды. Elementar Analysensysteme GmbH ұсынған сульфаниламидтік стандарт жабдықтың дәлдігін калибрлеу және тексеру үшін пайдаланылды. Өлшемдер кезінде 4x4x11 мм өлшемді қалайы қайықтар және тазалығы жоғары газдар: гелий (99,9999%) және оттегі (99,9999%) пайдаланылды. Негізгі стандарт: ASTM D5373 болып табылды. Көмір талдау үлгілеріндегі көміртекті, сутегіні және азотты және көмір мен коксты талдау үлгілеріндегі көміртекті анықтаудың стандартты сынақ әдістері. Бұл стандарт жану технологиясын қолдана отырып, көмір және кокс үлгілеріндегі көміртегі, сутегі және азотты анықтауды қамтиды.

Тәжірибелер үш рет қайталанып орындалды. Статистикалық мәліметтерді өңдеу үрдісі SPSS (26.0 нұсқасы) және Excel бағдарламаларында жүзеге асырылды. Айырмашылықтардың маңыздылығын тексеру үшін t-Student және χ^2 сынақтары қолданылды, сонымен қатар талдау жұмысы көп сызықтық регрессия әдісі арқылы жүргізілді.

Нәтижелер және талқылау

Үлгілердің элементтік құрамына талдау. CHNS-O UNICUBE (Elementar Analysensysteme GmbH) элементтік анализаторының көмегімен әртүрлі үлгілерде көміртегі (C), сутегі (H), азот (N), күкірт (S) және оттегі (O) құрамы анықталды.

Талдау негізінде Кузнецк көмір кенінің қоңыр көмірінің (KUZ-2024 үлгісі) және оның жануынан кейін түзілген күлдің (Zola KUZ-2024 үлгісі) құрамындағы оттегі (O), көміртегі (C), сутегі (H), азот (N) және күкірттің (S) орташа мәндері алынды. Алынған мәліметтер 1-кестеде берілген.

1-кесте – Кузнецк көмір кенінің қоңыр көміріндегі және оны жағудан алынған күлдегі оттегі (O), көміртегі (C), сутегі (H), азот (N) және күкірттің (S) орташа мәндері

№	Атауы	Оттегі (O), %	Көміртегі (C), %	Сутегі (H), %	Азот (N), %	Күкірт (S), %
1	KUZ-2024	25,07	56,02	5,085	0	0,155
2	Zola Kuz-2024	11,56	12,33	0,16	0,43	0

1-кестедегі мәліметтерде көрсетілгендей, Кузнецк көмір кенінің қоңыр көмірі көміртегінің жоғары құрамымен (56,02%) ерекшеленеді, бұл оның жоғары жылу құндылығын растайды және оның бұл қасиеті оны отын ретінде пайдалануға жарамды етеді. Оттегінің (25,07%) және сутегінің (5,085%) жоғары болуы жану процесінде оның тиімділігін арттыратын ұшқыш заттардың көп мөлшерінің және жану кезінде жоғары реактивтіліктің болуын көрсетеді [11]. Үлгіде азоттың болмауы азот оксидтері (NO_x) сияқты азотты қосылыстардың түзілу қаупінің төмендігін көрсетеді, бұл оны пайдаланудың экологиялық қауіпсіздігіне оң әсер етеді. Күкірттің төмен мөлшері (0,155%) күкірт диоксиді (SO_2) шығарындыларының төмен ықтималдығын көрсетеді, дегенмен жану кезіндегі SO_2 шығарындыларын бақылау ауаның ластануын болдырмау үшін маңызды болып қала береді.

Күл үлгісінде бастапқы көмірмен салыстырғанда оттегі (11,56%-ға дейін), көміртегі (12,33%-ға дейін) және сутегі (0,16%-ға дейін) мөлшері айтарлықтай төмендеген. Бұл оттегі мен сутегінің көп бөлігі көмірқышқыл газы (CO_2) және су буы (H_2O) сияқты жану газдары ретінде шығарылғанын көрсетеді. Күлдегі көміртегінің мөлшері 12,33% қалдық органикалық заттардың болуын көрсетеді, бұл күлді органоминаралды тыңайтқыштардың құрамдас бөлігі ретінде пайдалану үшін пайдалы болуы мүмкін. Күлдегі азот мөлшері (0,43%) көмірді ауада жағу кезінде азотты қосылыстардың (NO_x) пайда болуы мүмкін екендігімен түсіндіріледі.

Жанудан кейін оттегі мен көміртегі мөлшерінің төмендеуі бұл элементтердің көпшілігінің газ тәрізді жану өнімдеріне өтуімен байланысты болып табылады. Күлдегі көміртегі мөлшері 12,33% деңгейінде қалады, бұл оның толық емес тотығуын көрсетеді, бұл күлді одан әрі пайдалану үшін пайдалы болуы мүмкін. Көмірдегі мөлшері 5,085% болған сутегі күлде толығымен дерлік (0,16%) жоғалады, бұл сутегінің су буы түрінде булануымен байланысты болады. Көмірде 0,155% құрайтын күкірт күлде мүлдем жоқ, бұл оның жану кезінде SO_2 сияқты газ тәрізді қосылыстарға буланып кететінін көрсетеді.

Қоңыр көмірді жағудан кейін пайда болған күлдің органоминаралды мелиоранттардың құрамдас бөлігі ретінде пайдалану мүмкіндігі бар. Көміртегі мен азоттың қалдықтары оның құрылымын жақсарту арқылы топырақ құнарлылығын арттыруға көмектеседі [12]. Күлдегі күкірттің болмауы экологиялық тұрғыдан оң фактор болып табылады, өйткені күкірттің жоғары мөлшері топырақтың қышқылдануына әкелуі мүмкін. Күлдің құрамындағы сутегі мен оттегінің аз болуы оның минералдық қасиетін көрсетеді, бұл топырақтың физикалық-химиялық сипаттамаларына да оң әсер етуі мүмкін.

Осылайша, Кузнецк көмір кеніндегі қоңыр көмір күлін топырақты жақсарту үшін пайдалануға болады, алайда оның жарамдылығын түпкілікті бағалау үшін ауыр металдар мен улы элементтердің болуы туралы қосымша зерттеулер қажет болып табылады.

