

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ

Satbayev university

К. Тұрысов атындағы геология және мұнай-газ ісі институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

Амитова А. А.

Химиялық және

биохимиялық инженерия

PhD профессоры

«__» _____ 20__ ж

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: «Микроорганизмдер негізінде қоңыр көмірден бөлінген өнімнің
химиялық және биохимиялық құрамын талдау»

6B05101– «Химиялық және биохимиялық инженерия» мамандығы

Орындаған

Габдуллина М. А

Искендер А.

Рецензент

Ғылыми жетекші

«__» _____ 2024 ж.

«__» _____ 2024 ж.

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

"Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті"
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

К. Тұрысов атындағы геология және мұнай-газ ісі институты
Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

Габдуллина Мадина Ардаковна
Искендер Ақмаржан Нұрланқызы

Микроорганизмдер негізінде қоңыр көмірден бөлінген өнімнің химиялық
және биохимиялық құрамын талдау

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

6В05101– «Химиялық және биохимиялық инженерия» мамандығы

Алматы 2024

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс: “ Микроорганизмдер негізінде қоңыр көмірден бөлінген өнімнің химиялық және биохимиялық құрамын талдау 48 бетте баяндалды. Дипломдық жұмыстың құрылымына кіріспе және 3 бөлім кіреді (ғылыми әдебиеттер көздеріне шолу, пайдаланылған материалдар мен тәсілдер мен зерттеу нәтижелері). Дипломдық жұмыстың мәтіні 7 кесте мен 24 суреттен тұрады. Зерттелген ғылыми әдебиеттер саны- 48. Дипломдық жұмыстың мақсаты: Зерттеу мақсаты: Қазақстан аумағындағы (Екібастұз, Майкүбі) қоңыр көмірден микроорганизмдер негізінде алынған өнімге биохимиялық және химиялық талдау жүргізу. Қоңыр көмірдің химиялық құрамы негізінде оның қолданылу нұсқаларын модерациялау. Дипломдық жұмыстың міндеттері: ҚР аймақтарының (Екібастұз, Майкүбі) көмірлерінің микробиологиялық талдау. Алынған микробиологиялық және химиялық құрамын зерттеу. Оптикалық спектрофотметрия және FTIR анализін өткізу.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа: «Химический и биохимический анализ продукта, выделенного из бурого угля на основе микроорганизмов» изложена на 48 страницах. Структура дипломной работы включает введение и 3 части (обзор источников научной литературы, использованных материалов и подходов и результатов исследований). Текст дипломной работы состоит из 7 таблиц и 24 рисунков. Количество изученной научной литературы- 48. Цель дипломной работы: Цель исследования: провести биохимический и химический анализ продукта, полученного из бурого угля на территории Казахстана (Экибастуз, Майкуби) на основе микроорганизмов. Модерация вариантов его использования исходя из химического состава бурого угля. Цели дипломной работы: микробиологический анализ проб угля регионов КР (Экибастуз, Майкуби). Исследование микробиологического и химического состава пробы. Проведение оптической спектрофотометрии и FTIR-анализа.

ABSTRACT

The diploma work: “Chemical and biochemical analysis of a product isolated from brown coal based on microorganisms” is presented on 47 pages. The structure of the thesis includes an introduction and 3 parts (a review of the sources of scientific literature, materials used and approaches and research results). The text of the thesis consists of 7 tables and 24 figures. The number of scientific literature studied is 48. Purpose of the thesis: Purpose of the study: to conduct a biochemical and chemical analysis of the product obtained from brown coal on the territory of Kazakhstan (Ekibastuz, Maikubi) based on microorganisms. Moderation of options for its use based on the chemical composition of brown coal. Objectives of the thesis: microbiological analysis of coal samples from the regions of the Kazakh Republic (Ekibastuz, Maikubi). Study of the microbiological and chemical composition of the sample. Conducting optical spectrophotometry and FTIR analysis.

Мазмұны

Кіріспе.....	6	
1	Әдебиеттік шолу	7
1.1	Көмірдің өндірісі мен оның әлемдік маңызы	7
1.2	Қазақстандағы көмір кен орындары	10
1.3	Көмірдің түрлері мен олардың қолдану аясы	12
1.4	Көмір өндірісіндегі биотехнологияның болашағы	20
2	Әдістер мен қолданылған материалдар	24
2.1	Е8 ортасын дайындау және Кох сұйылту әдісімен жұмыс жасау	23
2.2	Грам он әдісімен микроорганизмдерді күрделі бояу	24
2.3	Биосолюбизация	24
2.4	Көмірді центрифугалау және кептіру	25
3	Зерттеу нәтижелері және талқылау	—
3.1	Е8 ортасында өскен штаммдарды бақылау	25
3.2	Грам-он боялған микроорганизмдерді анықтау	25
3.3	Қатты және сұйық ортадағы биосолюбизация айырмашылығы	26
3.4	Микроорганизмдерді оптикалық санау	28
3.5	ЕПС ортасының тығыздық және концентрация дәрежесінің спектрлік тәуелділігін өлшеу	32
3.6	Фурье түрлендірілуі бар инфрақызыл спектроскопия арқылы көмірдің химиялық құрамын зерттеу	33
4	Қорытынды	42
5	Қабылданған терминдер тізімі, қысқартулар тізімі	43
5	Пайдаланылған әдебиеттер	44

КІРІСПЕ

Көмір-бағалы металлургиялық және химиялық өнеркәсіп шикізаты, отын ретінде кеңінен қолданысқа ие шикізат. Бітімі қабатты, түйіршікті, құрылымы біртекті және жолақты; түсі қоңырдан сұр қараға дейін, күңгірттен металл түске дейін түрленеді. Көмір көп таралған кен орындарының ең үлкені Қарағанды, Екібастұз кен орындары. Соның ішінде Қазақстандағы жалпы көмір қорының 62%-ын (24 млрд.т аса) қоңыр көмір құрайды.

Қоңыр көмір - геологиялық жасы, құрамы, отта жанғыштығы жөнінен шымтезек пен тас көмір аралығынан орын алады. Қоңыр көмір шымтезектен тығыздығының жоғарлығымен, ал тас көмірден түрлі реңді қоңыр, қоңырқай түстерімен ажыратылады. Қоңыр көмір генетикалық белгілеріне байланысты тығыз және борпылдақ болып бөлінеді. Өнеркәсіптік жіктемеде табиғи ылғалдылығы бойынша қоңыр көмір 1Б, 2Б, 3Б сатыларына бөлінеді. Қоңыр көмірдің 2Б-3Б топтарының өндірудің қарқынды артуына байланысты өнеркәсіп саласында кесектенген көмір отынының шикізат базасын дамытуға деген қызығушылықта, олардың өндірісінің артуы көбінесе ашық әдіспен, яғни арзан жол арқылы өндірумен ерекшеленеді.

Қазіргі таңда ауыл шаруашылығында органикалық заттардың минералдануы мен деградациясының жылдам процесі жүруде. Негізінде қоңыр көмір қалдықтары – ауыл шаруашылығында тікелей немесе жанама пайдалану үшін ұсынылуы мүмкін. Төмен энергиялы қоңыр көмір қалдығы топырақ құнарлылығын қалпына келтіруге және қоршаған ортаны қорғауға ықпал ете отырып, бұл процесті бейтараптандыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Өзектілігі: Қоңыр көмірге биохимиялық және химиялық талдау жүргізе отырып, биотехнологиялық әдістер мен зерттеулерді қолдану, оны өнеркәсіпте және ауыл шаруашылығында пайдаланудың жаңа мүмкіндіктерін дамыту.

Зерттеу мақсаты: Қазақстан аумағындағы (Екібастұз, Майкүбі) қоңыр көмірден микроорганизмдер негізінде алынған өнімге биохимиялық және химиялық талдау жүргізу. Қоңыр көмірдің химиялық құрамы негізінде оның қолданылу нұсқаларын модерациялау.

Зерттеу объектілері: Екібастұз, Кузнецкий, Майкүбі өңірлерінің көмірлері.

Жұмысты орындаудың практикалық базасы: Satbayev University-нің химиялық және биохимиялық кафедрасының зертханасында зертханалық жұмыстар яғни қоңыр көмір сынамаларынан алынған зерттеу жұмыстары Тастамбек Қ.Т. кеңесшілігімен практикадан өту барысы жүргізілді.

Кілтті сөздер: микробтық алуантүрлілік, қоңыр көмір сынамалары, биосоллюбизация.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

1.1. Көмірдің өндірісі мен оның әлемдік маңызы

Көмір – отынның бай көзі болып табылады, оны өндіру және пайдалы энергияға айналдыру салыстырмалы түрде арзан. Алайда көмірді өндіру және пайдалану қоршаған ортаға әсер етеді. Ашық шахталар 2021 жылы Америка Құрама Штаттарында өндірілген көмірдің шамамен 62%-ын құрайтын болды.

Бұл тау-кен жұмыстары көмір кен орындарының немесе қабаттардың үстіндегі топырақ пен тау тасты жойып тастайды. Мысалға келтіретін болсақ, таулардың шыңдарын алып тастау және аңғарларды толтыру Батыс Вирджиния мен Кентуккидегі Аппалачтардың үлкен аумақтарына әсер етті. Көмір өндірудің осы түрінде таулардың шыңдары жарылғыш заттармен бұзып өзгеріске алып келеді[1]. Бұл әдіс ландшафтты өзгертеді, ағындар кейде тастармен және балшықпен жабылады. Осы толтырылған аңғарлардан ағып жатқан судың құрамында ластаушы заттар болуы мүмкін, олар төменгі ағыста өмір сүретін су жануарларына зиян тигізеді. Тау шыңдарында тау-кен өндірісі 1970 жылдардан бері болғанымен, оны пайдалану 1990 жылдардан бастап кең таралып, даулы күйге келтірілді.

АҚШ заңдары көмір өндіруден зардап шеккен аумақтардан шаң мен судың ағуын бақылауды талап етеді және аумақты бастапқы күйіне дейін қалпына келтіру керек [2]. Қазіргі заманғы технологиялар көмірден химиялық жартылай өнімдердің 130-дан астам түрін өндіруге мүмкіндік береді, олар одан әрі 5 мыңнан астам өнім түрлерін өндіру үшін химия өнімдерін өндіру кезінде мұнай мен табиғи газ импортына тәуелділікті төмендету мақсатында көптеген елдер қазір көмір химиясын белсенді дамыту үстінде. Көмір қабаттарынан метанды алдын ала өндіру айтарлықтай қосымша энергия ресурстарына айналуына мүмкіндік береді.

Отандық және шетелдік практикада газдандыру, тікелей гидрогенизациялау, пиролиз, термиялық еріту процестерін қолдана отырып, көмірді синтетикалық сұйық отынға және химиялық өнімдерге қайта өңдеудің елеулі тәжірибелері бар. Бұл тәжірибелерді өткен ғасырдың 30-50 жылдар Германияда, Ұлыбританияда, Жапонияда және басқа да елдерде өнеркәсіптік және тәжірибелік-өнеркәсіптік ауқымда жүзеге асырылды. Қазіргі уақытта моторлы отындар мен химиялық өнімдерді алу мақсатында қатты жанғыш қазбаларды өнеркәсіптік өңдеу шектеулі көлемде жүзеге асырылады.

Германияда тікелей гидрогенизациялау әдісімен жылына 0,5 млн т көмірді жартылай кокстеу шайыры мотор отындарының компоненттеріне, майлайтын майлар мен парафинге қайта өңделеді [3].

Көмір-төрт негізгі түрге немесе класқа бөлінеді: антрацит, битуминозды, жартылай битуминозды және қоңыр көмір. Дәреже көмірдегі көміртектің түрлері мен мөлшеріне, сондай-ақ көмір өндіре алатын жылу энергиясының мөлшеріне байланысты. Көмір кен орнының дәрежесі уақыт өте келе өсімдіктерге әсер ететін қысым мен жылу мөлшерімен анықталады. Антрацит құрамында 86-97% көміртегі бар және әдетте көмірдің барлық маркаларының

ең жоғары калориялылығына ие. Антрацит 2022 жылы АҚШ-та өндірілген көмірдің 1% - дан азын құрады. АҚШ-тағы барлық антрацит кеніштері Пенсильванияның солтүстік-шығысында орналасқан. АҚШ-та антрацит негізінен металлургия өнеркәсібінде қолданылады.

Битуминозды көмірдің құрамында 45-86% көміртегі бар. Құрама Штаттардағы битуминозды көмірдің жасы 100-ден 300 миллион жылға дейін. Битуминозды көмір Америка Құрама Штаттарында ең көп таралған көмір түрі болып табылады және 2022 жылы АҚШ-тың жалпы көмір өндірісінің шамамен 46% құрады. Битуминозды көмір электр энергиясын өндіру үшін пайдаланылады және кокстелетін көмір өндіру үшін маңызды отын мен шикізат болып табылады [4].

Ауылшаруашылық өндірісінің қарқындылығы және минералды тыңайтқыштарды қолданудың артуы органикалық заттар мен топырақ гумусының тез минералдануына ықпал етеді, бұл ауылшаруашылық топырақтарының деградациясының негізгі себебі болып табылады.

Дүние жүзіндегі жеңіл топырақ аймағының ұлғаюы және осы топырақтардың төмен өндірістік әлеуеті осы топырақтардың сапасын жақсарту жолдарын іздеуді қажет етеді. Жеңіл топырақтарда тыңайтқыштардың, әсіресе минералды тыңайтқыштардың жоғары дозаларын қолдану топырақ ортасының тепе-теңдігін бұзып, топырақ пен жер асты суларының ластануына ықпал етуі мүмкін [5].

Жеңіл топырақтар үшін тұрақты органикалық заттардың тамаша көзі энергетикалық құндылығы төмен қоңыр көмір қалдықтары болуы мүмкін. Ол әлемнің көптеген елдеріндегі қоңыр көмірдің энергетикалық кен орындарының қабаттасуы түрінде үйінділерде орналасқан.

Қоңыр көмір қалдықтары – электр энергетикасы үшін ең арзан энергия көздерінің бірі болып табылады. Қазіргі уақытта жұмыс істейтін жерлерде оның ғаламдық ресурстары бастапқы энергияны тұтынудың шамамен 40% жабуға жеткілікті.

Тыңайтқыш мақсаттары үшін 1 мм-ден аз бөлшектері немесе 8 мм фракцияға дейін ұсақталған кесектері бар агрегат түріндегі қоңыр көмірдің қалдықтары қолданылады.



Сурет 1. Ауыл шаруашылығында қолданылатын ұнтақталған қоңыр көмір қалдықтары

Дамыған кеуекті жүйенің арқасында қоңыр көмір қалдықтары минералды тыңайтқыштардан қоректік заттардың сіңуін арттыруға, тыңайтқыш компоненттерінің топырақтың терең қабаттарына шайылуын азайтуға көмектеседі.

Қазіргі ауыл шаруашылығында органикалық заттардың минералдануы мен деградациясының жылдам процесі жүреді. Негізінде қоңыр көмір қалдықтары – ауыл шаруашылығында тікелей немесе жанама пайдалану үшін ұсынылуы мүмкін. Төмен энергиялы қоңыр көмір қалдығы топырақ құнарлылығын қалпына келтіруге және қоршаған ортаны қорғауға ықпал ете отырып, бұл процесті бейтараптандыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Құрамында қарашірік мөлшері аз топырақтарда қолданылатын көмір қалдығы негізіндегі органо-минералды тыңайтқыштар бойынша қосымша зерттеулер жүргізу қажет [8]. Егістік алқаптарында топырақ өнімділігін арттырудан басқа. Қоңыр көмір қалдықтарын пайдалану бойынша қосымша зерттеулер органикалық заттары аз топырақта өсірілетін жеке өсімдіктер үшін тұрақты органо-минералды тыңайтқыштарды алуға бағытталуы керек.

Көмірден және күл қалдықтарынан оларды жағудан сирек кездесетін элементтерді алу тәсілі өнертабыс гидрометаллургия саласына, атап айтқанда, сирек кездесетін элементтерді қоса, көмірдің минералды бөлігінен, яғни күл қалдықтарынан құнды элементтерді алуға жатады [4]. Ең құнды компоненттердің шоғырлануы өте жоғары емес, ал оларды алу ұзақ және көп сатылы процесс болып табылады.

Көмірді және күл қалдықтарын өңдеудің негізгі әдісі оларды қышқыл реагенттермен ашу болып табылады, олар ретінде минералды қышқылдар да, сондай-ақ органикалық қышқылдар да пайдаланылуы мүмкін. Үдерісті қарқындандыру үшін натрий хлоридінің ерітіндісіне 0,5-25 г/л мөлшерінде қоса, күкірт қышқылының ерітіндісімен күлді өңдеу арқылы сирек және сирек кездесетін элементтерді күкірт қышқылымен сілтілеу әдісі белгілі. Процесті күкірт қышқылының концентрациясы 50–300 г/л, Қ:С= 4:10 арақатынасы және 18- 90° С температурада жүргізіледі.

Құрылыс материалдары ретінде пайдалану үшін көмірді жағудан күл шығаруды дайындау тәсілінің кемшілігі күкірт қышқылының жоғары концентрациясын пайдалану, Қ:С-ның жоғары арақатынасы болып табылады, бұл су фазасының жоғары құрамына және процестің жоғары температурасына әкеледі, бұл жүргізіліп жатқан процестің өзіндік құнын арттыруға әкеледі. Осы тәсілдің кемшілігі қатты фазаның сұйық Қ:С = 4:7 жоғары қатынасы және процесс ұзақтығы кемінде 6 сағат болып табылады.