Кезекті сатыда Күмісқұдық көмір кенінің қоңыр көмірінің элементтік құрамын талдау оның негізгі құрамдас бөліктеріне көміртегі (C), оттегі (O), сутегі (H), азот (N) және күкірт (S) кіретінін көрсетті. 2-кестеден көрініп тұрғандай, үлгілердегі көміртегінің орташа мөлшері 50,855% құрады,

бұл осы аймақ үшін төмен сұрыпты қоңыр көмірдің типтік сипаттамаларын растайды. Бұл көміртегі мөлшері көмірдің жоғары жылу құндылығын көрсетеді, өйткені көміртегі отынды жағу кезінде энергияның негізгі көзі болып табылады. Дегенмен, оттегінің айтарлықтай мөлшерінің болуы (25,07%) көмірдің құрамындағы жоғары ылғалдылық пен оттегі бар қосылыстарды көрсетеді, бұл оның энергия тиімділігін төмендетуі мүмкін.

2-кесте – Күмісқұдық көмір кенішінің қоңыр көміріндегі және оны жағудан алынған күлдегі оттегінің (O), көміртегінің (C), сутегінің (H), азоттың (N) және күкірттің (S) орташа мөлшері

№	Атауы	Оттегі (O), %	Көміртегі (C), %	Сутегі (H), %	Азот (N), %	Күкірт (S), %
1	Kum-2024	25,07	50,855	5,294	0,455	0,138
2	Zola Kum-2024	11,56	11,14	0,136	0,36	0

Үлгінің сутегі мөлшері 5,294% құрайды, бұл да жылу құндылығына әсер ететін маңызды фактор болып табылады. Сутегі жанған кезде көп мөлшерде энергия бөледі, сондықтан оның көмірде болуы оның энергетикалық сипаттамаларына оң әсер етеді. Азот мөлшері 0,455% құрады, оны төмен деп санауға болады. Бұл көмірдің экологиялық сипаттамаларына оң әсер етеді, өйткені құрамында азоты жоғары көмірді жағу кезінде қоршаған ортаны ластау көздері болып табылатын азот оксидтері пайда болады. Күмісқұдық кенішіндегі қоңыр көмірдегі күкірт деңгейі 0,138% құрады, бұл айтарлықтай төмен көрсеткіш болып табылады. Бұл көмірді экологиялық қолайлы отынға айналдырады, өйткені оның құрамындағы күкірттің төмен мөлшері көмірді жағу кезінде қышқылдың тұнбасының негізгі көзі болып табылатын күкірт оксидтерінің (SO_x) түзілуін азайтады.

Көмір күлін талдау көміртегінің 11,14%-ға дейін айтарлықтай төмендеуін көрсетті, бұл жану кезінде органикалық заттардың едәуір бөлігі жанып кеткенін көрсетеді. Сонымен қатар, күлдегі сутегі мен күкірттің мөлшері минималды болып табылып, бұл олардың жоғары күйіп қалу дәрежесін растайды.

Сонымен, алынған мәліметтер бойынша Күмісқұдық көмір кенінің қоңыр көмірінің элементтік құрамын талдау негізінде мынадай қорытынды жасауға болады:

- Көмір көміртегінің жоғары мөлшерімен сипатталады (шамамен 51%), бұл оның жоғары жылу құндылығын көрсетеді. Дегенмен, салыстырмалы түрде жоғары оттегі мөлшері (25%) энергетикалық салада көмірді пайдалану тиімділігін төмендетуі мүмкін айтарлықтай ылғалдың болуын көрсетеді.

- Күкірттің (0,138%) және азоттың (0,455%) төмен болуы көмірді жанған кезде ластаушы заттардың шығарындыларын барынша азайта отырып, экологиялық таза отынға айналдырады.

- Сутегінің мөлшері 5,294% көмірдің жылулық сипаттамаларына оң әсер етеді, алайда ылғалдылық пен оттегі мөлшері оның энергетикалық құндылығына әсер ететін маңызды факторлар болып қала береді.

- Көмір күлін талдау органикалық компоненттердің жоғары жану дәрежесін және көміртегі, сутегі және күкірт сияқты қалдық элементтердің аз болуын растады, бұл жану процесінің тиімділігін көрсетеді.

Осылайша, Күмісқұдық көмір кенінің қоңыр көмірін, әсіресе, оның құрамындағы күкірт пен азоттың төмендігін ескере отырып, қоршаған ортаға кері әсерін азайтатын энергетикалық салада пайдалану үшін перспективалы отын ретінде қарастыруға болады.

Көмір күлінің құрамы туралы деректер негізінде (Zola Kum-2024 үлгісі) оның минералды органикалық мелиоранттардың құрамдас бөлігі ретінде пайдалануға жарамдылығын бағалауға болады. Көміртегінің мөлшері (C) - 11,14%, бастапқы көмірмен (50,855%) салыстырғанда көміртегінің төмендеуіне қарамастан, күлдегі көміртегі мөлшері айтарлықтай жоғары болып қалады. Бұл органикалық компоненттің сақталуын көрсетеді, ол топырақтың құрылымына оң әсер етеді, оның су ұстау қабілетін арттырады және топырақ микроорганизмдерінің дамуын ынталандырады. Бұл мелиоранттарда күлді пайдалану кезінде топырақ құнарлығын арттырудың маңызды факторы болып табылады. (N) - 0,36%, азоттың болуы, аз мөлшерде болса да, топырақтың азоттық балансын жақсартуға пайдалы болуы мүмкін. Азот - өсімдіктің

маңызды қоректік элементі, тіпті ең аз мөлшерлер дақылдың өсуіне оң әсер етеді. Күлдегі күкірттің болмауы экологиялық тұрғыдан оң аспект болып табылады, өйткені көп мөлшерде күкірт топырақтың қышқылдануына ықпал етуі мүмкін, бұл оның құнарлылығына теріс әсер етеді. Күкірттің болмауы топыраққа кері әсер ету қаупін азайтады және күлді мелиоранттарда қолдануға қауіпсіз етеді [13].

Оттегі (O) мөлшері 11,56%, сутегі (H) мөлшері 0,136% құралады. Бұл мәндер күлде топырақтағы басқа заттармен реакцияға қатыса алатын тотықтырғыш компоненттердің болуын көрсетеді. Дегенмен, олардың төмен мәндері күлдің негізінен топырақтың физикалық құрылымын жақсартатын минералды компонент ретінде әрекет ететінін сипаттайды.