Сүзгілеуден кейін тұнбаны жуу үшін қосымша тұз қышқылының сұйылтылған ерітіндісі қолданылады. Ұсынылып отырған өнертабысты пайдалану кезінде қол жеткізуге болатын техникалық нәтиже ең аз энергия шығындары кезінде неғұрлым байытылған ерітіндіні ала отырып, оларды жағудан көмір мен күл қалдықтарынан СКЭ алу болып табылады. Қойылған міндет көмірден және күл қалдықтарынан СКЭ алу тәсілінде бастапқы материалды ұсақтауды және оны құрамында күкірт қышқылы бар

сілтісіздендіру ерітіндісімен өңдеуді қамтитын оларды өртеу тәсілінде өнертабысқа сәйкес сілтісіздендіру Қ:С = 11 арақатынасында 3-10 мөлшерінде 50 күкірт қышқылын қосу арқылы электролиз, су арқылы белсендірілген ерітіндімен жүргізіледі.

Ұсынылған тәсілдің жаңалығы күкірт қышқылын қоса отырып, белсендірілген су негізіндегі ерітінділердің көмірінен сирек жер элементтерін алу үшін пайдалану болып табылады. Белсендірілген су тұрақты бағыттағы электр тогымен өңделген кәдімгі су белсендірілген суда сутекті байланыстардың құрылымдық торы қопсиды, су молекулалары қосымша еркіндік дәрежесіне ие болады. Суды белсендірудің мәні кластерлік құрылымдарды бұзу болып табылады, бұл судың мономолекулалармен қанығуына ықпал етеді белсенді су 5-6 молекуладан тұрады (әдеттегі су 13-16 молекуладан тұрады). Мұндай су биофизикалық және биологиялық көрсеткіштер бойынша неғұрлым белсенді болып саналады [5].

1.2. Қазақстандағы көмір кен орындары

Көмір-Қазақстаннан өндірілген алғашқы минерал. Сондықтан, «ел өндіріс көзі» деп айта аламыз. Қазақстанда 310 мангал табылды. Біз сізге көмірді шетелге де, Қазақстанға да жеткізетін кен орындарымен қамтамасыз етеміз.[10] [12]

Қарағанды көмірі – Қазақстанда ашылған алғашқы көмір кен орны. Көмір қоры 1833 жылы ашылып, өндіріс 1855 жылы басталды. Қарағанды көмір бассейні – ТМД-ғы ірі қойма. Резервте Ол Кузбасс пен Донбасстан кейін үшінші орында. Мұндағы көмірдің барлығы кокс. Әлемдегі ең жоғары сапалы көмірдің бірі – Қарағанды, Саран, Майнс және Абай. Көмір бассейнінің жалпы ауданы 3600 шаршы шақырымды құрайды [11]. Тереңдігі 600 метрге дейін, кей жерлерде ол 800-900 метрге жетеді. Ол жабық түрде шығарылады. Сондықтан бағасы қымбат. Ол Қазақстан мен Ресейдің, Украинаның және Орталық Азияның металлургиялық зауыттарына жеткізіледі. Қазіргі уақытта жылына 30 миллион тоннадан астам көмір өндіріледі. Кеңес одағы кезінде жыл сайын 50-52 миллион тонна көмір өндірілетін кен орны Павлодар қаласының Баянауыл ауданында орналасқан. Резервтер бойынша ол Қарағандыдан кейінгі екінші орында. Бұл энергетикалық көмір сондықтан жылу жиі электр станцияларына беріледі. 1995 жылы Тимастуз бассейніндегі көмір Қазақстандағы энергияның жартысына жуығын өндірді. Богатырь, Орталық, Шығыс және Оңтүстік кен орындары [15]. Екібастұз көмірдің қалыңдығы 160-180 метрді құрайды. Мұнда көмір 1899 жылы өндірілген. Бастапқыда көмір сапасыз болды, ал өндіру құны жоғары болды, сондықтан сұраныс төмен болды. 1903 жылы ол жабылып, минералды сумен алынды. Ал 1913 жылы Британдықтар келіп, аумақты қайта ашып, жоғары сапалы көмір өндіре бастады. Одан ары қарай 1916 жылдары 64 мың тонна көмір өндірілді.

Қазіргі таңда Екібастұз көмір бассейні бүгінде жылына 55 миллион тонна көмір өндіреді. Олардың 40 пайызы Ресейге жіберіледі.

Екібастұз көмірінің маңындағы Майкөбі көмір бассейнінің болашағы зор. Мұнда жыл сайын 20-25 миллион тонна көмір өндіріледі.

Қарашыр көмірі – Семей облысындағы ірі шахта. 1967 жылы Семей полигонының аумағында полигон ашылды. 1968-69 жылдары геологиялық экспедиция жүргізіліп, кен орнына жақын орналасуына байланысты учаскені ашуға және барлауға тыйым салынды.

Тәуелсіздік жылдарында семей полигоны жабылып, аудан Қарашыра (Мерейтой) деп аталды, көмір өндіру басталды. Көмірдің қалыңдығы мен тереңдігі 300 метрді құрайды, кей жерлерде көмірді 1-3 метрден кездестіруге болады. Көмір Өскемен және Семей, Моңғолия және Ресей, Қырғызстан жылу электр станцияларына тасымалданды [12] [13].

Торғай көмірі – Қостанай облысындағы кен орны. Ол Ресейдің Орал облысы мен Қостанай облысын алып, қамтамасыз етіп жатыр. Көмірдің массасы шамамен 52 миллиард тоннаны, барлау жұмыстары 7 миллиард тоннаны құрайды. Мұнда қоңыр көмір өндіріледі. 1942 жылы ашылып, ауданы 150 мың шаршы шақырымды құрайды. Торғай маңында Обаған көмір бассейні орналасқан. Геологиялық қоры 50 миллиард тоннаны құрайды. Перспективалы, анық шығарылуы мүмкін. Алайда гидрогеологиялық қабаты біршама күрделі.

Қазақстанда көмірдің шағын кен орындары бар. Оны елдің кез келген аймағында кездестіруге болады. Кендірлік (жылына 300 мың тонна), Алакөл, Мамыт (жылына 300 мың тонна), Алматы-Ойқарағай (жылына 500 мың тонна), Жамбыл-Құлан-Кетпес (500 мың тонна), Ленгер, Ақмола – Сарыадыр (жылына 1 миллион тонна) қалаларында орналасқан [15].

Айта кететін болсақ Қазақстанда көмір өндіру 2009 жылы 80 млн тоннаға бағаланды, ал елдегі сұраныс 50 млн тоннаға бағаланды, бұл Қазақстанды көмірдің таза экспорттаушысы етеді. Көмірдің көп бөлігі Қазақстанның жер қойнауы антрацит пен қоңыр көмірдің аз мөлшері бар битуминозды көмірден тұрады. Елде көмірді өндіру және тұтыну көзіне байланысты әр түрлі болады. Қазіргі уақытта жоқ дәлелденген қорларды анықтаудың халықаралық стандарттары бар [16].

Қазақстан үшін бағалаудан қорлардың шынайы деңгейін белгілеу қиынға соғады. Сонымен қатар, үкімет өз бағаларын алу үшін қандай экономикалық болжамдар мен талдауларды қолданғаны белгісіз (WEC деректері кең таралған және ХЭА-ның жыл сайынғы әлемдік энергетикалық шолуында қолданылады). Ескере отырып Қазақстандық шахталар мен тау-кен жабдықтарының физикалық жағдайы нашар, өндірудің өзіндік құны жоғары

Болашақ көмір бағасының төмен болжамдары (басқа энергия көздерімен салыстырғанда), мүмкін тауарлық-материалдық қорлар деңгейінің оптимистік бағалауы неғұрлым шынайы. Маңызды болмаған жағдайда көмір сапасы мен нарықтық жағдайды жақсарту, тіпті оларды қайта қарауға болады болашақта төмендеу бағытында. 1-кестеде 1999-2006 жылдар аралығындағы жылдық деректерді салыстыру көрсетілген (EIA, 2007; BP, 2010).

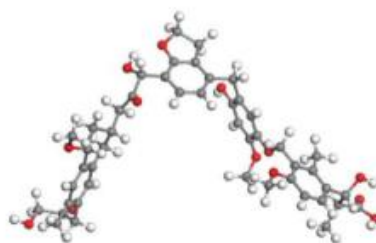
Кесте 1. 1999-2006 жылдар арасындағы деректерді салыстыру

Жыл	Өнім, млн т		Қолданылуы, млн т
	ЕІА	ВР	ВР
1999	59,9	45	29,7
2000	74,2	57,45	34,8
2001	79,2	61,05	33,75
2002	73,88	56,7	34,2
2003	85	64,95	37,8
2004	87	66,6	39,75
2005	86,76	66,3	40,8
2006	96,5	73,65	42,15
2007	N/A	75	46,2
2008	N/A	85,2	51
2009	N/A	77,7	49,5

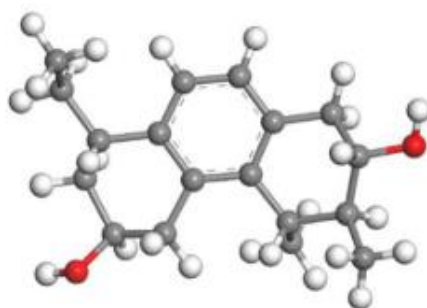
1.3 Көмірдің түрлері мен олардың қолдану аясы

Көмір, мұнай мен газ сияқты, биологиялық және геологиялық процестер арқылы баяу ыдырауға ұшыраған органикалық зат. Көмірдің пайда болуының негізі - битум массалары және аз дәрежеде өсімдік тектес органикалық қалдықтардың массалары. Трансформация дәрежесіне және көмірдегі көміртегінің меншікті мөлшеріне байланысты төрт түрін ажыратады: қоңыр көмірлер, битумды көмірлер, антрациттер және графиттер. Көмірлер сорттар мен технологиялық топтарға бөлінеді. Бұл бөлу көмірлердің оларға жылулық әсер ету процесіндегі мінез-құлқын сипаттайтын параметрлерге негізделген. Жоғарыда жазғанымыздай, көмірді түрлерге жіктеу техникалық сипаттамаларға немесе қасиеттеріне негізделген. Мысалы, қоңыр көмірдің максималды ылғал сыйымдылығы; Битумды (қатты көмір) көмірде ұшпа заттар; Антрацитте ұшпа заттардың көлемдік шығымы бар. Онымен қоса, көмір түрлерін өзара дәрежелерге бөледі. Көмір дәрежесі (ранг) көмірлердің метаморфизм дәрежесін білдіреді. Макроскопиялық деңгейде көмірдің сорты әдетте витринитті шағылыстырумен және ұшпа заттардың құрамымен сипатталады. Микро перспективада витриниттің шағылыстыру қабілеті көмір құрылымындағы ароматты сақиналардың конденсациялану дәрежесімен, ал ұшпа фракциялардың құрамы негізінен хош иісті емес фракциялардың құрамымен анықталады. Көмірдің дәрежесі жоғарылаған сайын көмір құрылымындағы ароматты сақиналарының конденсациялық сақиналарының саны бірте-бірте өседі, ал алкил бүйірлік тізбегі бірте-бірте азаяды. Әртүрлі маркалы көмірлердің пиролиздік сипаттамаларын зерттеу қажетті өндірістік мақсатқа жету үшін көмірді ұтымды пайдалануға көмектеседі. Көмір пиролизі көмірді өңдеу технологияларының негізі болып табылады. Мақсатты өнімнің максималды шығымдылығын алу үшін көмірді өңдеу дәрежесін арттыру немесе пиролиз реакциясының процесін бақылау және крекинг өнімдерінің төмен молекулалануын ынталандыру арқылы ыдырау өнімдерінің және

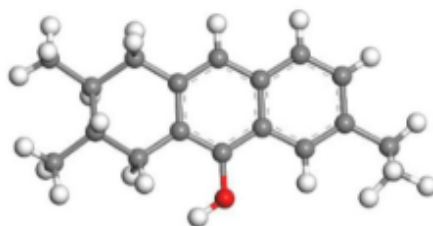
индукцияланған өнімдердің таралуының селективтілігін арттыру үшін көптеген зерттеулер жүргізілді. Көмірдің пиролизі әсер ететін әртүрлі факторлар мен заңдылықтар бойынша жүргізіледі. Геологиялық жағдайдың және шөгінді тау жыныстарының жасының айырмашылығына байланысты көмірдің әртүрлі түрлерінің көмірлену дәрежесі әр түрлі болады және олардың ұшқыш заттардың мөлшері, күлділігі, элементтік құрамы сияқты көмір сипаттамалары мен сапасы әртүрлі. Сондықтан көмір дәрежесіндегі айырмашылықтарға байланысты бірдей пиролиз жағдайында көрсетілетін пиролиз сипаттамалары да әртүрлі. Бірдей пиролиз жағдайында көміртектелу дәрежесі төмен қоңыр көмірден алынған пиролиз газы мен гудронның шығымы, салыстырмалы түрде жоғары дәрежелі көміртекті битумды көмірлердің пиролиздік газы мен шайырының шығымынан жоғары екені анық.



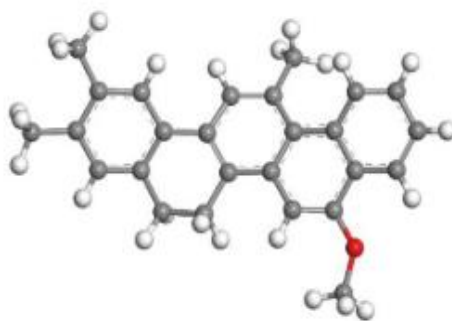
Сурет 2. Қоңыр көмірдің құрылымдық формуласы



Сурет 3. Суббитумозды көмірдің құрылымдық формуласы



Сурет 4. Жоғары дәрежеде ұшқыш битумды көмірдің құрылымдық формуласы



Сурет 5. Төмен дәрежеде ұшқыш битумды көмірдің құрылымдық формуласы



Сурет 6. Антрациттің құрылымдық формуласы

Бұл жалпы қабылданған химиялық құрылымдық модельдер және әртүрлі құрылымдық дәрежедегі көмірдің 5 түрі көрсетілген сызба суреттер.

Әртүрлі маркалы көмірлердің пиролиз жолдары, құрамындағы сутегі мен көміртегі тотығының өзгеруі алынды. Температураның функциясы ретінде өнімділік те талқыланды. Бақытымызға орай, біз маңызды шешімге келдік:

1. Қыздыру жылдамдығы тек пиролиз реакциясының жылдамдығын тездетеді, реакция жолдарын өзгертпейді. Көмірдің сортына қарамастан, көмір пиролизі бүйірлік тізбектердің және көпір байланыстарының үзілуінен басталды. Соңынан ашық цикл реакциялары жүреді.

2. Көмір молекуласының қызу жылдамдығы жоғарылаған сайын реакция жүйесіндегі ағын жылдамдығы азайып, молекулалардың жалпы саны да азаяды. Жылыту жылдамдығы неғұрлым жоғары болса, көмір тез жарыла бастайтын температура соғұрлым жоғары болады, бірақ ертерек жарылып кету уақыты келеді. Жылыту жылдамдығын өзгерту төмен сұрыпты көмірлердің пиролизіне көбірек әсер етті.

3. Температура жоғарылаған сайын бес реакциялық жүйедегі молекулалардың жалпы саны көбейіп, сутегі мен көміртек оксидінің өндірісі де өсті.

4. Температура көмірдің жоғары сорттарының пиролиз процесіне көбірек әсер етті, ал пиролиз төмен температурада қиын болды. Көмір сортының сутегі өндірісіне әсері шамалы. Көміртек тотығын өндіру оттегінің құрамымен тығыз байланысты және көмірдегі оттегі құрылымының түрі. Эфирдегі және карбоксилді құрылымдағы оттегі төмен температурада жарылып, көміртегі тотығын шығару ықтималдығы жоғары [23].

Келесі талқыланатын мәселе, әртүрлі дәрежедегі көмірлердің минералды затының түрленуінің негізгі заңдылықтары. Канск-Ачинск бассейнінің көмірі және Екібастұз ойпатының тас көмірі – олар әртүрлі энергия сыйымдылығы бар диірмендерде ұсақталғанда, қоңыр көмірлерді дезинтеграторда ұнтақтау минералдардың фракциялар арасында біркелкі таралуына және шар құбырлы диірмендегі ұнтақтаумен салыстырғанда ұсақ фракцияның ішкі күл компоненттерімен және құрамында темірі бар минералдармен байытылуына әкелді. Ал Екібастұз көмірін дезинтеграторда ұнтақтау шарикті диірменде ұнтақтаумен салыстырғанда минералды құрамдастардың фракция және тығыздық бойынша таралуында айтарлықтай өзгерістерге әкелмеді [19].

Жоғарыда келтірілген әдебиет деректері көмірдің әртүрлі сорттарын пайдалану деңгейін қалай арттыруға болатынын және өнеркәсіпте максималды пайда алу үшін оларды қалай дұрыс өңдеу керектігін көрсетеді.