Күмісқұдық көмір кенінің (Zola Kum-2024 үлгісі) көмір күлінің ұсынылған көрсеткіштері оны минералды органикалық мелиоранттар алу үшін пайдалануға болатынын көрсетеді. Күлдің құрамында топырақ құрылымы мен құнарлылығын жақсарту үшін жеткілікті көміртегі бар. Күкірт пен азоттың төмен мөлшері оны ауыл шаруашылығында қолдануға қауіпсіз етеді. Күлдің ауыл шаруашылығында қолдануға жарамдылығын неғұрлым толық бағалау үшін ауыр металдардың және басқа ықтимал улы ластаушы заттардың болуына талдау жасау қажет. Бұл элементтер агрономияда күлді пайдалануды айтарлықтай шектей алады және экожүйелер мен өсімдіктердің денсаулығына кері әсер етеді.

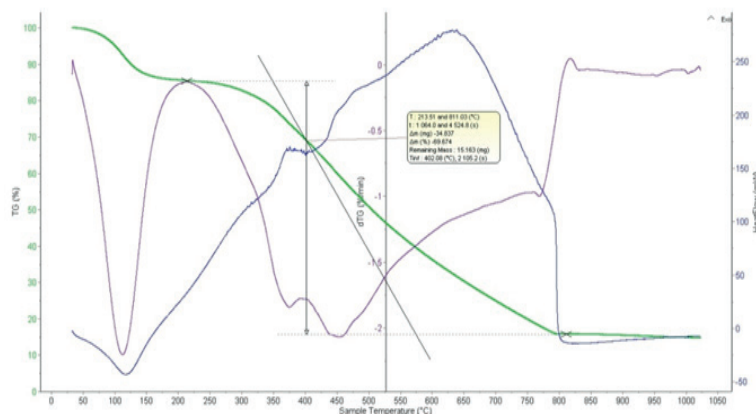
Функционалдық топтарға талдау. Үлгілерде бар функционалдық топтарды анықтау үшін FSM 1202 Фурье-инфрақызыл спектрометрі пайдаланылды. Ол үшін көмір үлгілері ұсақталып, KBr (калий бромидімен) араластырылып, сол арқылы таблеткалар түзілді. Спектрлер 4 см^{-1} рұксатымен $4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$ диапазонында алынды. Карбоксил топтары (-COOH), гидроксил топтары (-OH), ароматты байланыстар (C=C) және алифаттық көмірсутек тізбектері (C-H) сияқты әртүрлі функционалдық топтарға тән сіңіру жолақтарына назар аударылды.



4-сурет – Көмір үлгілерінің ИК-спектрлері

4-суреттен көрініп тұрғандай, $3800\text{--}3600\text{ см}^{-1}$ аймағындағы жолақ көмірдің бетімен байланысты суды немесе химиялық реакциялар кезінде пайда болған гидроксил топтарын көрсетеді. $2000\text{--}1600\text{ см}^{-1}$ диапазонында C=O байланыстарының тербелісімен байланысты сіңірілулер байқалады. Бұл кетондар, альдегидтер немесе карбоксил топтары сияқты карбонилді қосылыстар болуы мүмкін. Көмірлерде мұндай жолақтар тотығу процестеріне қатысатын оттегі бар функционалдық топтардың болуына байланысты пайда болуы мүмкін. $1600\text{--}1300\text{ см}^{-1}$ аймағындағы жолақ ароматты сақиналардағы C–H және C=C байланыстарының деформациялық тербелісіне жауап береді. Көмірдің құрамында ароматты құрылымдардың кең ауқымы бар және бұл диапазон көмірдің көміртекті қаңқасының ароматтық дәрежесін көрсетуі мүмкін. Бұл диапазондағы жолақтар неғұрлым қарқынды болса, ароматты көміртегілер мөлшері соғұрлым жоғары болады. $1000\text{--}750\text{ см}^{-1}$ диапазоны алмастырылған бензол сақиналарының (ароматты көмірсутектер) және сақина жазықтығында C–H тербелістерінің болуын көрсетуі мүмкін. Сондай-ақ, көмірде болса, эфирлер немесе спирттер сияқты құрылымдардағы көміртегі-оттегі байланыстарының тербелісі осы жерде болуы мүмкін.

Термогравиметриялық талдау/Дифференциалды сканерлеуші калориметриялық талдау (ТГ/ DSC). ТГ/DSC талдауы зерттелетін үлгілердің термиялық тұрақтылығын бағалау және қыздыру кезінде олардың ыдырау процесін зерттеу үшін LABSYSTMЕvoTG-DTA/DSC (SETARAM, Франция) құралында жүргізілді. Көмір үлгілері алюминий оксидті тигельдерге салынып, ауа атмосферасында 10 °С/мин тұрақты жылдамдықпен 800 °С температураға дейін қыздырылды. Процесс барысында үлгі массасының өзгерістері өлшенді, бұл органикалық заттардың ыдырауының негізгі кезеңдері өтетін температураларды, сонымен қатар ылғалдың, ұшқыш заттардың, бекітілген көміртегі мен күлдің мөлшерін анықтауға мүмкіндік берді. ТГ талдау сонымен қатар көмірдің органикалық компоненттерінің тұрақтылығын және оның ықтимал реактивтілігін бағалауға мүмкіндік береді.



5-сурет – Күмісқұдық көмірінің ТГ/DSC талдауының нәтижелері

5-суреттен массаның жоғалуының бірінші кезеңі ылғалдың булануына сәйкес келетін 100-150 °С температурада байқалғанын атап өтуге болады. 200-400 °С температурадағы екінші кезең төмен молекулалық көмірсутектер және басқа органикалық қосылыстар сияқты ұшқыш заттардың бөлінуіне сәйкес келеді. Үшінші кезең 400-600 °С температурада көмірдің негізгі органикалық матрицасының ыдырауымен, оның ішінде гуминді заттар мен көмірсутектердің күрделі макромолекулаларының ыдырауымен байланысты болып табылады. 600-800 °С деңгейінде қалған масса минералдық бөліктің (күл) құрамына сәйкес келеді, бұл ТГА талдауынан кейін қалған күлмен де расталды.

Кеуектердің өлшемдері мен көлемін, ылғалдылығы мен тығыздығын анықтау. Тәжірибе барысында Күмісқұдық (KUM) және Кузнецк (KUZ) кен орындарынан алынған көмір үлгілерінің күлділігі мен ылғалдылығының мәндері анықталды. Эксперименттік мәліметтер 3-кестеде берілген.