Қоңыр және қара көмірлерден алынған кеуекті материалдарды су ортасынан жоғары улы химиялық элементтерді алу үшін пайдалануға болады. Хром өте улы, түсті металлургия, былғары өнеркәсібі, мемлекеттік аймақтық электр станцияларында өңделетін химиялық сулар, сондай-ақ минералды шикізаттың хром құрамдас бөліктерін қолдану арқылы орындалатын басқа да көптеген технологиялық процестердің ағынды суларында тұрақты ластаушы болып табылады. Қоңыр және тас көмірден дайындалған кеуекті материалдар сулы ерітінділерден хром (VI) алу үшін сорбенттер ретінде пайдаланылады. Олар АГ-3 коммерциялық сорбентімен салыстырылды. Хром (VI) адсорбциясына реакция ортасының қышқылдығының әсері анықталған. Су ерітінділерінен Cr (VI) экстракциясы рН 1,5–2,0 диапазонында максимумға жетеді. Онымен қоса, құрамында Cu, Fe, Cd және т.б. бар ерітінділерден хром 5-тен 75 мг/л-ге дейін хромды толық қалпына келтіруге болатынын анықтадық. Отандық шикізаттан алынған қоңыр көмір сорбенттері сулы ерітінділерден хром (VI) алу үшін тиімді. Термиялық өндеуден өткен қоңыр және қара көмірлердің құрамында хром (VI) иондары бар ағынды суларды тазарту үшін адсорбент ретінде пайдалануға болады [22].

Атомдық эмиссияның және минералды құрамды рентгендік спектрометриялық талдаудың нәтижелері қоңыр көмірдің гуминді тыңайтқыштарын хабарлайды. Гуминді тыңайтқыштарды қолданып отырғызылған сәбіз және салат жапырақтарымен топырақты өндегенде, гуматтардың минералды заттардың бір бөлігі көкөніс дақылдарына өтті. Көкөніс дақылдарында бор, темір, магний, марганец, мыс, молибден, кальций, калий, кобальт, селен және мырыш минералдарының концентрациясы 13,7-281,0%-ға өскені анықталды. Гуминді препараттарды қолдану (гумин

қышқылдары, олардың тұздары, көміртекті-сілтілі реактивтер және т.б.) ерекше қасиеттерге ие және қатты отын ретінде өнеркәсіп пен ауыл шаруашылығында тиімді қолданылады. Алайда қазбалы қатты отынды өңдеуге негізделген гумин қышқылдарын өндірудің қазіргі ауқымы олардың әлеуетіне сәйкес келмейді. Бұл негізінен гуминдік препараттар нарығының жеткіліксіз кеңдігімен, оларды өндірудің тиімді өндірістік процесінің жоқтығымен, сондай-ақ осы препараттардың адамның өмір сүру жағдайын, денсаулығы мен өмір сүру ұзақтығын жақсартуға әсері туралы қажетті ақпараттың болмауына байланысты. Гуматтарды егіншілікте, мал шаруашылығында, құс шаруашылығында және басқаларында қолдану олардың әрқайсысы нақты оң нәтижеге әкелгендігі белгілі. Гумат-өсімдік жүйесі өсімдіктердің өсуі мен дамуы үшін маңызды болып табылатын екі тәуелсіз құбылыспен сипатталады. Бірінші құбылыс – жасуша энергиясының жоғарылауы және осыған байланысты метаболикалық процестердің жоғарылауы, гумин қышқылдарындағы конъюгацияланған байланыстардың электрондары жоғары энергетикалық деңгейлерге ауыса отырып, күн сәулесінің квантын жұтып, энергияны жинақтап, оны қажетті сәтте қайтара алуы. Бұл тамыр жүйесінің жедел дамуына, өсімдіктердің қоршаған ортаның қолайсыз факторларына төзімділігінің артуына, нитраттардың түзілуіне азоттың сінуіне және хлорофилл, қант, витаминдер мен амин қышқылдарының синтезінің жеделдетілуіне әкеледі. Соңғы құбылыс жасушаға қоректік заттардың түсуін жеңілдететін және өсімдіктің тыныс алуын тездететін жасуша мембранасының өткізгіштігінің жоғарылауы. Гуминді заттар жемістердің өнімділігі мен салмағын арттырып, пісуін тездетіп қана қоймайды, сонымен қатар нитраттардың мөлшерін азайта отырып, қант пен дәрумендерді көбейту арқылы өнімнің сапасын жақсартады. Осылайша, бұл жұмыстардың нәтижелері көкөніс дақылдарының минералды құрамының жоғарылауы олардың дақылдарын гуматтармен өңдеген кезде анықталды, бұл адам өмірі мен денсаулығына жақсы әсер етеді [24].

Органикалық тыңайтқыштар топырақтың сапасын жақсартып алады, оның жанама экологиялық және агротехникалық пайдасы бар. Дегенмен, топырақ жүйелерінде биокөмір және қоңыр көмір қалдықтары (ҚКҚ) сияқты жаңа органикалық түзетулерді пайдалану олардың экологиялық және ауылшаруашылық қолдануларында сенімді консенсусқа қол жеткізу үшін үздіксіз кешенді бағалауды талап етеді. Биокөмір және қоңыр көмір қалдықтары (көмір қалдықтары) құрамында жоғары көміртегі (С) бар, басқа белсендірілген көмірдің баламаларымен салыстыруға болатын кең сорбциялық қабілеті бар органикалық детрит пен гумин қышқылдары бар. Осылайша, биокөмір және ҚКҚ (қоңыр көмір қалдықтары) топырақтың агрегациясын, көміртекті секверлеуді, микробтық белсенділікті, қоректік заттардың сақталуын және ластаушы заттардың (мысалы, ауыр металдар) иммобилизациясын жақсартатын органикалық заттардың құрамы мен сорбциялық қабілетін арттыру арқылы топырақ сапасын жақсартады. Онымен қоса, су мен ауа сапасына әсер етеді. Топырақ құрылымының жақсаруы және

химиялық бөліну қабілетінің баяулауы CO_2 , N_2O , NH_3 және CH_4 ағындарына және кейіннен топырақтың қоректік заттары, ауыр металдар мен органикалық ластанушы заттар жер үсті және жер бетіне жақын жолдар арқылы суға ағып, климаттың өзгеруі мен су сапасына айтарлықтай әсер етеді [20].

Біздің нәтижелеріміз биокөмір және BCW (ҚКҚ) қолдану, FYM-мен салыстырғанда топырақтың тіршілік ету мерзімін ұзартуға әкелетінін көрсетті. Сапалық артықшылықтар, ластану мен қоршаған ортаға әсерді азайту, содан кейін таза шығарындыларды азайтумен бірге қауіпсіздік пен тұрақтылық көрсеткіштерін жақсарту. Агрономиялық егістік сынақтарының нәтижелері ВЮ және BCW өңдеуден 20%-ға дейін егін өнімділігінің артқанын көрсетті. Олар FYM-мен салыстырғанда біршама төмен болғанымен, ВЮ және BCW топырақ тұрақтылығының тұрақты ұзақ мерзімді өнімділік тұрғысынан пайда алу мүмкіндігі бар [20].

Топырақ қасиеттерін жақсарту мүмкіндіктерінің бірі топырақты жақсартатын органикалық және органо-минералды тыңайтқыштарды пайдалану болуы мүмкін – өте төмен қыздыру температурасымен сипатталатын қоңыр көмір. Құнды органо-минералды тыңайтқыштардың құрамдас бөлігі ретінде пайдалануға болады. Ол кен орнына байланысты өзгертін күрделі кеуекті үш өлшемді желідегі органикалық заттардан тұрады. Гумин қышқылдары қоңыр көмірдің өте маңызды құрамдас бөлігі болып табылады және оның органикалық заттарының 10-80% құрауы мүмкін. Олардың құрамында топырақтың химиялық қасиеттерін физикалық түрлендіруге және жақсартуға және өсімдіктердің өсуін биологиялық ынталандыруға көмектесетін көптеген функционалды химиялық топтар бар. Осылайша, гумин қышқылдары бар өнімдер негізінен өсімдіктердің өсуін жақсартатын және тыңайтқыш ингредиенттері ретінде бүкіл әлемде кеңінен таралған. Қоңыр көмір – қасиеттері оны азотты тыңайтқыш тасымалдаушы ретінде пайдалану үшін тартымды ететін балама материал. Зерттеу көрсеткендей, оның топыраққа қосылуы топырақтағы аммонийдің болуын аздап азайтады. Қоңыр көмір және несепнәр негізіндегі тыңайтқыштар N-ды ұзақ мерзімді перспективада тиімдірек пайдалану мүмкіндігін көрсетеді және топырақта көбірек N-ді сақтай отырып, экологиялық пайдаға ие. Биокөмір пиролиз қалдығы болып табылады және көбінесе алдын ала кептірілген биомасса шикізаты үшін пайдаланылады немесе сатылады. көмір брикеттері. Жаңа тәсіл – бұл жанама өнімнің құндылығын зерттеу. Минералды тыңайтқыштарды енгізу үшін. Леман бойынша биокөмірдің екі аспектісі оны осы материалды топыраққа қосу мақсатында құнды етеді: (1) оның ыдырауға қарсы жоғары тұрақтылығы және (2) топырақтың басқа органикалық заттарымен салыстырғанда қоректік заттарды сақтау қабілеті. Осылайша, бұл қасиеттер үш экологиялық артықшылықты қамтамасыз етеді: (1) климаттың өзгеруін азайту, (2) топырақты жақсарту және (3) ластануды азайту. Пиролиз биомасса қалдықтарынан (мысалы, ағаш қалдықтары немесе экстракциядан кейінгі өсімдік материалы) жасалған биокөмір құрамында белгілі бір мөлшерде экстракцияланатын гумин тәрізді және фульвик тәрізді заттар болуы

мүмкін. Бірқатар зерттеулер биокөмірдің қолданылған азот тыңайтқыштарынан нитрат пен аммоний шаймалауын азайта алатынын көрсетеді, бірақ биокөмірдің тиімділігі химиялық сипаттамаларына және оны қолдану жылдамдығына байланысты. Ауыл шаруашылығында шамадан тыс тыңайтқыштарды қолданудың нәтижесі тыңайтқыштарды пайдалану тиімділігін экологиялық және экономикалық жағынан төмендеуіне әкеледі.

Қоңыр көмірде жалпы гумин қышқылдарының шамамен 50%, ал биокөмірде жалпы гумус тәрізді заттардың шамамен 6% болды. Лабораториялық жағдайда пластиналық түйіршіктеуіш көмегімен өндірілген қоңыр көмір негізіндегі тыңайтқыштар «жұмсақ» деп жіктелді. Бөлшектердің қаттылығын арттыру үшін материалдардың қатынасын арттыру үшін арнайы байланыстырғыш пен тиісті шикізатты таңдау үшін қосымша зерттеулер жүргізілуі керек. Түйіршіктеу процесінің аяқталу ауқымы және жоғары ығысулы түйіршіктеуді қолдану соңғы өнім сапасына оң әсер етті. Жылдам араластырғыш грануляторды кең ауқымда қолдану нәтижесінде алынған қоңыр көмір негізіндегі тыңайтқыш түйіршіктері перспективті қаттылық пен бөлшектердің мөлшерін бөлуге ие болды. Түзілген түйіршіктер ауыл шаруашылығында пайдалану үшін қолайлы мөлшерде және жеткілікті күшті болды. Биокөмірді мочеви́на суперфосфатты тыңайтқышын жабу үшін пайдалануға болады, бірақ түйіршіктердің тозуға төзімділігін төмендету үшін арнайы байланыстырғышты таңдау бойынша көбірек зерттеулер қажет. Жылыжайдағы құмыра тәжірибелерінің нәтижелері жаздық бидайдың қоңыр көмір негізіндегі тыңайтқыш пен биокөмірмен қапталған тыңайтқыштың топырақ түзетулеріне оң жауап бергенін көрсетті [21].

1.4. Көмір өндірісіндегі биотехнологияның болашағы

Қоңыр көмірді өңдеу бағыттарының бірі – одан тыңайтқыштар алу және топырақты улы элементтерден тазарту үшін қолданылатын гумин қышқылдарын алу. Қоңыр көмірлерді өңдеудің тағы бір бағыты олардан әсер ету спектрі әртүрлі сорбенттер дайындау болып табылады.

Қоңыр көмірдің энергетикалық құндылығы төмен. Бұл дәстүрлі жану қоршаған ортаның азот оксиді, күкірт және басқа да зиянды заттармен ластануына әкеледі. Сондықтан халық шаруашылығында көмірді пайдаланудың баламалы жолдарын дамыту маңызды. 1960 жылдары топыраққа қоңыр көмірді қосу ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін арттыруға әкелетіні көрсетілді. Кейіннен өсімдіктердің өсу стимуляторлары ретінде гуматтарды қолдану ұсынылды. Гуматтар – көмірді, сілтілік металдардың гидроксидтерін немесе аммонийді өңдеу кезінде алынатын көмірден алынған сілтілі сызықты сығындылар және олар табиғатта кездесетін гумустық заттардың жақын аналогтары болып табылады. Гуматтар сілтілі өңдеу кезінде көмірдің макроқоңыр молекулалық қосылыстарының жартылай жойылуына байланысты көмірмен салыстырғанда өсімдіктердің өсуіне үлкен ынталандырушы әсер етеді, бұл олардың ерігіштігін арттырады. Осындай әсерге қоңыр көмірді ақ шірік базидиомицеттердің жасушадан тыс

ферменттерімен өңдеу арқылы қол жеткізуге болады. Ақ шірік базидиомицеттеріне алдын ала шолу: *Trametes hirsuta* және *Trametes maxima*. Бұл штаммдар лакказдар мен пероксидазалардың жоғары тиімді продуценттері болып табылады. Зерттеу көрсеткендей, *T. hirsuta* және *T. maxima* базидиомицеттерінің қоңыр көмірді еріту қабілеті лигнинолитикалық кешеннің Mn-пероксидаза және лигнин пероксидаза сияқты ферменттерінің секрециясы арқылы жүзеге асады. Базидиомицеттер қоңыр көмірдің қатысуымен өсіре бастағанда, алынған биологиялық өнімдер өну кезеңінде өсімдік тамырының өсуін ынталандырды және кейінгі кезеңдерде өсімдіктің өсуіне әсер етпеді (*Trametes hirsuta*) немесе ынталандырмайды (*Trametes maxima*). Қоңыр көмірдің қатысуымен бай ортада өсірілген *T. maxima* жасушалық сұйықтық негізіндегі биологиялық өнімдердің препараттары, әсіресе, жоғары техногендік жүктемесі бар аймақтарда өсімдіктің өсуін күшейткіш ретінде ауыл шаруашылығында қолдану үшін одан әрі сынау үшін ерекше перспективалы болып табылады [38].

Көмір энергияның, отынның және басқа химиялық заттардың негізгі көзі болып табылады. Көмірді энергия, отын және көмірді жағу, сұйылту, карбонизациялау және газдандыру сияқты басқа химиялық заттар үшін пайдалану керек процестер қоршаған ортаға улы бөлшектер мен CO₂ шығаратын үлкен қауіп төндіреді. Осылайша, көмірді биологиялық жаңарту көмірді экологиялық тұрақты түрде пайдаланудың жақсы стратегиясы болуы мүмкін. Мұнда көмірді деградациялауға немесе деполимеризациялауға қабілетті микроорганизмдерге арналған экранды хабарланады. Бұл негізгі штаммдар көмір биоремедиация процесін дамыту үшін әлеуетті үміткерлер болып табылады. Олардан барлығы көмірмен байытылған микроорганизмдердің 45 штаммы бөлініп, 16S рPHҚ арқылы әрекет реттілігі анықталды. *Cupriavidus sp.*, *Pseudomonas sp.*, үш тектес төрт штамм. және *Alcaligenes sp.* көмірді ыдырату қабілетімен сипатталады. Көмірдің микробтық ыдырауы көмірді химиялық жағуға жақсы балама болып табылады және осы зерттеуде оқшауланған микробтық штаммдар көмірді құнды химиялық заттарға өңдеу үшін әлеуетті биологиялық катализаторлар болуы мүмкін. Көмір отын және электр энергиясы саласында үлкен қызмет көрсетті. Дегенмен, көмірді энергия өндіру үшін тікелей жағу CO₂ шығарындыларының көбеюіне және атмосфераға ұсақ бөлшектердің таралуына байланысты жаһандық жылыну және түтін сияқты экологиялық проблемаларды тудырды. Осылайша, көптеген елдер, мысалы, баламалы энергия көздеріне инвестиция салу арқылы көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларына тәуелділігін азайтуға тырысуда. Күн, атом және су жылу электр станциялары арқылы. Көмірдің тікелей жануы энергиядан басқа әртүрлі термохимиялық процестер арқылы бірқатар газдар, органикалық және бейорганикалық қосылыстар да түзеді. Дегенмен, бұл процестер өте қатал жағдайларда жүреді және көбінесе күкірт оксиді мен азот оксиді сияқты бірқатар улы қосылыстардың атмосфераға және қоршаған ортаға таралуына әкеледі. Сондықтан оның тұрақтылығын сақтау үшін бұл процестерді көмірді биологиялық түрлендіру

сияқты экологиялық таза процестермен ауыстыру қажет. Биологиялық процестер арқылы көмірден әртүрлі құнды материалдар мен химиялық заттарды өндіру болашақ индустрия үшін өте қолайлы болуы мүмкін. Көмірдің биологиялық түрленуі пайдаланылатын көмірдің түріне және оны алуға болатын микроорганизмдерге байланысты. Олар биосоллюбизация, деполимеризация және кәдеге жарату болып жіктеледі. Соллюбизация (еріту) сілтілі заттар мен хелаторларды қолдануды қамтиды, ал деполимеризация пероксидаза, лакказ және гидролаза сияқты лигнинді ыдырататын оксидоредуктазаларды қолдануды қамтиды. Көмірдің био- және сілтілі ерітуін салыстыру екі процестің де ортақ механизммен жүруі мүмкін екендігін көрсететін тура пропорционалды байланысты көрсетті [4].

Көмірді сұйылту көмірді таза отынға айналдыруды немесе күрделі хош иісті қосылыстарды өндіру үшін негіз құруды қамтиды. Қымбат және энергияны көп қажет ететін химиялық әдістерден басқа көмірді өндірудің бірнеше биологиялық әдістері бар, олардың бірі – соллюбизация (еріту). Идея полимерді ыдырату үшін микроорганизмдерді (бактериялар немесе саңырауқұлақтар) немесе олар шығаратын еріткіш агенттерді (сілтілі заттар, биосурфактивті заттар, хелаторлар, ферменттер) пайдалану болып табылады. *Trametes versicolor*, *Trichoderma reesei*, *Bacillus mycoides* және *Gordonia alkanivorans* қоңыр көмірдің биоерігіш микроорганизмдері болып келеді. Сұйытылған қоңыр көмірді әртүрлі химиялық заттарды - спирттерді, хош иісті қосылыстарды, май қышқылдарын және т.б. алу үшін шикізат ретінде де пайдалануға болады. Қажетті заттарды әрі қарай химиялық немесе ферментативті процестер арқылы немесе белгілі бір метаболизм қабілеті бар микроорганизмдерді пайдалану арқылы алуға болады. *Fusarium oxysporum* – қоңыр көмірді биоеріту үшін тамаша микроорганизм ретінде хабарланған аскомицет. *F. oxysporum* жасушадан тыс лакказдарды кодтай алатын тригендерге ие. Лакказалар әлеуетті еріткіш агенттер, сондай-ақ лигнинді ыдырататын ферменттер ретінде енгізілген. Биослюбилизациямен біріктіріледі биокүкіртсіздену - *F. oxysporum* LOCK 1134 күкірт құрамын шамамен 50%-ға төмендетуге қабілетті. Нәтижелерді бұрын жарияланған зерттеулермен салыстыру бактериялармен биологиялық биоеріткіш *F. oxysporum* күкіртті пайдалануда *Gordonia alkanivorans* S7 және *Bacillus mycoides* NS1020 қарағанда тиімдірек екенін көрсетеді [40].

Көмірді жағу кезінде күкірт қосылыстары күкірт диоксиді газдарына айналады. Бұл газдар атмосфераға шығарылған кезде қышқыл жаңбырдың пайда болуына әкеліп соғады, ол қоршаған ортаға және тірі организмдердің жұмысына зиянды әсер етеді. Сонымен қатар, күкірті жоғары көмірлер жақсы кокстелмейді, сондықтан түсті металлургияда қолдануға болмайды.

Көмірді күкіртті қосылыстардан тазарту отын-энергетика саласының маңызды мәселесі болып табылады. Өндіріс жағдайында ұсынылған және сыналған механикалық, термиялық және физика-химиялық әдістердің көптігіне қарамастан, ол әлі күнге дейін шешілмеген. Күкіртті көмірден механикалық жолмен бөлу әдістері күкірттің құрамын тек 15-20% төмендетуге

мүмкіндік береді, ал термохимиялық өндеуді қолданғанда әдістер жоғары пайдалану шығындарымен, жанғыш заттардың ішінара жоғалуымен және көп мөлшерде көмірқышқыл газының бөлінуімен байланысты жоғары температура мен қысымды қажет етеді. Ең перспективалы және тиімді әдістер күкірт қосылыстарының микроорганизмдермен ыдырауына негізделген биотехнологиялық процестерді қолдана отырып, көмірден күкіртті алуды қамтиды. Бұл процестердің артықшылығы – көмірдің энергетикалық құндылығын сақтай отырып, олардың төмен энергия тұтынуы және экологиялық тазалығы. Көмірдегі күкірт қосылыстары негізінен бейорганикалық немесе пирит (S_{pyr}), органикалық (S_{org}) және сульфатты (S_{sul}) күкірт түрінде болады.

Көмірдегі пирит күкірті минерал түрінде болады. Ол көмір құрылымымен еркін байланысқан, ал органикалық күкірт көмір матрицасының құрамдас бөлігі ретінде бар. Ол бүкіл ұзындығы бойынша біркелкі таралады және көмірдің көміртекті қаңқасымен ковалентті байланысады. Күкіртті жоюдың биотехнологиялық процесі тиосульфатты және полисульфатты жолдар арқылы жүреді. Ол сұйықтықтағы микроорганизмдермен катализденетін биохимиялық реакция ретінде жүреді. Бұл күкірттің суда еритін сульфиттерге және сульфаттарға дейін тотығуына әкеледі. *Acidithiobacillus* туысының мезофильді және орташа термофильді ацидофильді хемолитотрофты бактериялары (ACB) — бейорганикалық күкіртті жоюда *A. ferrooxydans*, *A. thiooxydans*, *A. caldus*, сондай-ақ кейбір бактериялар *polyxaisilluetropicus* және кейбір бактериялар басым рөл атқарады. Көмір шахталарынан немесе көмірдің беткі құрылымынан бөлінген мезофильді және термофильді бактериялардың аралас культуралары мен ассоциациялары пирит күкіртін биокүкірттенудің тиімді құралы болып саналады.

Pseudomonas, *Sulfolobus*, *Rhodococcus*, *Agrocybe aegerita* және *Alternaria sp.*, бактериялық-саңырауқұлақ консорциумы, *Sulfolobus solfataricus* және *Phanerochaete as of ME basssportae as* гетеротрофты микроорганизмдерді пайдалана отырып, көмірдің органикалық күкіртін микробтық күкіртті тазарту перспективалары идиомицеттер *Trametes* арқылы [36].

Қоңыр көмір – қасиеттері оны азотты тыңайтқыш тасымалдаушы ретінде пайдалану үшін тартымды ететін балама материал. Зерттеу көрсеткендей, оның топыраққа қосылуы топырақтағы аммонийдің болуын аздап азайтады. Қоңыр көмір және несепнәр негізіндегі тыңайтқыштар N-ды ұзақ мерзімді перспективада тиімдірек пайдалану мүмкіндігін көрсетеді және топырақта көбірек N-ді сақтай отырып, экологиялық пайдаға ие [39].

Осылайша, қоңыр көмірді әртүрлі улы заттарды сіңіретін сорбент ретінде, ауыл шаруашылығында тыңайтқыш ретінде, сонымен қатар пиролиз негізінде биокөмір алу үшін қолданылатын материал ретінде пайдалануға болатынын түсінеміз.

2 Әдістер мен қолданылған материалдар

2.1 Е8 ортасын дайындау және Кох сұйылту әдісімен жұмыс жасау.

Зерттеу жұмыстары Е8 ортасын және Кох сұйылту әдісінен басталды (1-кезең). Ол үшін 12 дана Петри табақшалары (6 эксперименттік Петри табақшалары, 6 мұражайлық Петри табақшалары), және 4 колбаны дайындадық. Е8 ортасы үшін реагент компоненттері 0,3л көлемге арналған $\text{KH}_2\text{PO}_4=0,21$; $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4=0,45$; $\text{MgSO}_4=0,24$; $\text{NaCl}=0,15$; $\text{Agar}=6$; $\text{Coal}=6$ араластырып, үстінен 300 мл дистелденген су қосып, мембраналы сеткамен жауып, барлығын газетпен орап, 1,5 сағатқа автоклавқа жібердік.

Автоклавтанған Е8 ортасын 12 дана Петри табақшаларына бөліп құйылды, 20 мин қалдыру. Бұл Петри табақшаларының қақпағына артық конденсат жиналып, Е8 ортасын суыту үшін қажет. 20 мин өткен соң Дригальский шпательді алдымен спиртке, одан кейін спирт шамдағы ыстық оттың көмегімен залалсыздандырып, Петри табақшасының қақпағына жиналған конденсатты Дригальский шпательдің көмегімен алынды (12 рет қайталау) 2-кезең: Кох сұйылту әдісімен жұмыс істеу. Ол үшін 10 мл спирт бар 3 пробирканы алып, оның 1-ші пробиркасына 1г, қалған екеуіне концентрациясын төмендете отырып, яғни 1 пробиркадағы (0,1) қоспаны 2 пробиркаға (0,01), 2 пробиркадағы қоспаны 3 пробиркаға (0,001) дозатордың көмегімен концентрациясын төмендетіп құйып отырдық. Кейін, 1 пробиркадағы қоспаны және 3 пробиркадағы қоспаны петриларға дозатор көмегімен тамызып, дригальский шпатель көмегімен тараттық. Дайын болған посеветі термостатқа 35 градуста салдық.

Лабораториялық жұмысқа керекті құрал жабдықтар: дозатор, спирт шамы, дригальский шпатель, спирт, пипетка.

2.2 Грам оң әдісімен микроорганизмдерді күрделі бояу.

Кох сұйылту әдісі арқылы Майкүбі, Екібастұз, Кузнецкий өңірлерінің көмірін сұйылттық; Әмбебап ЕПА ортасын дайындап, дозатор көмегімен көмірдің 3 түріне 2-ден, жалпы 6 көмір түрін отырғыздық; Дайын болған петри табақшаларын 1,5 сағатқа термостатқа салдық.

Отырғызылған 3(6) көмір түрінен ЕКБ1 және МКБ1 көмірлерінен микрооргназм колониялары көрінді

Грамм бояу әдісі бойынша фиксация жасап, күрделі бояу;

Керекті материалдар: латок, мост, заттық шыны, пипетка, генцинвиолет бояғышы, фуксина ция, люголь ерітіндісі, иммерсиондық май, спирт, дистельденген су, спирт шам.

Алдымен біз керекті құрал-жабдықтарды дайындап аламыз. Ол үшін лотоктын үстіне мост қойып, оның үстіне заттық шыны қойып, заттық шынының бетіне пипетка көмегімен бір тамшы дистелденген су тамызамыз. Сонымен бізде дистелденген су мен микроорганизмдерден тұратын гомогенді суспензия пайда болады. Кейін бактериялық тұзақ көмегімен, ЕКБ1 микроорганазимдер колониясын алып, оны заттық шыны бетіндегі сумен араластырамыз және заттық үстелше беті бойынша таратамыз; Бұл ертіндіні спирт-шамнан шамалы алшақ жерде кептіреміз. Кепкен ертіндіні пипетка көмегімен, 1 тамшы генцинвиолет бояғышымен бояп, бояуды шамалы

кептіреміз. Кепкен бояуды пипетка көмегімен дистелденген сумен шаямыз. Дәл осы шыныға пипетка көмегімен бір тамшы Люголь ерітіндісін тамызамыз, кептіреміз. Оны біз пипетка арқылы алдымен спиртпен, кейін дистелденген сумен шаямыз. Пипетка көмегімен дәл осы заттық шыныға фуксина цилидан 1 тамшы тамызып, шыны бойымен татарып, кептіреміз. Дистелденген сумен пипетка арқылы шайып, иммерисондық май тамызып, микроскоп арқылы қараймыз

(Майкүбі көмірін дәл осылай грам-оң әдісімен бояп, микроскоппен қараймыз)

2.3 Биосолюбизация.

1. Қиғаш агарды, петри табақшаларын автоклавта 1,5 сағ стерильдеп, оны стерелденген петри табақшаларына құйып, кейін ламинарлы бокстың ішінде Дригальский шпательдің көмегімен петри табақшаларының қақпағында жиналған конденсатты жинап аламыз. Кейін ЕПА ортасына Екібастұз және Майкүбі көмірлерінен шыққан микроорганизмдер колониясын отырғызамыз.

2. Екібастұз және Майкүбі микроорганизмдері отырғызылған Петри табақшасына, стерильденген 5гр Екібастұз көмірінен 0,1гр (таразының көмегімен өлшенген) ала отырып Петридағы Екібастұз микроорганизмдеріне септік.

3. Тәуліктік сұйық орта дайындау. 8 пробирка, Петри табақшасында 5гр Екібастұз көмірі, 100мл МПБ сұйық ортасын дайындап, 1,5сағ автоклавта стерильдеу керек. Одан кейін 6 пробиркаға ЕПС сұйық ортасын 10мл-ден құйып, МКБ және ЕКБ штамдарын пробиркада ЕПС сұйық ортасымен араластырамыз, кейін үстінен 0,5гр Екібастұз көмірін қосып, араластыру керек. Ал қалған 2 пробиркаға микроорганизмсіз ЕПС ортасы мен стерильденген көмірден 0,5гр қосып, араластыру қажет. Барлық пробиркалар 7 тәулікке шейкерге жіберілді.

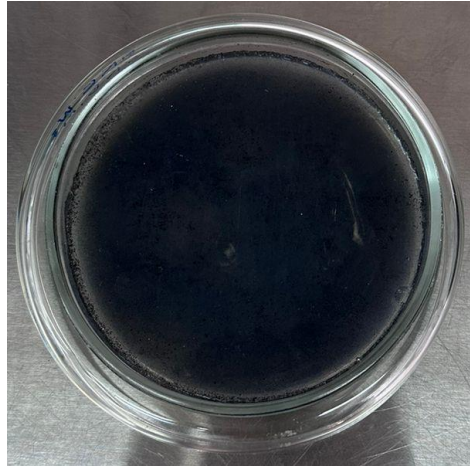
2.4 Көмірді центрифугалау және кептіру.

Соңғы кезең тәуліктік сұйық орта зерттеу жұмыстарынан өткен соң, пробиркадағы көмірді сынамаларға арналған контейнерге салып 10мл-ден, оны 15 минутқа центрифугаға салдық. 2 фазаға бөлінген ортаның, супернатантын бөліп алып, тұнған көмірді (преципитат) термостатқа 60 градуста, 24 сағатқа кептіруге жібердік.

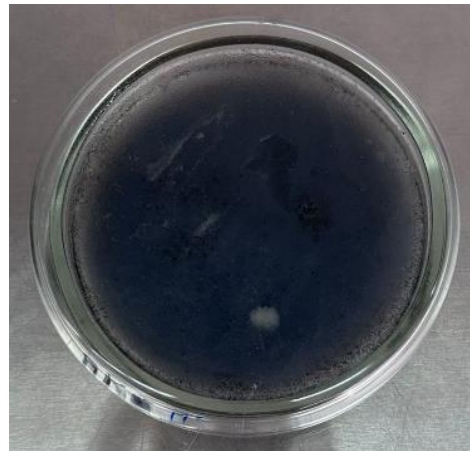
3 Зерттеу нәтижелері және талқылау

3.2 Е8 ортасында өскен штамдарды бақылау.

Термостатқа 36 градусқа 24 сағатқа жәберілген Е8 ортасында Екібастұз және Майкүбі көмірлерінің микроорганизмдері өсіп шықты.



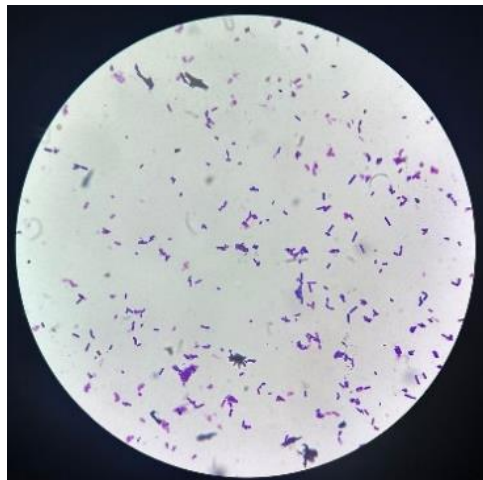
Сурет 7. E8 ортасында өсірілген Екібастұз көмірінің микроорганизмдері.



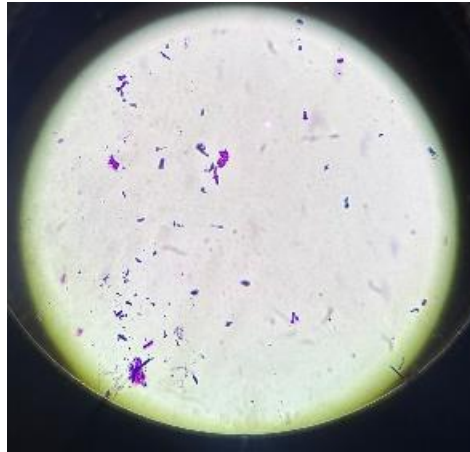
Сурет 8. E8 ортасында өсірілген Майкүбі көмірінің микроорганизмдері.

3.3 Грам-оң боялған микроорганизмдерді анықтау

E8 ортасына және ЕПА ортасына Екібастұз және Майкүбі көмірлерін егіп, оны грам-оң әдісімен боядық, Екібастұз көмірінен таяқша тәрізді бактериялар және Майкүбі көмірінен стрептококк бактериялары өсіп шыққаны байқалды.



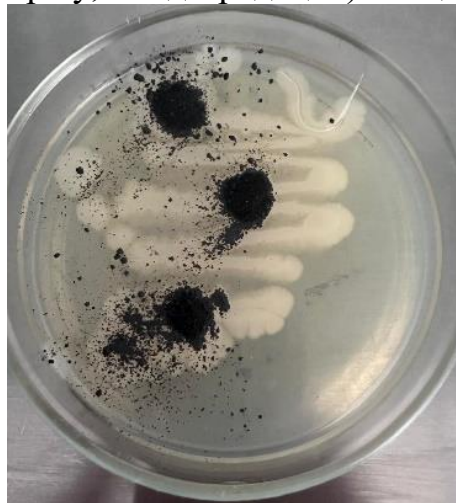
Сурет 9. ЕКБ1 көмірінен грам-оң әдісі арқылы байқалған таяқша бактериялары



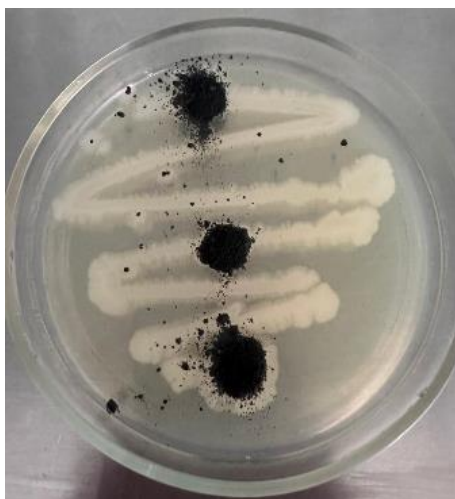
Сурет 10. МКБ1 көмірі, стрептакокктар.