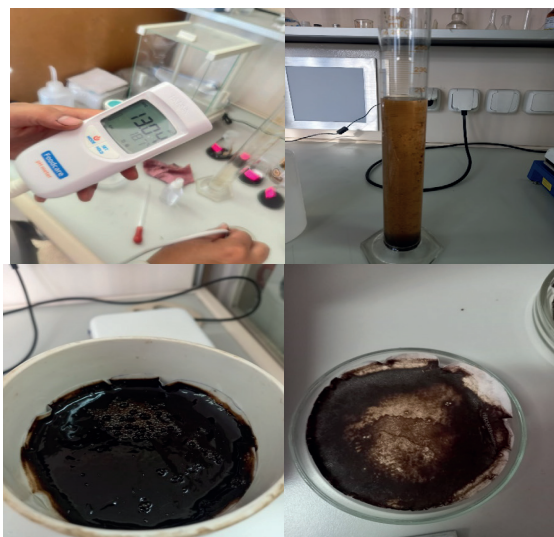
3-кесте – Көмір үлгілеріндегі күлділік және ылғалдылық мөлшері

Күлділігі, Aa, % KUM	Ылғалдылығы, Wa, % KUM
22	8,24
Күлділігі, Aa, % KUZ	Ылғалдылығы, Wa, % KUZ
7,4	9,5

Нәтижелер Күмісқұдық кен орнындағы көмірдің күлділігі 22% болса, ылғалдылығы 8,24% екенін көрсетті. Бұл үлгідегі ұшпа заттардың шығымы 50,86% құрайды. Өз кезегінде Кузнецк кен орнының көмірінің күлділігі айтарлықтай төмен болып шықты – 7,4%, ылғалдылығы 9,5%. Кузнецк кен орнынан алынған сынамалардағы ұшпа заттардың шығымы 47-50% аралығында болды.

Алынған мәліметтер әртүрлі кен орындарының көмірлерінің сипаттамаларында айтарлықтай айырмашылықтар бар екендігін көрсетеді, бұл оларды одан әрі өңдеу және гуминді заттарды алу технологияларын таңдауға әсер етуі мүмкін.

Көмір қалдықтарынан гуминді заттардың сандық шығымдылығын есептеу. 6-суреттен көрініп тұрғандай, тәжірибелердің нәтижесінде сілтілі гидролиздеу әдісін қолдана отырып, Күмісқұдық кен орындарының көмір үлгілерінен гумин қышқылдары алынды. Күмісқұдық кен орнының көмірінің 10 г салмағынан 0,7 г гумин қышқылдары алынды (шығымы 7%).



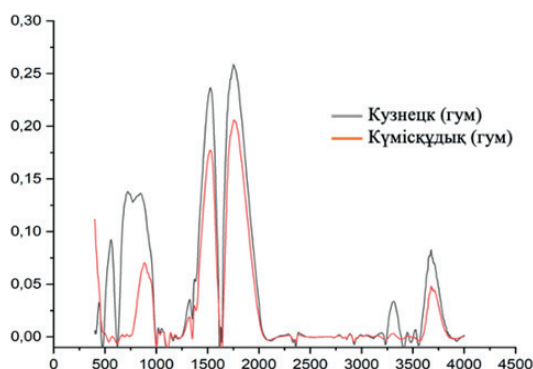
6-сурет – Гумин қышқылдарының қышқылдануы және тұнбаға түсуі

Гумин қышқылын алу технологиясын оңтайландыру шеңберінде технологиялық процестің әртүрлі параметрлері зерттелді: сілтілі ерітінді концентрациясы (1-4%), температура (20-80 °С) және реакция ұзақтығы (30-120 мин). Натрий гуматтарының ең толық бөлінуі 4% сілті ерітіндісін 80 °С температурада және реакция уақыты 120 мин қолданғанда болатыны тәжірибе жүзінде анықталды.

Сілтінің жоғары концентрациясы гумин қышқылдарының толық экстракциясына ықпал етеді, алайда өңдеу температурасын 80 °С-тан жоғары арттыру натрий гуматтары шығымының төмендеуіне (4%-дан 2%-ға дейін) және өнімдер құрамындағы айтарлықтай өзгеріске әкеледі. Бұл карбоксил және полисахарид фрагменттерінің гидролизі мен шаймалануына байланысты ароматты құрылымдардың салыстырмалы құрамын (44–45% дейін) арттырады.

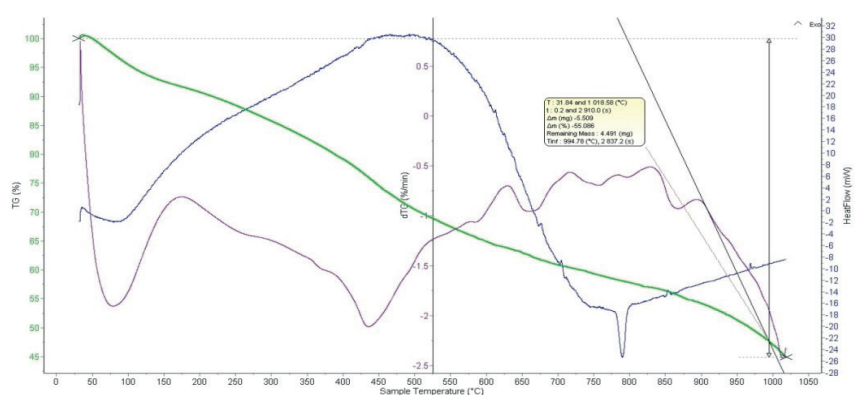
Реакция уақытын 2 сағаттан артық ұзарту гумин қышқылдарының экстракция дәрежесіне айтарлықтай әсер етпейді. Сонымен, гумин қышқылдарын алудың оңтайлы шарттары 4% сілті ерітіндісін 80 °С температурада және реакция уақыты 120 минутта қолдану болып табылады.

Гуминді заттардың құрамын спектроскопиялық бағалау және құрылымдық сипаттамаларын зерттеу. Тәжірибелердің нәтижесінде сілтілі гидролиз әдісін қолдана отырып, Күмісқұдық және Кузнецк кен орындарының көмір үлгілерінен гумин қышқылдары алынды. Гумин қышқылдарының алынған үлгілері ИҚ және ТГ/DSC талдауларымен талданды (7, 8-сурет).