3.3 Қатты және сұйық ортадағы биосолубизация айырмашылығы.

Қатты ортадағы көмірдің биосолубизациясы. Кейін Е8 өсіп шыққан микроорганизм колонияларын ЕПА ортасына штрих әдісімен отырғызылды. Нәтижесінде біз ЕПА ортасында ЕКБ және МКБ көмірлерінің микроорганизмдері әсерінен Екібастұз стерильденген көмірінің биосолубизациясын (биоеріту, биодеградация) байқаймыз.

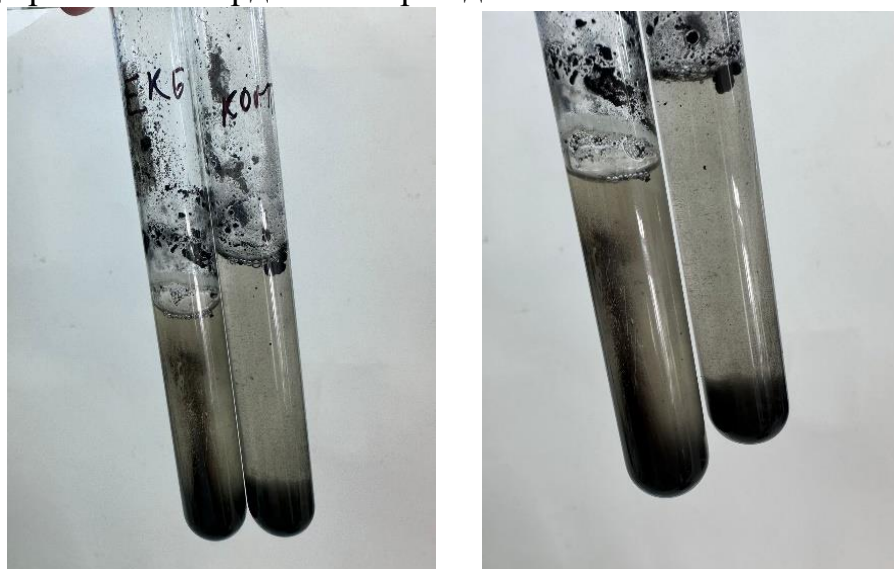


Сурет 11. Екібастұз көмірінің штаммы.

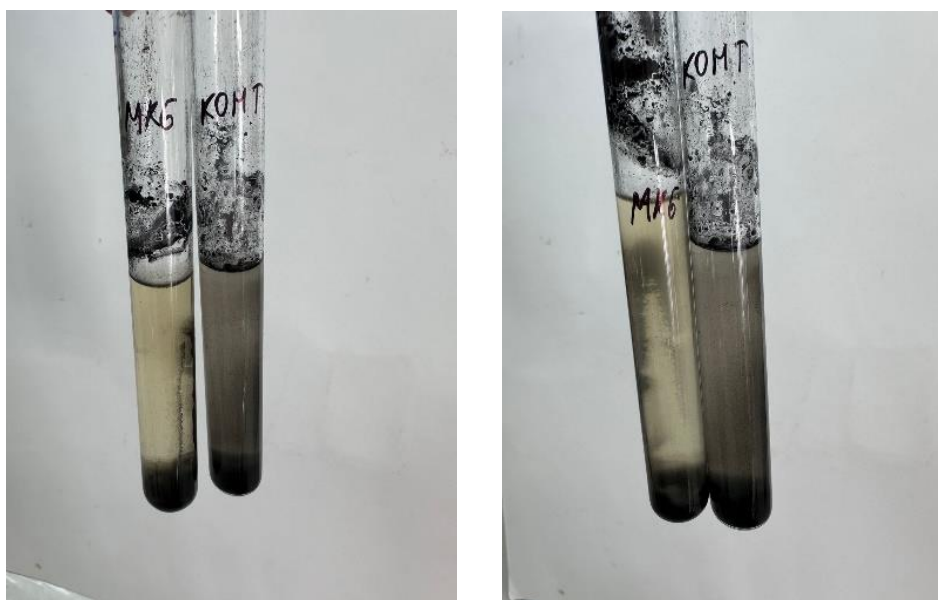


Сурет 12. Майкүбі көмірінің штаммы.

Сұйық ортадағы көмірдің биосолубизациясы. 7 тәулікке жіберілген ЕПС сұйық ортасы шейкерден шығарылды.



Сурет 13. ЕКБ және қадағалауға (контрольный) арналған стерильді Екібастұз көмірі.



Сурет 14. МКБ және қадағалауға (контрольный) арналған стерильді Екібастұз көмірі.

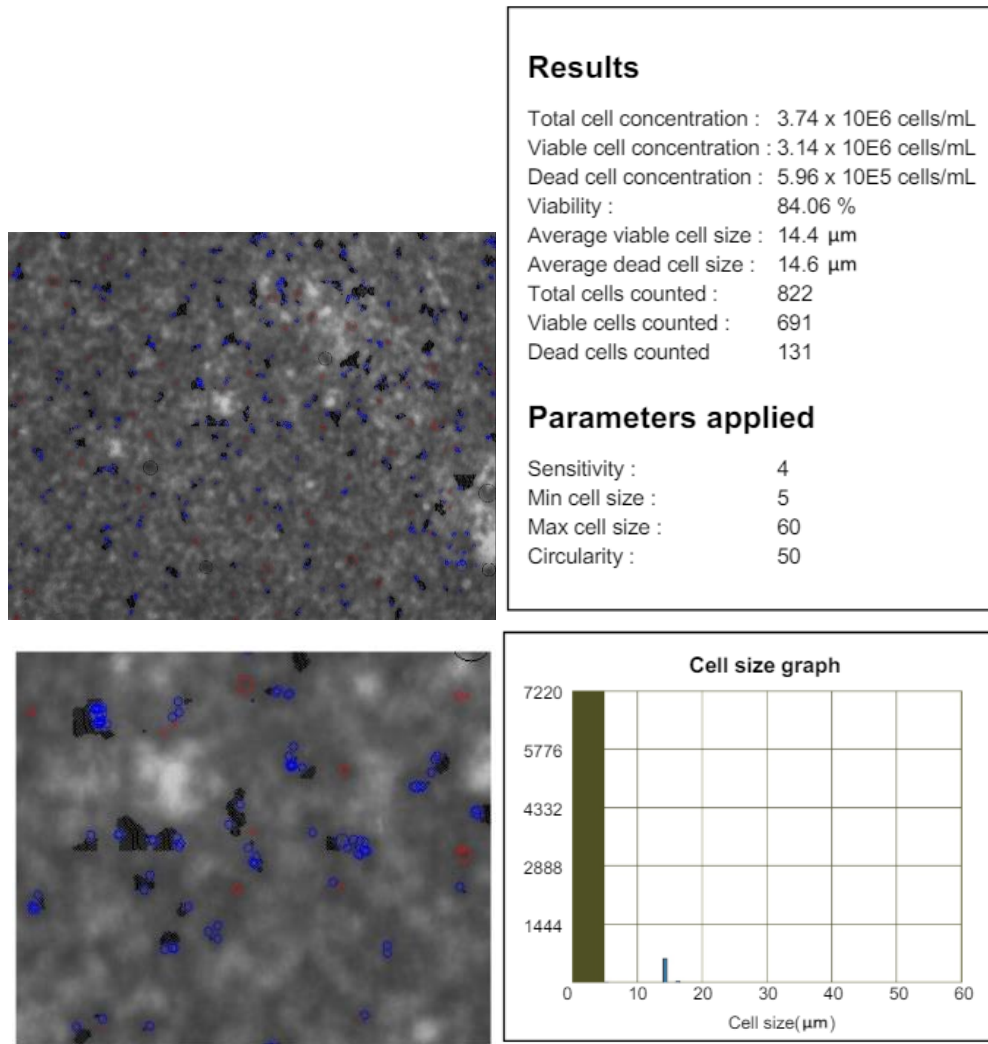
13-14 суреттерде көрсетілген ЕПС ортасының нәтижелері ЕКБ және МКБ штамдары бар пробирка мен микроорганизмсіз егілген Екібастұз көмірлері арасындағы айырмашылықты көреміз. ЕКБ штаммы егілген көмірі бар пробирканың беткі жағында биоқабықша құралғанын, ал пробирканың түпкі жағында микроорганизмдер жиналғанын көреміз. Биоқабықша бұл біздің таяқша тәрізді бактериямыздың 7 тәулік ішінде қорғаныш қабаты ретінде құрған жүйесі. МКБ штаммы егілген Екібастұз көмірі бар пробиркада ұқсас жоғарыда айтыла кеткенге ұқсас реакция пайда болғанын байқаймыз. Салыстыра кетсек, екі түрлі штаммдар енгізілген пробирка арасындағы бар айырмашылығы, бұл ЕКБ штаммының қалыңырақ биоқабықша түзгендігі, ал МКБ штаммы бар пробирка түбінде көбірек микроорганизмдер жиналғандығы. Қадағалауға арналған штаммсыз егілген Екібастұз көмірінде ешқандай реакция жүрмегендігін байқаймыз.

3.4 Микроорганизмдерді оптикалық санау

Стерильденбеген ЕКБ (1 дана) және МКБ (1 дана) көмірлерін 2 пробиркаға сумен араластырып, NanoEntek аппараты арқылы зерттейміз. Бұл аппарат ортадағы тірі және өлі микроорганизмдер санын көру үшін арналған.



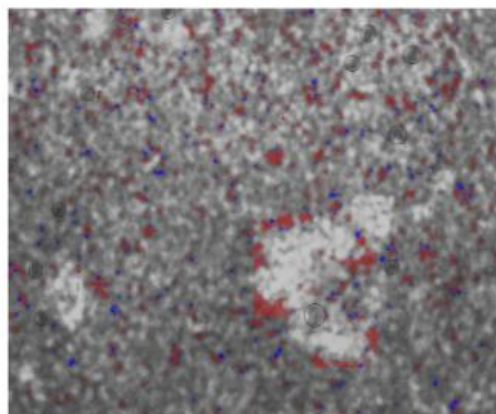
Сурет 15. NanoEntek аппараты



Сурет 16. Стерильденгбеген ЕКБ-дың тірі және өлі микроорганизмдерінің саны.

Жоғарыда көрсетілген суреттерден жасушалардың жалпы концентрациясы $3,74 \times 10^6$ жас/мл, өмір сүруге қабілетті жасушалардың концентрациясы $3,14 \times 10^6$ жас/мл, ал өмір сүруге қабілеті жоқ жасушалардың концентрациясы $5,96 \times 10^5$ жас/мл. Жалпы стерильденгбеген ЕКБ көміріндегі жасушалардың өмір сүруге қабілеттілігі 84,06%. Өмір сүруге қабілетті жасушалардың орташа өлшемі 14,4мкм, ал өлі жасушалардың орташа өлшемі 14,6мкм. Жалпы алғанда барлық жасуша саны 822-ге тең. Олардың ішінде 691 тірі жасушалар, ал 131 өлі жасушалар.

Тірі және өлі жасушалардың саны сезімталдық, ең кіші және ең үлкен ұяшық өлшемі, домалақтық параметрлері бойынша өлшенді.

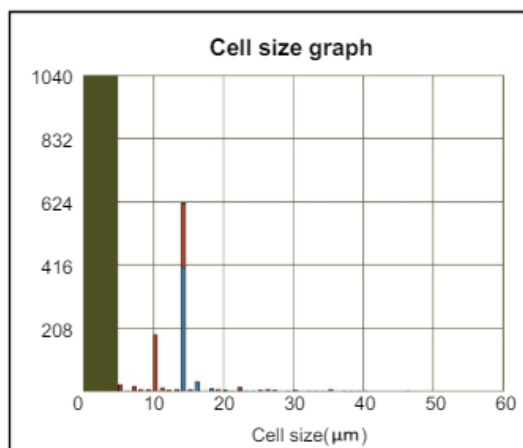
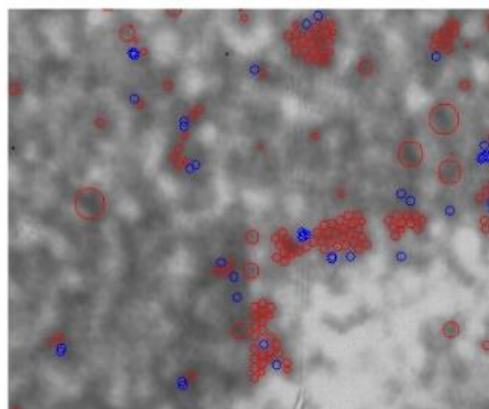


Results

Total cell concentration : 6.95 x 10E6 cells/mL
 Viable cell concentration : 2.13 x 10E6 cells/mL
 Dead cell concentration : 4.82 x 10E6 cells/mL
 Viability : 30.65 %
 Average viable cell size : 14.4 μm
 Average dead cell size : 14.9 μm
 Total cells counted : 1527
 Viable cells counted : 468
 Dead cells counted : 1059

Parameters applied

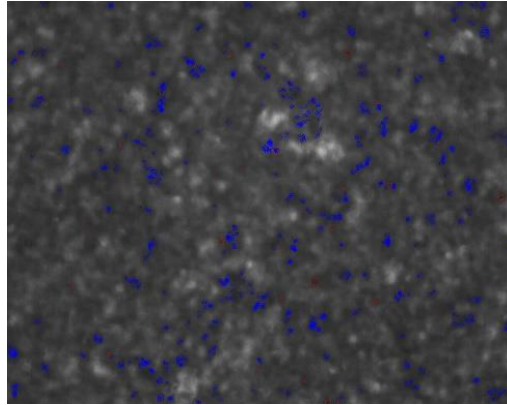
Sensitivity : 4
 Min cell size : 5
 Max cell size : 60
 Circularity : 50



Сурет 16. Стерильденгбеген МКБ-дың тірі және өлі микроорганизмдерінің саны.

Жоғарыда көрсетілген суреттерден жасушалардың жалпы концентрациясы $6,95 \times 10^6$ жас/мл, өмір сүруге қабілетті жасушалардың концентрациясы $2,13 \times 10^6$ жас/мл, ал өмір сүруге қабілеті жоқ жасушалардың концентрациясы $4,82 \times 10^5$ жас/мл. Жалпы стерильденгбеген МКБ көміріндегі жасушалардың өмір сүруге қабілеттілігі 30,65%. Өмір сүруге қабілетті жасушалардың орташа өлшемі 14,4мкм, ал өлі жасушалардың орташа өлшемі 14,9мкм. Жалпы алғанда барлық жасуша саны 1527-ге тең. Олардың ішінде 468 тірі жасушалар, ал 1059 өлі жасушалар.

Бұл алынған нәтижелерді, сұйық ортадан шыққан ЕКБ және МКБ штамдары бар Екібастұз көмірімен салыстырамыз.