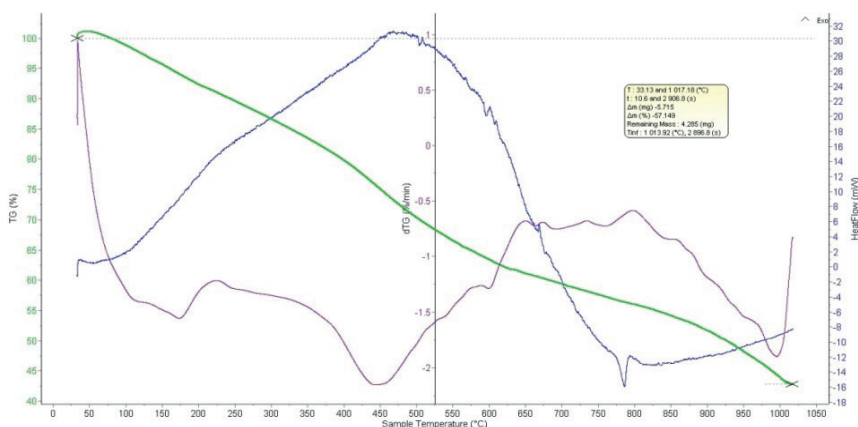


7-сурет – Алынған гумин қышқылдарының ИҚ спектрлері

7-суреттен 3800-3550 cm^{-1} диапазонында О–Н топтарының тербелістеріне байланысты жұтылу жолағы бар екенін көруге болады. Бұл жолақтар гумин қышқылдарының құрылымында болатын гидроксил топтарына (бос суда да, сутектік байланыста да) тән. 2100-1600 cm^{-1} кезінде карбон қышқылдарына, альдегидтерге, кетондарға және күрделі эфирлерге жататын сіңіру жолақтары байқалады. 1600-1250 cm^{-1} диапазоны ароматты С=C байланыстарының тербелісіне жауап береді, бұл олардың құрылымында ароматты сақиналары бар гумин қышқылдарына тән болып табылады. Сондай-ақ мұнда карбоксил және фенол топтарындағы С–О байланыстарының деформациялық тербелістері пайда болуы мүмкін, бұл гумин қышқылдарында күрделі оттегі бар функционалдық топтардың болуын көрсетеді. 1000-600 cm^{-1} кезінде ароматты сақиналардағы С–Н деформация тербелістерімен, сондай-ақ күрделі эфирлер мен эфир топтарындағы С–О–С байланыстарының тербелісімен байланысты жұтылу жолақтарын байқауға болады. Төмен жиілік диапазоны 600-500- cm^{-1} ароматты жүйелердегі С–Н жазықтығынан тыс тербелістермен, сондай-ақ көміртек тізбегіндегі С–С байланыстарының деформациясымен байланысты тербелістермен байланысты болып табылады. Гумин қышқылдарының термогравиметриялық талдауы 1000 °C температураға дейінгі инертті ортада жүргізілді.



(a)



(б)

8-сурет – Гумин қышқылы үлгілерінің ТГ/DSC талдау нәтижелері
 (a) – KUZ; (б) – KUM

30~175 °C диапазонында гумин қышқылдарының термогравиметриялық талдауының қисық сызықтарынан көрініп тұрғандай, қалдық суға байланысты массаның шамалы өзгеруі байқалады. Содан кейін үлгінің ыдырауы екі кезең арқылы жүреді. 200~500 °C температурадағы бірінші кезең өте ұшқыш заттар мен карбоксил, фенол және метокси топтары сияқты функционалды топтардың ыдырауымен бірге жүреді. Ароматты құрылымдармен байланысты шағын органикалық молекулалар да жойылады, нәтижесінде айтарлықтай массалық жоғалтуға әкеледі. Әрі қарай 550~1000 °C температурада тұрақты ароматты құрылымдар мен конденсацияланған полициклді жүйелердің бұзылуы орын алады. Бұл одан әрі массаның жоғалуына және көміртегі

қалдықтарының пайда болуына әкеледі. Негізгі процестерге көміртектену (органикалық заттардың көміртегіге айналуы) және коксқа ұқсайтын тұрақты қалдықтың түзілуі жатады. Бұл кезеңдер жеңіл функционалдық топтардан тұрақты көміртекті құрылымдарға дейінгі гумин қышқылдарының дәйекті термиялық ыдырауын көрсетеді.

Гуминді өнімнің химиялық құрамын анықтау. Келесі сатыда CHNS-O UNICUBE (Elementar Analysensysteme GmbH) элементтік анализаторының көмегімен екі кен орнының қоңыр көмірінен, яғни Күмісқұдық пен Кузнецк кенінің көмірлерінен алынған гумин қышқылдарының (ГК) құрамындағы көміртегі (C), сутегі (H), азот (N), күкірт (S) және оттегінің (O) құрамы анықталды. Бұл зерттеу осы қышқылдардың химиялық қасиеттерін және ауыл шаруашылығында қолдану мүмкіндіктерін бағалауға мүмкіндік беретін элементтік құрамын анықтау үшін жүргізілді [14].

4-кестеде әртүрлі кен орындарынан алынған гумин қышқылдары үшін химиялық элементтердің орташа пайыздық мөлшері көрсетілген.

4-кесте – Гумин қышқылдарындағы оттегінің (O), көміртегінің (C), сутегінің (H), азоттың (N) және күкірттің (S) орташа мөлшері

№	Атауы	Көміртегі (C), %	Сутегі (H), %	Азот (N), %	Күкірт (S), %	Оттегі (O), %
1	Гумин қышқылы (Кузнецк)	49,605	3,071	0,93	0,391	45,263
2	Гумин қышқылы (Күмісқұдық)	46,69	3,079	0,63	0,172	48,26

Кузнецк кен орнының гумин қышқылы Күмісқұдық кен орнындағы (46,69%) қышқылмен салыстырғанда көміртегі мөлшері жоғары (49,605%) мөлшерде екендігі анықталды. Бұл Кузнецк көмірлеріндегі органикалық материалдың ароматтылығының немесе полимерленуінің жоғары дәрежесін көрсетуі мүмкін. Сутегі екі қышқылда бірдей дерлік концентрацияда болады: Кузнецк үшін 3,071%, Күмісқұдық үшін 3,079%. Бұл екі үлгідегі сутегі бар топтардың ұқсас құрылымын көрсетеді. Азоттың концентрациясы да өзгереді: Кузнецк кен орнының гумин қышқылында 0,93%, Күмісқұдық кен орнының қышқылында 0,63% құрайды. Азот мөлшерінің жоғары болуы үлгіде көбірек амин топтары немесе ақуыздардың болуын көрсетуі мүмкін. Кузнецк сынамасында күкірт мөлшері (0,391%) Күмісқұдық үлгісіне (0,172%) қарағанда айтарлықтай жоғары. Күкірттің жоғары концентрациясы сульфидті немесе органикалық күкірт қосылыстарына байланысты болуы мүмкін. Күмісқұдық қышқылының оттегі мөлшері Кузнецк қышқылымен (45,263%) салыстырғанда жоғары (48,26%). Оттегінің жоғары мөлшері заттың қышқылдығы мен реактивтілігін арттыратын карбоксил топтарының болуын көрсетуі мүмкін.

Элементтік талдау нәтижелері бойынша Кузнецк кен орнының гумин қышқылының құрамында көміртегі, азот және күкірт көбірек деген қорытынды жасауға болады, бұл жоғары оттегі мөлшерімен сипатталатын Күмісқұдық кен орнының гумин қышқылымен салыстырғанда оның күрделі құрылымын және потенциалды түрде өзгеше қасиеттерін көрсетуі мүмкін. Құрамның бұл айырмашылығы осы кен орындарындағы көмірлердің түзілу жағдайларының айырмашылығына байланысты болуы мүмкін және олардың қолдану аймақтарына әсер етуі мүмкін.

Көмірдің негізгі құрамын зерттеу бойынша статистикалық өндер деректері жүргізіліп, салыстырылды. Орташа мән (mean) және стандартты ауытқулар (SD) мәндері есептеліп, салыстыру жұмыстары жүргізілді. Пирсон коэффициенті бойынша корреляциялық талдау нәтижелеріне сүйене отырып қорытынды шығарсақ, жану жылуы (MJ/kg) мен көміртек (%) арасында жоғары оң корреляция бар (+0,92), яғни көміртек мөлшері артқанда көмірдің жылу бері қабілеті де артады. Күл (%) мен жану жылуы арасында кері байланыс бар (-0,95), яғни күлдің мөлшері көп болған сайын, жану жылуы азаяды.

Қорытындылай келсек, минералды органикалық мелиоранттарды өндіру үшін Кузнецк кен орнындағы гумин қышқылы ең қолайлы болып табылады. Негізгі себептері төмендегідей:

- көміртегінің жоғары мөлшері (49,605%): Көміртек гумин қышқылдарының органикалық бөлігінің негізін құрайды. Көміртектің жоғары концентрациясы топырақ жағдайында мелиоранттардың органикалық фазасының тұрақтылығына ықпал ететін айқын ароматтылық

пен полимерлену дәрежесін көрсетеді. Гумин қышқылдарының бұл құрылымы ұзақ уақыт бойы топырақ құрылымын жақсартуға және оның құнарлылығын арттыруға ықпал етеді;

- азоттың жоғары мөлшері (0,93%): Азот өсімдіктердің қоректенуінің маңызды элементі болып табылады және оның Кузнецк кен орнының гумин қышқылдарының құрамындағы жоғары болуы минералды органикалық тыңайтқыштар мен мелиоранттар өндірісінде олардың құндылығын арттырады. Азот өсімдіктердің жылдам өсуіне ықпал етеді және топырақтың агрохимиялық қасиеттерін жақсартады;

- күкірт мөлшері (0,391%): Күкірттің жоғары мөлшері кейбір арнайы қолданбалар үшін жағымсыз болуы мүмкін болса да, минералды органикалық мелиоранттар жағдайында бұл артықшылық болып табылады. Күкірт өсімдіктер үшін маңызды амин қышқылдары мен ферменттердің синтезіне қатысады, бұл олардың қоректенуін жақсартуға көмектеседі.

Осылайша, Кузнецк кен орнының гумин қышқылы құрамындағы көміртегі, азот және күкірттің жоғары болуына байланысты элементтік құрамның теңдестірілген болуы оны минералды органикалық мелиоранттардың құрамдас бөлігі ретінде пайдалану үшін перспективалы етеді. Ол топырақтың физикалық-химиялық қасиеттерін тиімді жақсартып, өсімдіктерді қажетті қоректік заттармен қамтамасыз ете алады.

Қорытынды

Кузнецк және Күмісқұдық кен орындарының қоңыр көмірлерінің қасиеттерін зерттеу барысында олардың физикалық-химиялық сипаттамаларын жақсы түсінуге және оның әртүрлі салалар үшін әлеуетті құндылығын бағалауға мүмкіндік беретін маңызды нәтижелер алынды. Күлділік, ылғалдылық және ұшқыш заттар сияқты негізгі көрсеткіштер бұл көмірлердің энергетикалық сала мен өнеркәсіпте пайдалануға жарамдылығын растайды. Талдау нәтижелері Кузнецк пен Күмісқұдық кен орнындағы қоңыр көмірдің төмен күлділігімен және ұшқыш заттардың жоғары шығымдылығымен сипатталатынын көрсетті, бұл оны термиялық өңдеу процестерінде, соның ішінде газдандыру және пиролизде пайдалану үшін перспективалы етеді. Бұл қасиеттер оның химия өнеркәсібінің шикізат көзі ретіндегі, әсіресе синтетикалық газдар мен сұйық көмірсутектерді өндірудегі жоғары мүмкіндігін де көрсетеді. Кузнецк пен Күмісқұдық кен орындарындағы қоңыр көмірдің қасиеттерін элементтік талдау және инфрақызыл спектроскопиясын және термогравиметриялық (ТГ) талдау әдістерін қолдану арқылы зерттеу нәтижесінде көмірдің химиялық құрамы мен құрылымы туралы маңызды деректер алынды. Бұл әдістерді қолдану негізгі функционалдық топтарды анықтауға және оның өндірістік әлеуетін бағалауда маңызды рөл атқаратын негізгі элементтердің мазмұнын анықтауға мүмкіндік берді.