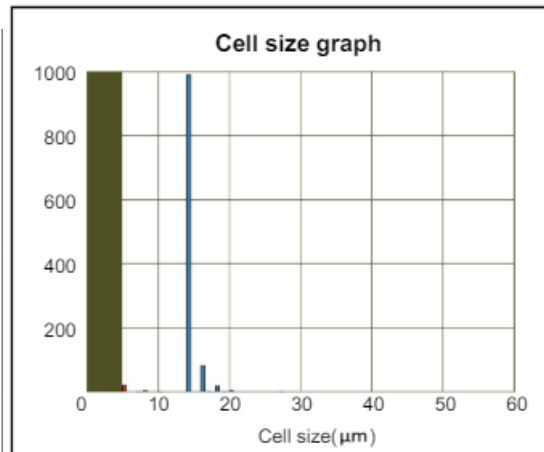
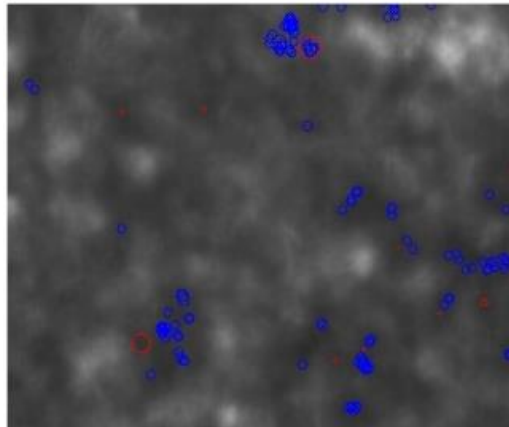


Results

Total cell concentration : 5.33×10^6 cells/mL
Viable cell concentration : 5.07×10^6 cells/mL
Dead cell concentration : 2.59×10^5 cells/mL
Viability : 95.13 %
Average viable cell size : $14.3 \mu\text{m}$
Average dead cell size : $10.6 \mu\text{m}$
Total cells counted : 1171
Viable cells counted : 1114
Dead cells counted : 57

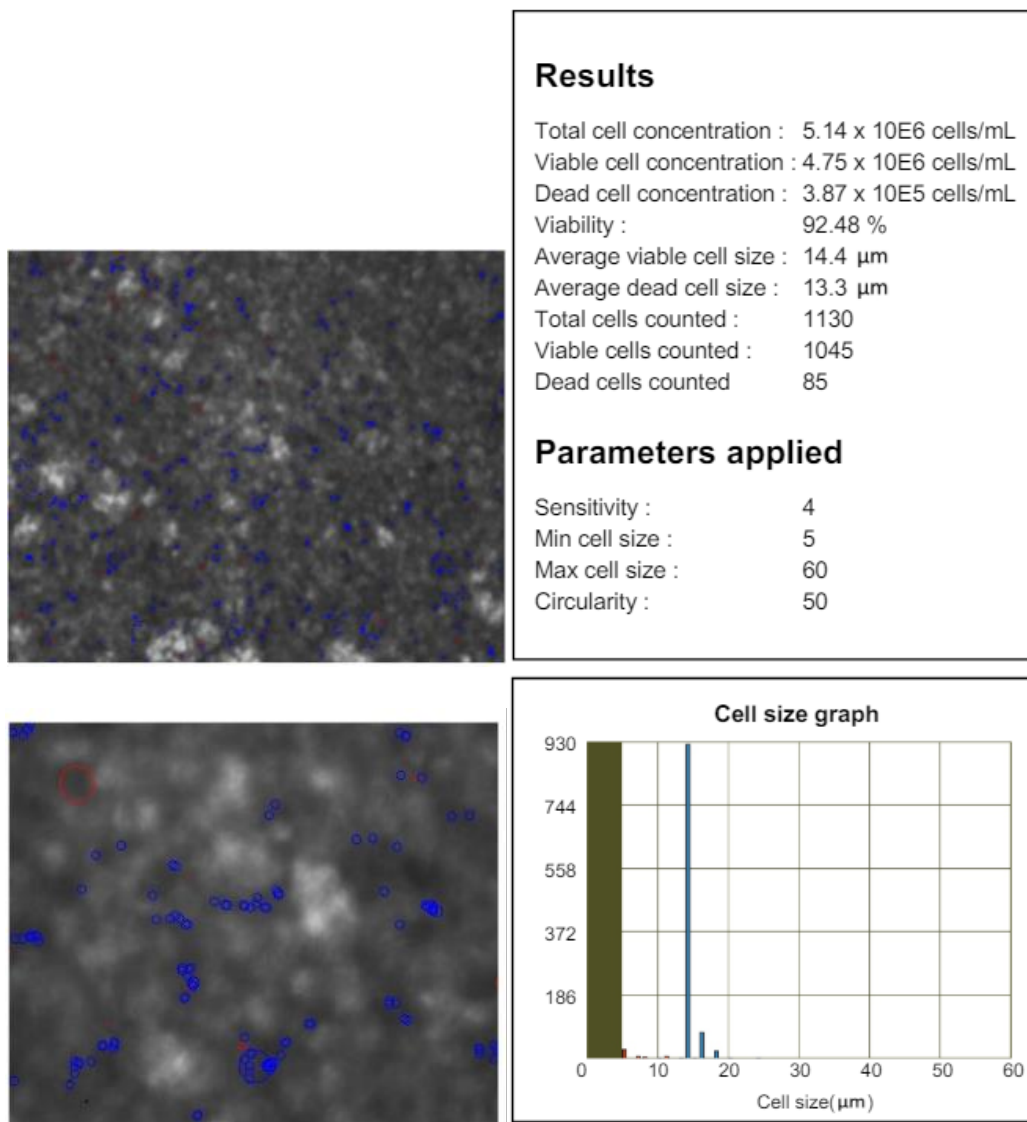
Parameters applied

Sensitivity : 4
Min cell size : 5
Max cell size : 60
Circularity : 50



Сурет 17. Стерильденген ЕКБ-дың тірі және өлі микроорганизмдерінің саны.

Жоғарыда көрсетілген суреттерден жасушалардың жалпы концентрациясы $5,33 \times 10^6$ жас/мл, өмір сүруге қабілетті жасушалардың концентрациясы $5,07 \times 10^6$ жас/мл, ал өмір сүруге қабілеті жоқ жасушалардың концентрациясы $2,59 \times 10^5$ жас/мл. Жалпы стерильденген ЕКБ көміріндегі жасушалардың өмір сүруге қабілеттілігі 95,13%. Өмір сүруге қабілетті жасушалардың орташа өлшемі $14,3 \mu\text{m}$, ал өлі жасушалардың орташа өлшемі $10,9 \mu\text{m}$. Жалпы алғанда барлық жасуша саны 1171-ге тең. Олардың ішінде 1114 тірі жасушалар, ал 57 өлі жасушалар.



Сурет 18. Стерильденген МКБ-дың тірі және өлі микроорганизмдерінің саны.

Жоғарыда көрсетілген суреттерден жасушалардың жалпы концентрациясы $5,14 \times 10^6$ жас/мл, өмір сүруге қабілетті жасушалардың концентрациясы $4,75 \times 10^6$ жас/мл, ал өмір сүруге қабілеті жоқ жасушалардың концентрациясы $3,87 \times 10^5$ жас/мл. Жалпы стерильденген МКБ көміріндегі жасушалардың өмір сүруге қабілеттілігі 92,48%. Өмір сүруге қабілетті жасушалардың орташа өлшемі 14,4 мкм, ал өлі жасушалардың орташа өлшемі 13,3 мкм. Жалпы алғанда барлық жасуша саны 1130-ге тең. Олардың ішінде 1045 тірі жасушалар, ал 85 өлі жасушалар.

3.5 ЕПС ортасының тығыздық және концентрация дәрежесінің спектрлік тәуелділігін өлшеу.

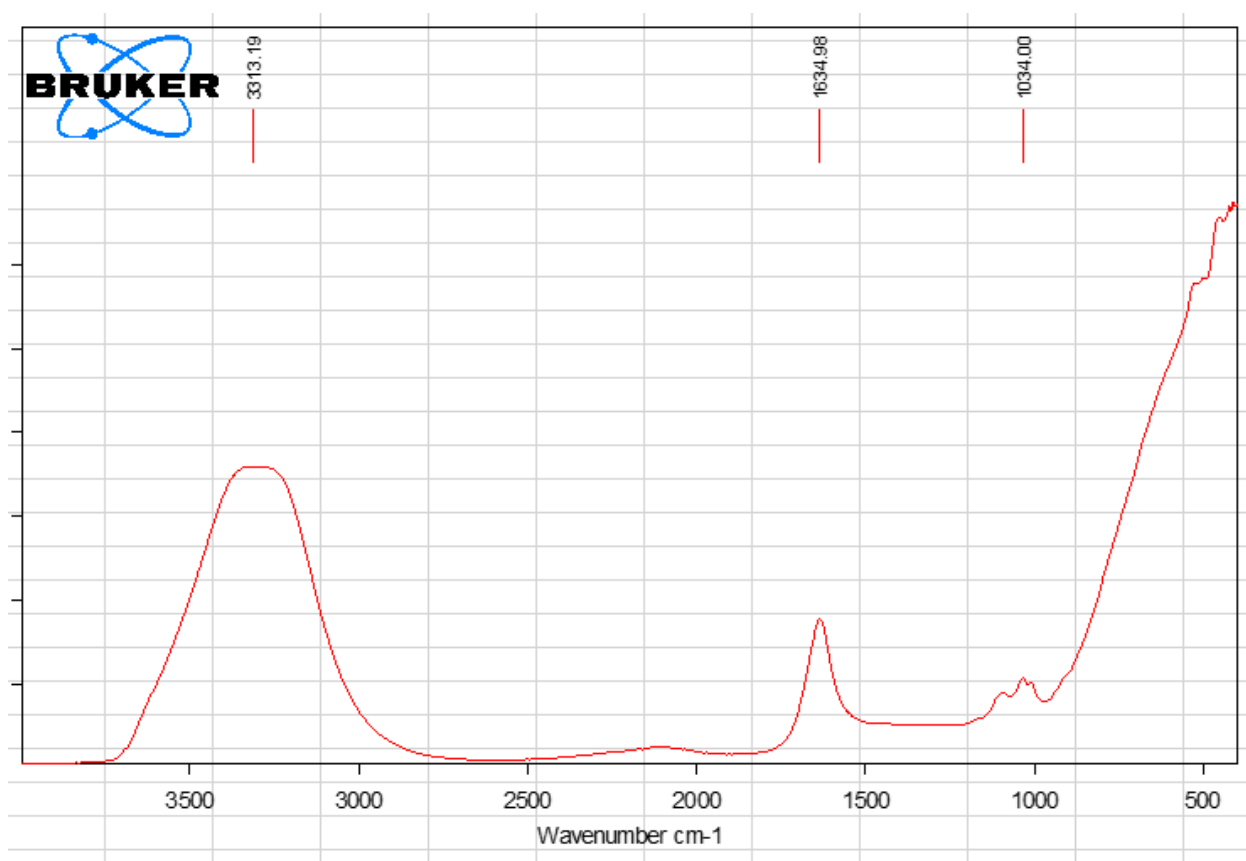
Спектрофотометр арқылы, ЕПС ортасында өсірілген көмірдің, жарық өткізгіштігін тексеру. Спектрофотометр аппараты, жарықтың оптикалық ұзындығын өлшейді.

Культивация барысында биосолюбизация процесі спектрофотометриялық өлшеу негізінде бақыланды.

Барлық тексерілген нұсқалардағы ЕПС ортасындағы бақылау үлгілері үшін алынған нәтижелер нақты сынақтар үшін өте төмен мәндерге ие болды (оптикалық тығыздық ЕКБ = 0,091; МКБ = 0,01), бұл ЕКБ және МКБ микроорганизмдерінің қанығу жылдамдығының әлсіз үлесін көрсетеді (тәжірибе 480 нм оптикалық ұзындықта жүргізілді)

3.6 Инфрақызыл спектроскопия арқылы көмірдің химиялық құрамын зерттеу

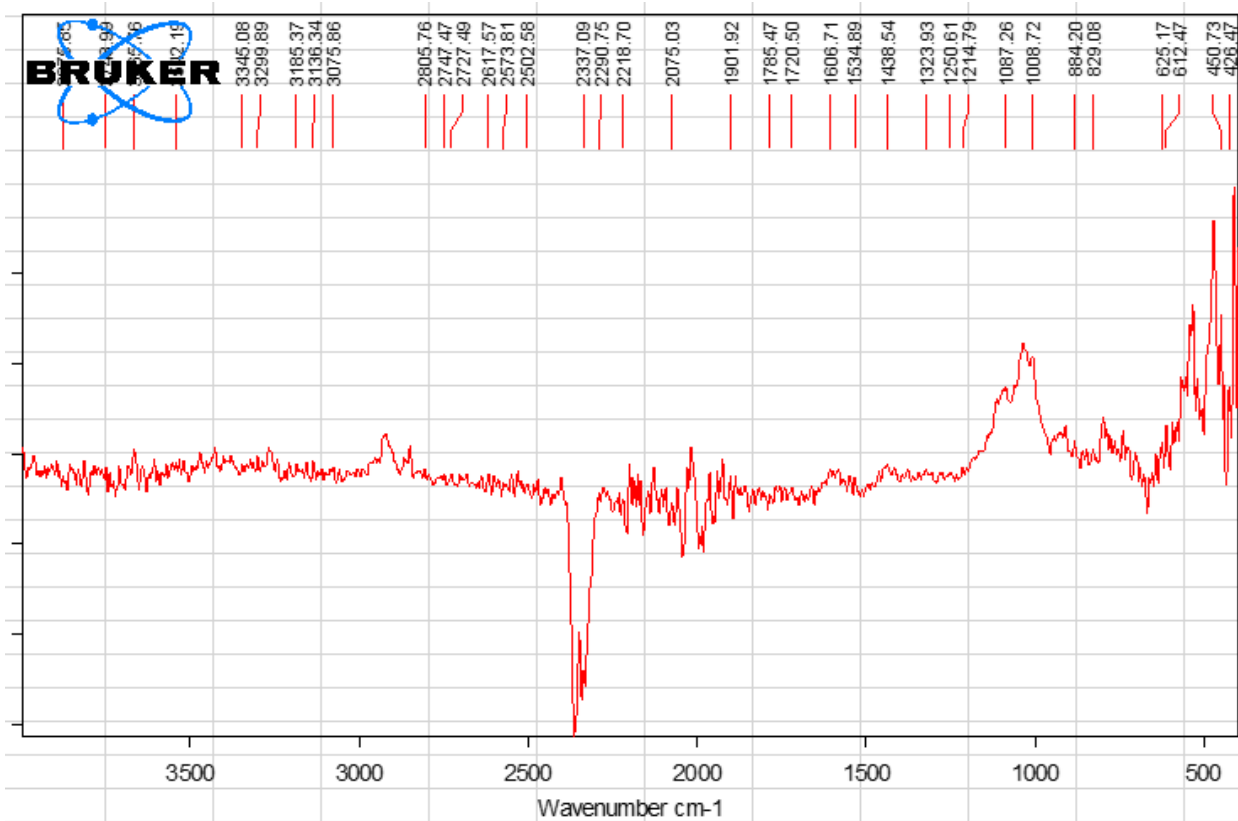
ЕПА ортасында өсірілген Екібастұз және Майкүбі көмірлерінің штамдарына 0,1гр Екібастұз стерильденген көмірі егілген Микроорганизмдер колониясын инфрақызыл спектроскопия арқылы талдау.



Сурет 19. Химиялық қосылыстардың ең жоғары нүктелері.

Кесте 2. Химиялық қосылыстардың ең жоғары нүктелері.

Жоғарғы нүкте	Валенттілігі	Хим. қосылыс
3313,19	$\equiv\text{C}-\text{H}$	Алкиндер; бұл аймақта О-Н және N-H созылу тербелістерінің жолақтары бар.
1634,98	$\text{C}=\text{C}$	Цис изомерлі алкендер
1034,00	$\text{C}-\text{Cl}$	Хлорорганикалық қосылыстар

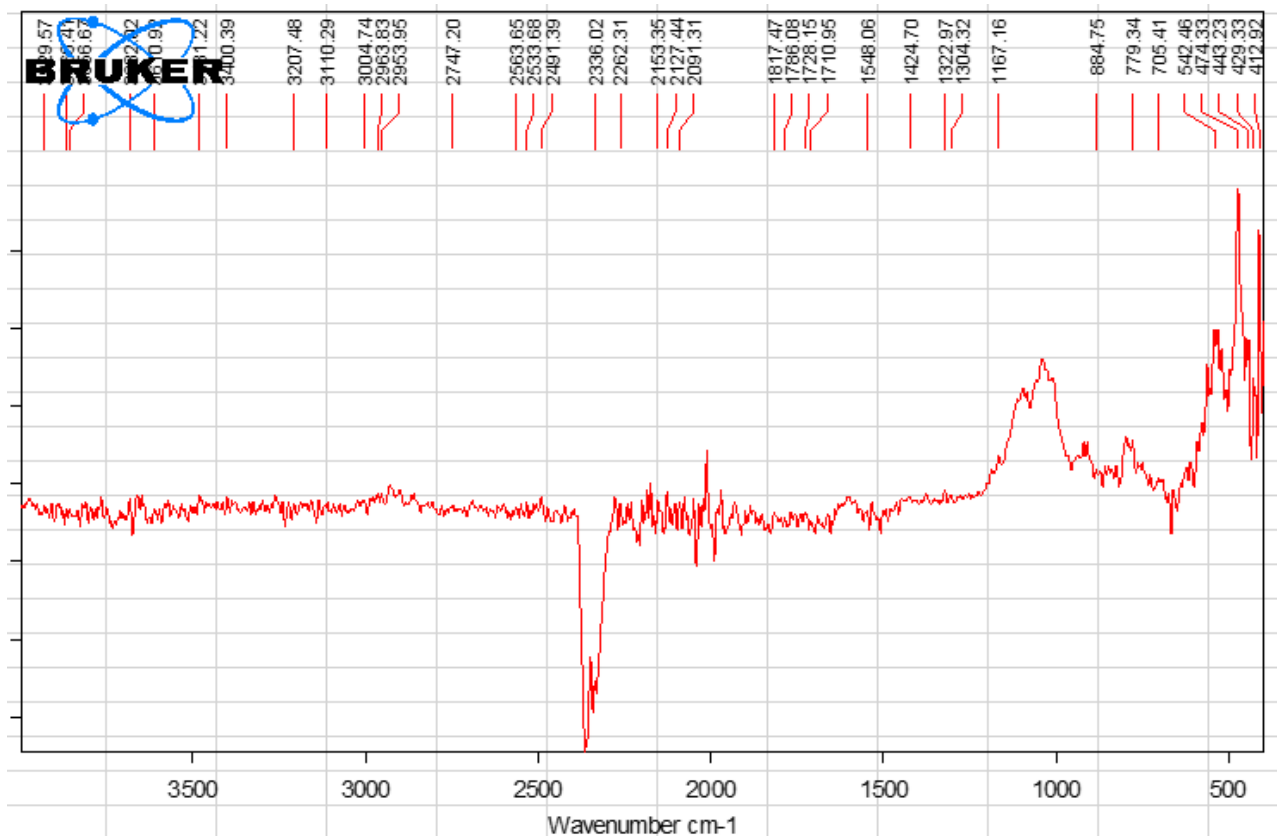


Сурет 20. Екібастұз көмірінің штаммы бар көмірдің химиялық қосылыстарының ең жоғары нүктелері.