Сонымен қатар сілтілі гидролиз әдісін қолдана отырып, Күмісқұдық және Кузнецк кен орындарының көмір үлгілерінен гумин қышқылдары алынып, келесі сатыда гумин қышқылдарының алынған үлгілері элементтік анализ, ИҚ спектроскопия және ТГ/DSC талдауларымен талданды. Кузнецк және Күмісқұдық кен орындарының қоңыр көмірінің гумин қышқылдарының физика-химиялық қасиеттерін салыстыру осы көмірлердің пайда болу геологиялық жағдайларына байланысты айтарлықтай айырмашылықтарды анықтады.

Элементтік құрамы бойынша Кузнецк кен орнының гумин қышқылдары Күмісқұдық гумин қышқылдарымен салыстырғанда көміртегінің жоғары болуымен және оттегінің аздығымен сипатталады. Бұл Кузнецк көмірінің гумин қышқылдарындағы көмірсутекті құрылымдардың қарқынды ароматизациясы мен конденсациялануын көрсетеді. Құрамындағы функционалды топтар бойынша Күмісқұдық көмірінің гумин қышқылдарының құрамында карбоксил және гидроксил топтары көбірек екендігі, бұл олардың қышқылдығы мен реакцияға қабілеттілігін арттырады. Сонымен бірге Кузнецк кен орнының гумин қышқылдарының құрамында метоксил және фенол топтарының мөлшері жоғары, бұл олардың пісіп-жетілу дәрежесі мен ыдырауға төзімділігін көрсетеді. Термиялық тұрақтылығын салыстыратын болсақ, Кузнецк көмірінің гумин қышқылдары жоғары термиялық тұрақтылықты көрсетеді, бұл ыстыққа төзімді күшті ароматты құрылыммен байланысты болып табылады. Күмісқұдық кен орнының гумин қышқылдары төмен температурада термиялық ыдырау кезінде жойылады, бұл карбоксил және гидроксил сияқты тұрақсыз функционалдық топтардың көп болуымен түсіндіріледі. Осылайша, салыстырмалы талдау арқылы екі кен орнының гумин қышқылдарының көмірлердің геологиялық шығу тегінің айырмашылығымен байланысты бірегей физика-химиялық қасиеттері бар екендігі анықталды.

Авторлардың қосқан үлесі

НП және РК: Зерттеудің тұжырымдамасын жасады және жобалады, жан-жақты әдебиеттерді іздестірді, жиналған деректерді талдады және қолжазбаның жобасын жасады. СТ, СД, АБ және УТ: қолжазбаның соңғы редакциясын және коррекциясын орындады. Барлық авторлар қолжазбаның соңғы нұсқасын оқып, қарады және бекітті.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Зерттеу жұмысы BR24992961 «Ауыл шаруашылығы дақылдары мен топырақ құнарлығын арттыру үшін биожүйелерді қолдана отырып, көмір қалдықтарын органоминералды тыңайтқыштарға қайта өңдеудің жаңа технологияларын жасау» жобасы бойынша мақсатты қаржыландыру бағдарламасы аясында жүзеге асырылды.

Әдебиеттер тізімі

1 Tyanakh, S., et al. (2023). Kinetic of oil sludge thermolysis process in presence of nickel, cobalt and iron-supported microsiliate. *Polish Journal of Chemical Technology*, 25(3), 101-109. DOI: 10.2478/pjct-2023-0030.

2 Baikenov, M., et al. (2024). Viscosity model for the middle fraction of Atasu-Alashankou oil sludge. *Mendeleev Communications*, 3(34), 446-449. DOI:10.1016/j.mencom.2024.04.043.

3 Tyanakh, S., et al. (2022). Kinetics of Thermolysis of a Low-Temperature Tar in the Presence of a Catalyst Agent with Deposited Metals. *Bulletin of the University of Karaganda Chemistry*, 4(108), 89-98. DOI:10.31489/2022Ch4/4-22-19.

4 Muñoz, MS, et al. (2015). Physicochemical characterization, elemental speciation and hydrogeochemical modeling of river and peloid sediments used for therapeutic uses. *Applied Clay Science*, 104, 36-47. DOI: 10.1016/j.clay.2014.11.029.

5 Chen, Y., et al. (1976). *Use of the scanning electron microscope for structural studies on soil and soil components*. In: Scanning Electron Microscopy. Proc. Workshop on Techniques for Particulate Matter Studies in SEM, 425-432.

6 Кайырбеков, Ж. (2014). Переработка твердых горючих ископаемых. Алматы: BTS Print.

7 Kairbekov, Zh., et al. (2023). Antioxidant Activity and Bioavailability of Humic Substances of Low-Mineralized Sulphide Mud. *Engineered Science*, 25, 941-941. DOI: 10.30919/es941.

8 Dzheldybaeva, I., et al. (2022). Physicochemical and Antioxidant Properties of Humic Substances from Coals of the Oy-Karagay and Kiyakty Deposits in the Republic of Kazakhstan. *Solid Fuel Chemistry*, 56, 471-477. DOI: 10.3103/S0361521921060033.

9 Kairbekov, Zh., et al. (2014). Integrated Processing of Brown Coal from Central Kazakhstan. *Bulletin of the Kazakh National University*.

10 Арзиев, ЖА. (2002). Угли Кыргызстана как основа для получения гуминовых удобрений и стимуляторов роста растений. *Современные проблемы науки и техники*, 1, 34-38.

11 Feng, X., et al. (2024). Preparation of Humic Acid from Weathered Coal by Mechanical Energy Activation and Its Properties. *Minerals*, 14(7). DOI:10.3390/min14070648.

12 Ismailov, B., et al. (2023). Methods for Obtaining Phosphorus-Containing Fertilizers Based on Industrial Waste. *Inorganics*, 11: 6, 1-12. DOI:10.3390/inorganics11060224.

13 Das, T., et al. (2021). Coal-Derived Humic Acid for Application in Acid Mine Drainage (AMD) Water Treatment and Electrochemical Devices. *International Journal of Coal Science & Technology*, 8(6), 1479-1490. DOI:10.1007/s40789-021-00441-5.

14 Das, T., et al. (2015). Characterizations of Humic Acid Isolated from Coals of Two Nagaland Coalfields of India in Relation to Their Origin. *Journal of the Geological Society of India*, 86(4), 468-474. DOI:10.1007/s12594-015-0334-0.

References

1 Tyanakh, S., et al. (2023). Kinetic of oil sludge thermolysis process in presence of nickel, cobalt and iron-supported microsiliate. *Polish Journal of Chemical Technology*, 25(3), 101-109. DOI: 10.2478/pjct-2023-0030.