Кесте 3. Екібастұз көмірінің штаммы бар көмірдің химиялық қосылыстарының ең жоғары нүктелері

Жоғарғы нүкте	Валенттілігі	Хим. қосылыс
3512,13		Карбон қышқылдары
-3345.08		Аминдер
3299.89		Борорганикалық қосылыстар; Спирттер мен фенолдар
3136.34- 3185,37		Амидтер
-3075.86		Ароматты көмірсутектер; Алкендер
2805,76- 2727,49		Иминдер мен оксимдер
2617,57- 2218,70		Борорганикалық қосылыстар
1901,92		Карбон қышқылы галогенидтері
1720,50		Карбон қышқылы ангидридтері
1606,71		Нитроқосылыстар мен нитрозоқосылыстар
1534,87		Амидтер

1438,54		Иминдер мен оксимдер
1250		Спирттер мен фенолдар
1008,72		Органикалық кремний қосылыстары
884,2		Алкандар мен алкил фрагменттері Фторорганикалық қосылыстар
612,42		Алкиндер
450,73		Йод органикалық қосылыстар



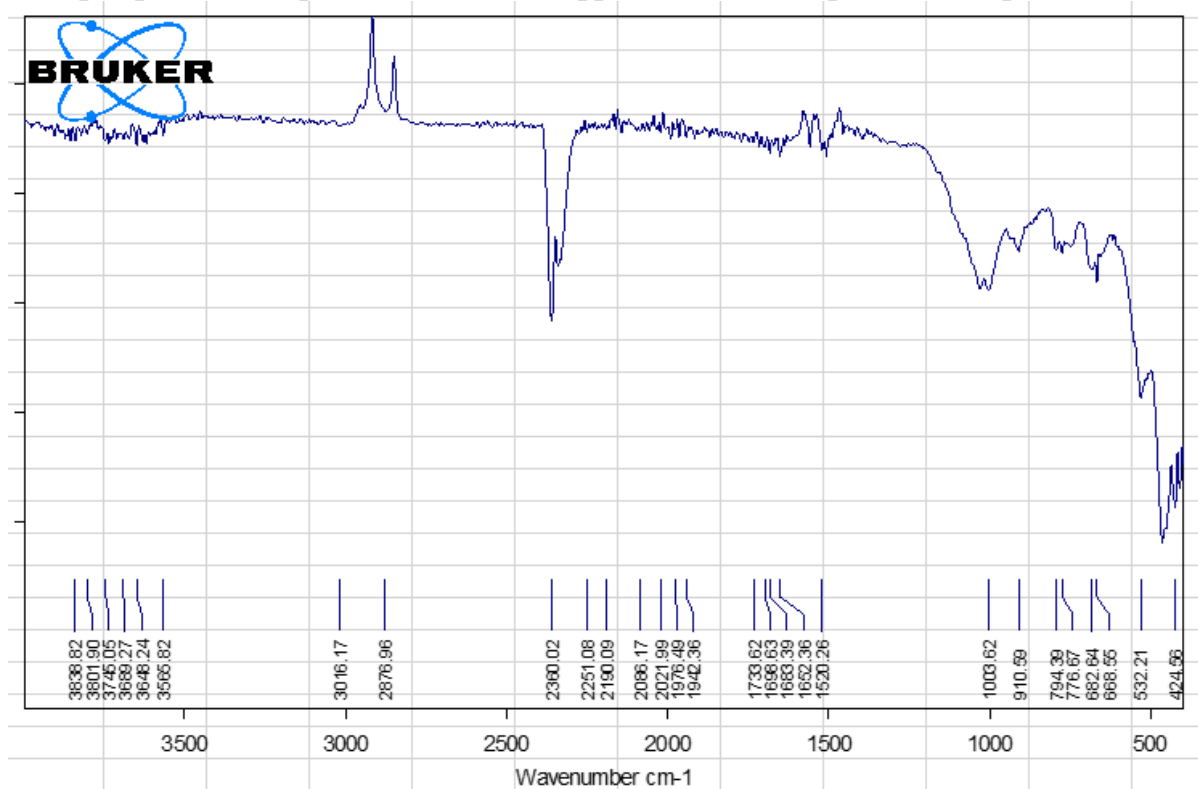
Сурет 21. Майкүбі көмірінің штаммы бар көмірдің химиялық қосылыстарының ең жоғары нүктелері.

Кесте 4. Майкүбі көмірінің штаммы бар көмірдің химиялық қосылыстарының ең жоғары нүктелері.

Жоғарғы нүкте	Валенттілігі	Хим. қосылыс
3400,39		Спирттер мен фенолдар Пероксидтер Амидтер
3207,48		Пероксидтер
2953,95		Алкандар және алкил фрагменттері
2747,20		Альдегидтер
2563,65		Тиолдар және сульфидтер
2336,02		аминдер

2091,31		Алкандар және алкил фрагменттері
1817,47		Карбон қышқылы ангидридтері
1548,06		Ароматты көмірсутектер
1167,16		Эфирлер және ацеталдар
884,46		Тиолдар мен сульфидтер
705,41		Тиолдар мен сульфидтер
474,47		Йод органикалық қосылыстар

ЕПС ортасында өсірілген Екібастұз және Майкүбі көмірлерінің штамдарына 0,5 грамм Екібастұз стерильденген көмірі қосылған. Микроорганизмдер колониясын инфрақызыл спектроскопия арқылы талдау.

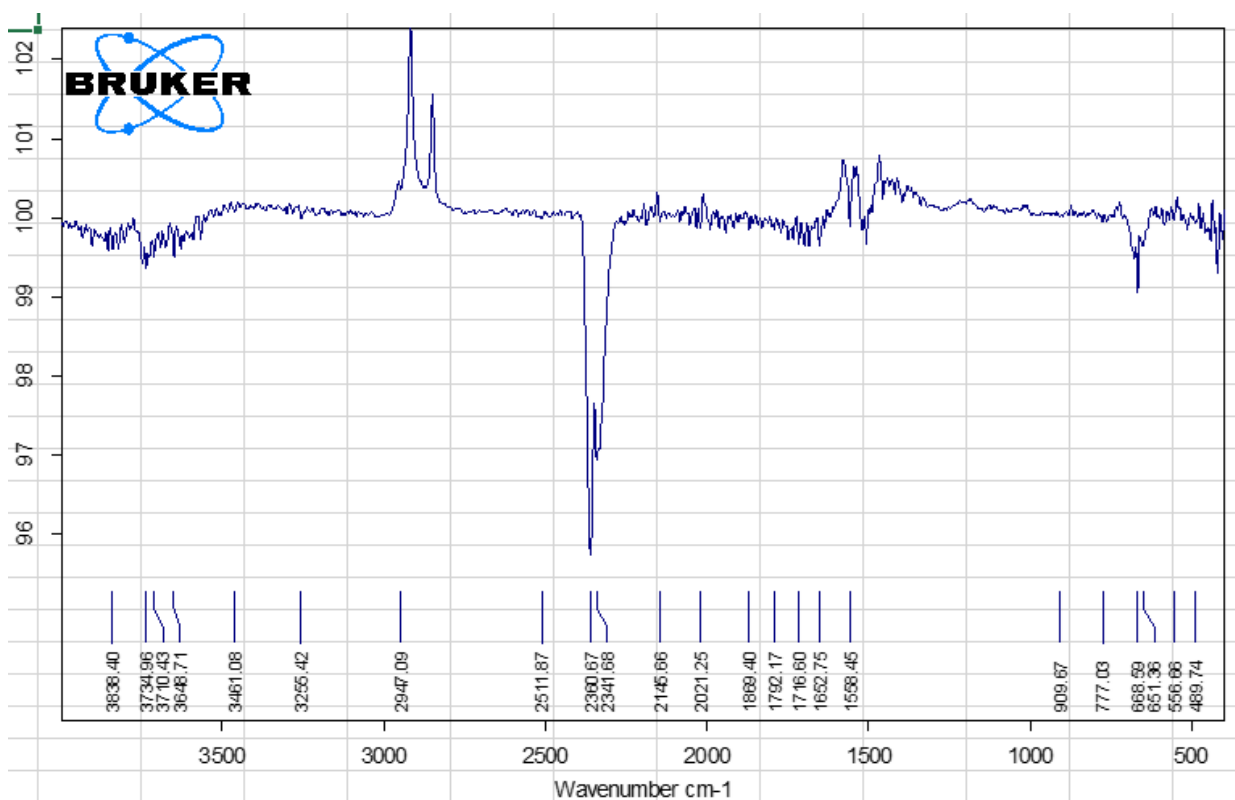


Сурет 22. Стерильденген Екібастұз (контрольный) көмірінің химиялық құрамы

Кесте 5. Стерильденген Екібастұз(контрольный) көмірінің химиялық құрамы

Жоғарғы нүкте	Валенттілігі	Атауы
3565.82		Иминдер мен оксимдер
3016.17		Алкендер
2876.96		Альдегидер
2360.02		Фосфоорганикалық

		қосылыстар Борорганикалық қосылыстар
2251.08		Фосфоорганикалық қосылыстар
2190.09		Кремнийорганикалық қосылыстар
2086.17		Алканды және алкильді фрагменттер
1733.62		-Кетондар -Альдегидер -Амидтер -Карбон қышқылдарының ангидридi
1698.63		-Амидтер -Карбон қышқылдарының ангидридi
1520.26		Ароматты көмірсутектер
1003.62		-Фторорганикалық қосылыстар -Хлорорганикалық қосылыстар -Броморганикалық қосылыстар -Жай эфирлер
910.59		Тиоцианаттар және тиоизоцианаттар
794.39		-Кремнийорганикалық қосылыстар -Фосфоорганикалық қосылыстар
776.67		Фосфоорганикалық қосылыстар
682.64		Борорганикалық қосылыстар Тиолдар және сульфидтер
532.21		Йодорганикалық қосылыстар

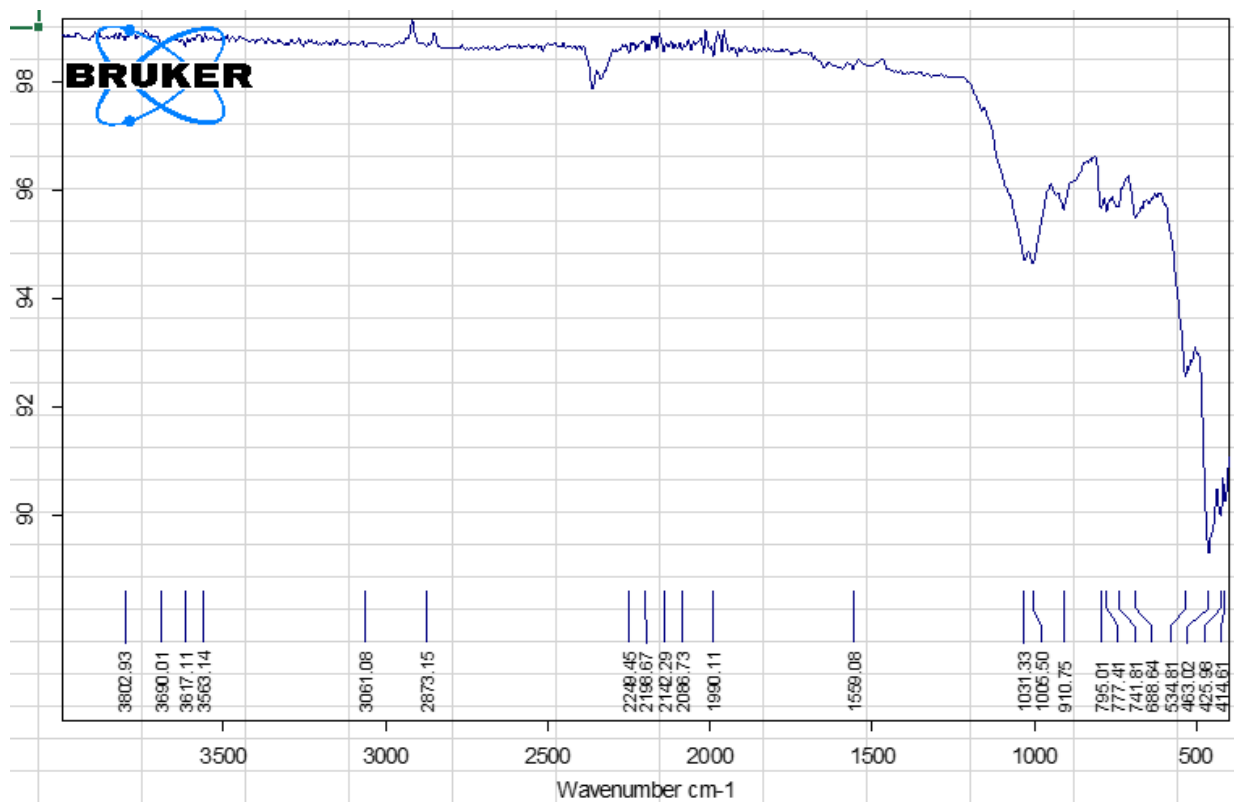


Сурет 23. ЕКБ штаммы бар стерилденген Екібастұз көмірінің химиялық құрамы.

Кесте 6. ЕКБ штаммы бар стерилденген Екібастұз көмірінің химиялық құрамы.

Жоғарғы нүкте	Валлентілігі	Атауы
3648.71		Спирттер мен фенолдар
3461.08		Спирттер мен фенолдар Иминдер мен оксимдер Амидтер
3255.42		Алкиндер
2947.09		Иминдер мен Оксимдер Алканды және алкильді фрагменттер
2511.87		Карбон қышқылдары Борорганикалық қосылыстар
2145.66		Цианаттар және изоцианаттар Тиоцианаттар және тиоизоцианаттар
2021.25		Аминдер
1869.40		Карбон қышқылдарының

		ангидридi
1792.17		Қарбон қышқылдарының галогенангидридтері
1716.60		Амидер Күрделі эфирлер Кетондар Альдегидтер
1652.75		Алкены
1558.45		Амины
909.67		Тиоцианаттар және тиоизоцианаттар Тиолдар мен сульфидтер
777.03		Фосфорорганикалық қосылыстар
668.59		Борорганикалық қосылыстар
556.66		Кремниорганикалық қосылыстар
489.74		Йодорганикалық қосылыстар



Сурет 24. МКБ штаммы бар стерилденген Екібастұз көмірінің химиялық құрамы.

Кесте 7. МКБ штаммы бар стерилденген Екібастұз көмірінің химиялық құрамы.

Жоғарғы нүкте	Валеттілігі	Атауы
3563.14	O–H вал.	Иминдер мен оксимдер
3061.08	C–H вал. C–H вал.	Ароматты көмірсутектер Алкендер
2873.15	C–H комб.	Альдегидтер
2249.45	B–H вал.	Борорганикалық қосылыстар
2198.67	SC≡N вал. OC≡N вал. N+≡N вал.	Тиоцианаттар және тиоизоцианаттар Цианаттар және изоцианаттар Диазо қосылыстары
1559.08	C=N вал. NO ₂ вал. асим. NH деф.	Иминдер мен оксимдер Нитроқосылыстар және нитрозоқосылыстар Аминдер
1031.33	C–O–O вал. C–Br вал. C–Cl вал. C–O вал. C–O–C вал. сим.	Пероксидтер Броморганикалық қосылыстар Хлорорганикалық қосылыстар Спирттер мен фенолдар Жай эфирлер мен ацетальдар
1005.50	C–F вал. C–O вал.	Фторорганикалық қосылыстар Спирттер мен фенолдар
910.75	O–O вал	Пероксидтер
795.01	S–O вал. P–C вал.	Сульфоксидтер және сульфондар Фосфорорганикалық қосылыстар
688.64	Si–C вал.; Si–F вал.	Сульфоксидтер және сульфондар
534.81	C–I вал.	Йодорганикалық қосылыстар
463.02	C–I вал.	Йодорганикалық қосылыстар

Инфрақызыл анализ негізінде, ЕПА(19-сурет) және ЕПС ортасында(22-сурет) өсірілген Екібастұз (контроль) көмірлерін салыстыра келе, стерилденбеген көмірде жоғары концентрацияда, $3313,19-1634,98\text{см}^{-1}$ толқын ұзындығында анықталған алифатты қосылыстардың, ал стерильденген көмірде алифатты қосылыстармен бірге галогенорганикалық қосылыстардың ($1003,62\text{см}^{-1}$) толқын ұзындығында және спирттердің ($1733,62\text{см}^{-1}$) жоғары концентрациясын көре аламыз.

Ал ЕКБ көмірінің штаммы қосылған ЕПА(20-сурет) және ЕПС(23-сурет) ортасында өсірілген Екібастұз көмірлерінің химиялық құрамына келсек, ЕПА ортасында аминокосылыстар ($3345,08-3185,37\text{см}^{-1}$), карбон қышқылының галогенидтері мен ангидридтері ($1901,92-1720,50\text{см}^{-1}$) және алифатты қосылыстар, ал ЕПС ортасында спирттер мен фенолдар ($3648,71-3461,08^{-1}$), карбон қышқылының гаолгенидтері мен ангидридтер ($1792,17-1869,40\text{см}^{-1}$), алифатты қосылыстар ($1652,75-1558,45\text{см}^{-1}$), галогенорганикалық қосылыстар ($777,03-668,59\text{см}^{-1}$) мен тиоционаттар мен тиолдар байқалды.