- 2 Baikenov, M., et al. (2024). Viscosity model for the middle fraction of Atasu-Alashankou oil sludge. *Mendelev Communications*, 3(34), 446-449. DOI:/10.1016/j.mencom.2024.04.043.
- 3 Tyanakh, S., et al. (2022). Kinetics of Thermolysis of a Low-Temperature Tar in the Presence of a Catalyzer Agent with Deposited Metals. *Bulletin of the University of Karaganda Chemistry*, 4(108), 89-98. DOI:10.31489/2022Ch4/4-22-19.
- 4 Muñoz, MS, et al. (2015). Physicochemical characterization, elemental speciation and hydrogeochemical modeling of river and peloid sediments used for therapeutic uses. *Applied Clay Science*, 104, 36-47. DOI: 10.1016/j.clay.2014.11.029.
- 5 Chen, Y., et al. (1976). *Use of the scanning electron microscope for structural studies on soil and soil components*. In: Scanning Electron Microscopy. Proc. Workshop on Techniques for Particulate Matter Studies in SEM, 425-432.
- 6 Kaiyrbekov, Zh. (2014). *Pererabotka Tverdyh Gorjuchih Iskopaemyh*. Almaty: BTS Print.
- 7 Kairbekov, Zh., et al. (2023). Antioxidant Activity and Bioavailability of Humic Substances of Low-Mineralized Sulphide Mud. *Engineered Science*, 25, 941-941. DOI: 10.30919/es941.
- 8 Dzheldybaeva, I., et al. (2022). Physicochemical and Antioxidant Properties of Humic Substances from Coals of the Oy-Karagay and Kiyakty Deposits in the Republic of Kazakhstan. *Solid Fuel Chemistry*, 56, 471-477. DOI: 10.3103/S0361521921060033.
- 9 Kairbekov, Zh., et al. (2014). Integrated Processing of Brown Coal from Central Kazakhstan. *Bulletin of the Kazakh National University*.
- 10 Arziev, ZhA. (2002). Ugli Kyrgyzstana kak osnova dlya polucheniya guminovyh udobrenii i stimulyatorov rosta rastenii. *Sovremennye problemy nauki i tehniki*, 1, 34-38.
- 11 Feng, X., et al. (2024). Preparation of Humic Acid from Weathered Coal by Mechanical Energy Activation and Its Properties. *Minerals*, 14(7). DOI:10.3390/min14070648.
- 12 Ismailov, B., et al. (2023). Methods for Obtaining Phosphorus-Containing Fertilizers Based on Industrial Waste. *Inorganics*, 11: 6, 1-12. DOI:10.3390/inorganics11060224.
- 13 Das, T., et al. (2021). Coal-Derived Humic Acid for Application in Acid Mine Drainage (AMD) Water Treatment and Electrochemical Devices. *International Journal of Coal Science & Technology*, 8(6), 1479-1490. DOI:10.1007/s40789-021-00441-5.
- 14 Das, T., et al. (2015). Characterizations of Humic Acid Isolated from Coals of Two Nagaland Coalfields of India in Relation to Their Origin. *Journal of the Geological Society of India*, 86(4), 468-474. DOI:10.1007/s12594-015-0334-0.

Исследование физико-химических свойств гуминовых кислот, выделенных из бурого угля

Парманбек Н., Касенов Р.З., Тиянах С., Давренбеков С.Ж., Болатбай А.Н., Тулеуов У.Б.

Аннотация

Предпосылки и цель. Сравнительный анализ свойств гуминовых кислот, полученных из бурых углей Кумыскудукского и Кузнецкого месторождений.

Материалы и методы. В работе использованы инфракрасная спектроскопия, элементный анализ, термогравиметрический анализ.

Результаты. Проведено комплексное исследование гуминовых кислот из двух различных месторождений. Это позволило выявить различия в их химическом составе, функциональных группах, термической стабильности и реакционной способности. Сравнительный анализ выявил уникальные особенности гуминовых кислот, связанные с геологическими условиями углеобразования каждого месторождения. В ходе исследования выявлены различия в количестве карбоксильных и гидроксильных групп, что напрямую влияет на их сорбционные и комплексообразующие свойства. Подобные различия ранее подробно не изучались для этих месторождений. Кроме того, исследование показало, что гуминовые кислоты из обоих месторождений имеют высокий потенциал для использования в экологии, агрохимии, сельском

хозяйстве и очистке сточных вод, однако их эффективность может различаться в зависимости от месторождения и состава функциональных групп.

Заключение. Полученные результаты открывают новые перспективы для развития технологий на основе гуминовых кислот и позволяют лучше понять влияние геологических факторов на их химическую структуру и свойства.

Ключевые слова: бурый уголь; гуминовые кислоты; Кумысрудыкское месторождение; Кузнецкое месторождение; функциональные группы; инфракрасная спектроскопия.

Investigation of the physicochemical properties of brown coal and the humic acids derived from it

Nursanat Parmanbek, Rymkhan Z. Kassenov, Sairagul Tyanakh, Santay Zh. Davrenbekov,
Abylaikhan N. Bolatbay, Ulygbek B. Tuleuov

Abstract

Background and Aim. This study represents a comparative analysis of the properties of humic acids obtained from brown coals of the Kumuskudyk and Kuznetsk deposits.

Materials and Methods. Infrared spectroscopy, elemental analysis, and thermogravimetric analysis were employed in this research.

Results. A comprehensive study of humic acids from two different deposits was conducted, allowing for the identification of differences in their chemical composition, functional groups, thermal stability and reactivity. Comparative analysis revealed unique features of humic acids linked to the geological conditions of coal formation of each deposit. The study identified variations in the number of carboxyl and hydroxyl groups, which directly influence their sorption and complexation properties. Such differences had not been previously studied in detail for these deposits. Additionally, the research demonstrated that humic acids from both deposits possess significant potential for applications in ecology, agrochemistry, agriculture, and wastewater treatment, through their effectiveness may vary depending on the deposit and the composition of functional groups.

Conclusion. These findings open new prospects for the development of technologies based on humic acids and provide deeper insights into the influence of geological factors on their chemical structure and properties.

Keywords: brown coal; humic acids; Kumuskudyk deposit; Kuznetsk deposit; functional groups; infrared spectroscopy.