ЕПС көмірінің штаммы қосылған ЕПА(21-сурет) және ЕПС ортасында(24-сурет) өсірілген Екібастұз көмірлерінің химиялық құрамы. ЕПА ортасында жоғары концентрацияда алифатты көмірсутектер ($2953,95; 2091,31\text{см}^{-1}$), пероксидтер ($3400,39-3207,48\text{см}^{-1}$), ароматты көмірсутектер ($1548,06$), толдар мен сульфидтер ($884,46-705,41\text{см}^{-1}$); ЕПС ортасында өсірілген көмірдің құрамына келсек, иминдер мен оксимдер ($3563,14\text{см}^{-1}$), ароматты көмірсутектер мен алкендер ($3061,08\text{см}^{-1}$), галогенорганикалық қосылыстар ($2249,45; 1031,33; 1005,50\text{см}^{-1}$), спирттер мен фенолдар ($1031,33; 1005,50\text{см}^{-1}$), және цианокосылыстар ($2198,67\text{см}^{-1}$) диапазонында байқалады.

4 Қорытынды

Е8 және ЕПА әмбебап орталарына Екібастұз, Майкүбі және Кузнецкий көмірлері Кох әдісі арқылы отырғызылды, нәтижесінде Екібастұз және Майкүбі көмірлерінен таяқша бактериялар, яғни *Bacillus mycoides* мен стрептококктар өсіп шықты. Бұл грам-он әдісі кезінде, микроскопия арқылы анықталды. Өсірілген ЕКБ және МКБ көмірлерінің штамдарын қолдана отырып, Екібастұз көмірінің қатты (ЕПА) және сұйық (ЕПС) ортада биосоллюбизациясы өткізілді. Биосоллюбизация нәтижесінде әртүрлі ортада өскен ЕКБ және МКБ штамдарына инфрақызыл спектроскопия, оптикалық спектрофотометрия және NanoEntek аппаратын да оптикалық санау зерттеулері жүргізілді.

NanoEntek аппараты арқылы оптикалық санау кезінде стерильденбеген Екібастұз көмірі мен стерильденген Екібастұз көмірін салыстыру кезінде, ЕКБ штаммы көмір құрамындағы микроорганизмдердің тіршілік ету қабілеттілігін 84,05 -дан 95,18 -ға дейін, ал МКБ штаммы 30,65 -дан 92,18 -ға дейін көбейткендігі мәлім болды. Осы зерттеудің нәтижесінде Майкүбі көмірінен алынған МКБ штаммының белсенділігі Екібастұз көмірінен алынған ЕКБ көміріне қарағанда әлдеқайда жоғары екендігі анықталды.

Оптикалық спектрофотометрия арқылы жүргізілген зерттеу кезінде ЕКБ және МКБ штамдары бар супернатанттың жарық өткізгіштігі төмен екендігі байқалды, бұл ЕКБ және МКБ штамдарының әлсіз үлесін көрсетеді.

Инфрақызыл спектроскопия арқылы ЕКБ және МКБ штамдары бар Екібастұз көмірінің химиялық құрамы зерттеліп, көмірге ЕКБ және МКБ штамдарын қосқаннан кейін көмірдің химиялық құрамы жоғарылап, әртүрлілікке ие болатындығы мәлім болды.

Қорытындылай келе, Екібастұз көміріне ЕКБ және МКБ штамдарының әсерінен көмір құрамындағы гуминді заттардың және белсенді микроорганизмдерінің санын арттыруға зор үлесін қосатындығы анықталды. Осының нәтижесінде көмірді шаруашылықта қолданудың мүмкіндіктерін арттыруға болатындығы анықталды.

5. Қабылданған терминдер тізімі, қысқартулар тізімі

ҚКҚ – қоңыр көмір қалдықтары (BCW)

ҒҮМ - көң сұйықтығы

Trametes hirsuta - *Polyporaceae* тұқымдасының *Trametes* тұқымдасының бөлігі, базидиомицет саңырауқұлақтарының бір түрі.

Trametes maxima

Cupriavidus sp., *Pseudomonas sp.* - сыртқы ортадағы ауыр металл иондарының жоғары концентрациясына эволюциялық жолмен бейімделген спора түзбейтін грамтеріс бактерия - басқа микроорганизмдердің көпшілігі үшін анық өлімге әкелетін концентрациялар

Alcaligenes sp. - *Alcaligenaceae* тұқымдасына жататын грамтеріс таяқша тәрізді бактериялардың бір түрі, *Alcaligenes* тұқымдасының типті түрі. Бастапқыда нәжістен оқшауланған, кейін топырақ пен суда анықталған.

Trametes versicolor - кең тараған саңырауқұлақ, сапрофит.

Trichoderma reesei - *Hypocreaceae* тұқымдасының *Trichoderma (Trichoderma)* тұқымдасына жататын аскомицет саңырауқұлақтарының бір түрі. Бұрын бұл атау саңырауқұлақтың анаморфтық кезеңіне ғана қатысты, ал телеоморф *Hypocrea jecorina* деп аталды.

Bacillus mycoides - *Bacillus* туысының бактериясы. Басқа *Bacillus* түрлері сияқты, *B. mycoides* грам оң, таяқша тәрізді және спора түзеді. *B. mycoides* басқа *Bacillus* түрлерінен агар пластинкаларында ерекше өсуімен ерекшеленеді, онда ол өзіне тән бұйралары бар кең, түкті колониялар құрайды.

Gordonia alkanivorans – бұл Гордония тұқымдасының бактериясы. *Gordonia alkanivorans* гексадеканды метаболизмге қабілетті.

Acidithiobacillus ferrooxidans - екі валентті темірді (Fe^{II+}) темірге (Fe^{III+}) тотықтыруға және осы процесте бөлінген энергияны көміртегі диоксидінен немесе карбонаттардан көміртекті ассимиляциялау үшін пайдалануға қабілетті бактериялар.

Пайдаланылган әдебиеттер

- 1 Deposits and quality indicators of brown coal in Ukraine Daria Bilets , Д. В. Мірошниченко <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-3/005>
- 2 Brown coal: Victoria's vital resource Peter L. Spurrier [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(86\)90062-9](https://doi.org/10.1016/0360-5442(86)90062-9)
- 3 Influence of oxidized brown coal on dairy productivity of red-pested breed cows Tatyana Yu. Savchenko <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202203010>
- 4 Brown Coal Waste in Agriculture and Environmental Protection: A Review Rafał Toczko, B.Symanowicz <https://doi.org/10.3390/su151813371>
- 5 Pit lake water quality closure tool for Hazelwood brown coal mine, Victoria, Australia Antonia Scrase, James Faithful https://doi.org/10.36487/acg_repo/2215_28
- 6 Flue Gas Emissions on the Oxygen-Enriched Combustion of Brown Coal and Woody Biomass Kenan Kadić, Nihad Hodžić https://doi.org/10.1007/978-3-031-34721-4_11
- 7 Diversity of Eukaryotic Microorganisms in the Drainage Waters of a Coal Open-Cast Mine О. В. Карначук , Н. В. Равин <https://doi.org/10.1134/s0026261720050100>
- 8 Comparison of emissions of gaseous and particulate pollutants from the combustion of biomass and coal in modern and old-type boilers used for residential heating in the Czech Republic, Central Europe Pavel Mikuška, Kamil Krpec <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.137>
- 9 Modified activated carbons for esterification of acetic acid with ethanol Agnieszka Tolińska, Karolina Ptaszyńska <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2019.107608>
- 10 Zhihua Wang, Jianzhong Liu Oxidation mechanism for coal-assisted water electrolysis for hydrogen production: Evolution of different structures in coal molecules with reaction depth <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123910>
- 11 Н. В. Малышенко, К. М. Shpakodraev Study of bitumoids extracted from O-alkylated brown coal <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1749/1/012029>
- 12 Strakhov, V. M., Chokin, T. K., Yedilbayev, A. I., & Muzgina, V. S. (2016). Prospects for the development of brown coal deposits in kazakhstan and their quality evaluation for the direct iron reduction process. Coke and Chemistry, 59(3), 87–91. <https://sci-hub.se/10.3103/s1068364x1603011x>
- 13 Алияров Б.К., Алиярова М. Б. Сжигание Казахстанских углей на ТЭС и на крупных котельных. – Алматы: Гылым, 2012. – 304 с.
- 14 Ермагамбет Б.Т., Касенов Б.К. и др. Чистые угольные технологии: теория и практика. – Караганда: «TENGRİ Ltd», 2013. – 276 с.
- 15 Мергалимова А. К. Технология сжигания углей со сниженным воздействием на окружающую среду. Сборник тезисов к научно-практической конференции: «Исследование казахстанских углей на возможность извлечения летучих горючих веществ» - Нур-Султан, 2020. – 107 бет. (Қоршаған ортаға әсері аз көмірді жағу технологиясы) <http://nur.nu.edu.kz/handle/123456789/4943>

- 16 Preparation of Briquettes on the Basis of Sub-Standard Coal of Kazakhstan Fields Marat Tulepov^{1, 2}, Larissa Sassykova^{1, 2}, Almagul Kerimkulova^{1, 2}, Gulmira Tureshova^{1, 2}, Fedosya Abdrakova^{1, 2}, Anar Zhapekova¹, Zukhra Sultanova¹, Galiya Spanova¹, Dana Tolep^{1, 2}, Sholpan Gabdrashova^{1, 2}, Dauren Baiseitov^{1, 2} <https://doi.org/10.23939/chcht16.01.118>
- 17 Morel Oprisan. Prospects for coal and clean coal technologies in Kazakhstan. IEA CLEAN COAL CENTRE. - December 2011. - P. 57 https://usea.org/sites/default/files/122011_Prospects%20for%20coal%20and%20clean%20coal%20technologies%20in%20Kazakhstan_ccc192.pdf
- 18 "Богатырь Көмір" ЖШС-Қазақстанның ең ірі, қарқынды дамып келе жатқан көмір өндіруші компания жайлы. <https://www.samruk-energy.kz/en/company/group-of-companies/too-bogatyir-komir>
- 19 Chernetskiy, M. Y., Butakov, E. B., Kuznetsov, A. V., & Burdukov, A. P. (2019). Conversion of the Mineral Matter of Brown Coal from the Kansk-Achinsk Basin and Hard Coal from the Ekibastuz Basin upon Their Crushing in a Disintegrator. *Solid Fuel Chemistry*, 53(4), 202–207. doi:10.3103/s0361521919040037 <https://sci-hub.se/10.3103/s0361521919040037>
- 20 Podgaetskii, A. V., Novikova, N. G., Bedretdinova, E. A., & Lavrinenkoit, A. A. (2014). Determination of noble metal concentrations in brown coals from the Nazarovskoe deposit using a set of spectrometric methods. *Solid Fuel Chemistry*, 48(5), 307–312. doi:10.3103/s0361521914050115 <https://sci-hub.se/10.3103/s0361521914050115>
- 21 Amoah-Antwi, C., Kwiatkowska-Malina, J., Fenton, O., Szara, E., Thornton, S. F., & Malina, G. (2021). Holistic Assessment of Biochar and Brown Coal Waste as Organic Amendments in Sustainable Environmental and Agricultural Applications. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232(3). doi:10.1007/s11270-021-05044-z <https://sci-hub.se/10.1007/s11270-021-05044-z>
- 22 Mikos-Szymańska, M., Schab, S., Rusek, P., Borowik, K., Bogusz, P., & Wyzińska, M. (2019). Preliminary Study of a Method for Obtaining Brown Coal and Biochar Based Granular Compound Fertilizer. *Waste and Biomass Valorization*. doi:10.1007/s12649-019-00655-4 <https://sci-hub.se/10.1007/s12649-019-00655-4>
- 23 Golovina, V. V., Eremina, A. O., Chesnokov, N. V., & Sobolev, A. A. (2018). Thermally Activated Brown and Black Coals as the Sorbents of Chromium(VI) from Aqueous Solutions. *Solid Fuel Chemistry*, 52(4), 240–246. doi:10.3103/s0361521918040043 <https://sci-hub.se/10.3103/s0361521918040043>
- 24 Yan, C., Zheng, M., Bosch, C., Andersson, A., Desyaterik, Y., Sullivan, A. P., ... Gustafsson, Ö. (2017). Important fossil source contribution to brown carbon in Beijing during winter. *Scientific Reports*, 7(1). doi:10.1038/srep43182 <https://sci-hub.se/10.1038/srep43182>
- 25 Du, K., Zhang, J., Wang, D., Fan, Z., & Li, Z. (2013). Coliquefaction of coal and waste plastic using boron trifluoride etherate as catalyst at moderate conditions. *Solid Fuel Chemistry*, 47(6), 375–383. doi:10.3103/s0361521913060050 <https://sci-hub.se/10.3103/s0361521913060050>

- 26 Guo, L., Zhou, Z., Chen, L., Shan, S., & Wang, Z. (2019). Study of the pyrolysis of coals of different rank using the ReaxFF reactive force field. *Journal of* <https://sci-hub.se/10.1007/s00894-019-4044-1>
- 27 Zhu, H., Wang, H., Wang, W., & Liu, J. (2020). Study on the Change of Dielectric Properties and Chemical-Mechanism during Coal Low-Temperature Oxidation. *Scientific Reports*, 10(1). doi:10.1038/s41598-020-61584-0 <https://sci-hub.se/10.1038/s41598-020-61584-0>
- 28 Vostrikov, A. A., Fedyaeva, O. N., Dubov, D. Y., Shishkin, A. V., & Sokol, M. Y. (2013). Obtaining of gas, liquid, and upgraded solid fuel from brown coals in supercritical water. *Thermal Engineering*, 60(12), 858–864. doi:10.1134/s0040601513120124 <https://sci-hub.se/10.1134/s0040601513120124>
- 29 Arbuzov, S. I., Maslov, S. G., & Il'enok, S. S. (2015). Modes of occurrence of scandium in coals and peats (A review). *Solid Fuel Chemistry*, 49(3), 167–182. doi:10.3103/s0361521915030027 <https://sci-hub.se/10.3103/s0361521915030027>
- 30 Kuznetsov, P. N., Kamenskii, E. S., Kolesnikova, S. M., & Kuznetsova, L. I. (2014). Structural properties of carbonization products obtained from brown coals with different mineral matter contents. *Solid Fuel Chemistry*, 48(1), 51–57. <https://sci-hub.se/10.3103/s0361521914010054>
- 31 Shpirt, M. Y., Lavrinenko, A. A., Kuznetsova, I. N., & Gyul'maliev, A. M. (2013). Thermodynamic evaluation of the compounds of gold, silver, and other trace elements formed upon the combustion of brown coal. *Solid Fuel Chemistry*, 47(5), 263–271. doi:10.3103/s0361521913050121 <https://sci-hub.se/10.3103/s0361521913050121>
- 32 Копытов, М. А., & Golovko, A. K. (2013). Combined cracking of brown coal and petroleum residue in the presence of isopropanol. *Solid Fuel Chemistry*, 47(6), 370–374. Doi:10.3103/s0361521913060049) <https://sci-hub.se/10.3103/s0361521913060049>
- 33 Павлович Л.Б., Страхов В.М. (2018). Қоңыр көмірден алынған гуминді тыңайтқыштардың көкөніс дақылдарының минералдық құрамына әсері. Қатты отынның химиясы, <https://sci-hub.se/10.3103/s0361521918030084>
- 34 Moiseev, V. A., Andrienko, V. G., Gorlov, E. G., Skripchenko, G. B., Ruban, V. A., & Shpirt, M. Y. (2013). Flash heat processing of brown coals and hard-coal preparation products prior to their use for energy production. *Solid Fuel Chemistry*, <https://sci-hub.se/10.3103/s0361521912060079>
- 35 Urazova, T. S., Bychkov, A. L., & Lomovskii, O. I. (2014). Mechanochemical modification of the structure of brown coal humic acids for preparing a sorbent for heavy metals. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 87(5), 651–655. doi:10.1134/s1070427214050206 <https://sci-hub.se/10.1134/s1070427214050206>
- 36 Oleinikova, G. A., Kudryashov, V. L., Vyalov, V. I., & Fadin, Y. Y. (2015). Determination of trace elements in brown coals by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Solid Fuel Chemistry*, 49(2), 109–116. doi:10.3103/s0361521915020093 <https://sci-hub.se/10.3103/s0361521915020093>

- 37 Kuznetsov, P. N. (2013). Properties of brown coals as raw materials for processing. *Solid Fuel Chemistry*, 47(6), 329–333. doi:10.3103/s0361521913060062 <https://sci-hub.se/10.3103/s0361521913060062>
- 38 Kompała-Bąba, A., Bierza, W., Sierka, E., Błońska, A., Besenyei, L., & Woźniak, G. (2021). The role of plants and soil properties in the enzyme activities of substrates on hard coal mine spoil heaps. *Scientific Reports*, 11(1). doi:10.1038/s41598-021-84673-0 <https://sci-hub.se/10.1038/s41598-021-84673-0>
- 39 Kotelnikov, V. I., Saryglar, C. A., & Chysyma, R. B. (2020). Microorganisms in Coal Desulfurization (Review). *Applied Biochemistry and Microbiology*, 56(5), 521–525. doi:10.1134/s0003683820050105 <https://sci-hub.se/10.1134/s0003683820050105>
- 40 Amoah-Antwi, C., Kwiatkowska-Malina, J., Fenton, O., Szara, E., Thornton, S. F., & Malina, G. (2021). Holistic Assessment of Biochar and Brown Coal Waste as Organic Amendments in Sustainable Environmental and Agricultural Applications. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232(3). doi:10.1007/s11270-021-05044-z <https://sci-hub.se/10.1007/s11270-021-05044-z>
- 41 Klein, O. I., Kulikova, N. A., Stepanova, E. V., Filippova, O. I., Fedorova, T. V., Maloshenok, L. G., ... Koroleva, O. V. (2014). Preparation and characterization of bioactive products obtained via the solubilization of brown coal by white rot fungi. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 50(7), 730–736. doi:10.1134/s0003683814070035 <https://sci-hub.se/10.1134/s0003683814070035++>