

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық технологиялық зерттеу университеті

Қ. Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

Ажбагамбетова Аружан Юрьевна

Ерғазиева Арайлым Ерболқызы

Микроорганизмдердің оқшауланған дақылдарының қоңыр көмірдің  
эртүрлі концентрациясы бар орталарда өсу кезінде олардың метаболикалық  
мүмкіндіктерін зерттеу

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6B05101–«Биотехнология» мамандығы

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сатбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті  
Қ.Тұрысов атындағы геология және мұнай-газ ісі институты  
Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

ХЖБИ кафедрa меңгерушісі,  
PhD

Амитова А.А.

2023 ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Микроорганизмдердің окшауланған дақылдарының қоңыр көмірдің әртүрлі концентрациясы бар орталарда өсу кезінде олардың метаболкалық мүмкіндіктерін зерттеу»

6B05101–«Химиялық және биохимиялық инженерия»

Орындаған : Ажбагамбетова А.Ю.

Ерғазиева А.Е.

Пікір беруші  
Б.ғ.д., профессор

Жұбанова А.А.

«    »    2023 ж.

Ғылыми жетекші

PhD

Тастамбек Қ.Т.

«    »    2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық технологиялық зерттеу университеті

Қ. Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы



**БЕКІТЕМІН**  
ХЖБИ кафедра меңгерушісі

РНО

Амитова А.А

2023 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Ажбагамбетова А.Ю., Ерғазиева А.Е.

Тақырыбы : «Микроорганизмдердің окшауланған дақылдарының қоңыр көмірдің әртүрлі концентрациясы бар орталарда өсу кезінде олардың метаболикалық мүмкіндіктерін»

Университеттің № 408-П/Ө «23 қараша 2022 ж. бұйырығымен бекітілген Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2023 жылғы "\_\_\_" \_\_\_\_\_

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: *диплом алдындағы тақырып бойынша әдебиеттерге шолу нәтижелері, теориялық мәліметтер жиыны*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

*а) Көмір биотехнологиясы жайлы;*

*б) Қоңыр көмірден бөлініп алынған микроорганизмдердің белсенділігін зерттеу;*

*в) Леңгір кен орнындағы қоңыр көмірлердің физика-химиялық және микробиологиялық қасиеттерін зерттеу;*

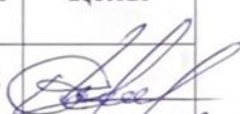
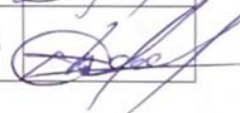
Ұсынылатын негізгі әдебиет: 35 атау

Дипломдық жұмысты дайындау

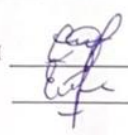
**КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Тақырыптар бойынша әдебиетке шолу, мақалалар оқу, аудару	Қаңтар	-
Лабораторияға келу, дипломдық жұмыстың жазылу ретімен танысу, әдістермен танысу, жұмысқа кіріспе	Қараша-Ақпан	-
Тақырыптар бойынша қолданылған әдістерді дипломдық жұмысқа қосу	Наурыз	-
Алынған нәтижелерді талқылау, дипломдық тақырып бойынша студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясына тезис дайындау	Наурыз-Сәуір	-

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ҒЫЛЫМИ ДӘРЕЖЕСІ, АТАҒЫ)	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылау	Тастамбек Қ.Т (PhD)	26.05.2023	
Ғылыми кеңесшісі	Тастамбек Қ.Т. (PhD)	26.05.2023	

Ғылыми жетекші  PhD Тастамбек Қ.Т.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Ажбағамбетова А.Ю.  
Ерғазиева А.Е.

Күні " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2023ж

## АНДАТПА

«Микроорганизмдердің оқшауланған дақылдарының қоңыр көмірдің әртүрлі концентрациясы бар орталарда өсуі кезінде олардың метаболикалық мүмкіндіктерін зерттеу» атты дипломдық жұмыс 37 бетте баяндалған. Дипломдық жұмыс құрылымына кіріспе және 3 бөлімнен (ғылыми әдебиет көздеріне шолу, қолданылған материалдар мен тәсілдер және зерттеу нәтижелері) тұрады. Дипломдық жұмыс мәтіні 6 кесте және 10 сурет көрсетілген. Зерттелген ғылыми әдебиеттер саны -35 .

Зерттеу жұмысының мақсаты: қоңыр көмір биомодификациясының негізгі заңдылықтары мен параметрлерін зерттеу. Дипломдық жұмыстың міндеттері: Қоңыр көмірден таза дақыл бөліп алу; Қоңыр көмірден бөлініп алынған микроорганизмдердің белсенділігін зертеу; Қоңыр көмірдің әртүрлі концентрацияда метаболикалық маңыздылығын зерттеу.

*Түйін сөздер:* қоңыр көмір, *Actinobacter pittii*, РКВ 10, биосолюбилизация, 16S рДНК.

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа «исследование метаболических возможностей выделенных культур микроорганизмов при их росте на средах, содержащих различные концентрации бурых углей» изложена на 37 страницах. В структуру дипломной работы входит введение и 3 раздела (обзор источников научной литературы, использованные материалы и подходы и результаты исследований). Текст дипломной работы представлен 6 таблицами и 10 рисунками. Количество изученной научной литературы - 35.

Цель исследовательской работы: изучить основные закономерности и параметры биомодификации бурых углей. Задачи дипломной работы: отделение чистой культуры от бурого угля; изучение активности микроорганизмов, выделенных из бурого угля; изучение метаболического значения лигнита в различных концентрациях.

*Ключевые слова:* бурые угли, *Actinobacter pittii*, RKB 10, биосоллюбилизация, 16S рДНК.

## ANNOTATION

The diploma work «study of the metabolic capabilities of isolated cultures of microorganisms during their growth in environments with different concentrations of lignite» is presented on 37 pages. The structure of the diploma work includes an introduction and 3 sections (review of sources of scientific literature, materials and approaches used, and research results). The text of the diploma is represented by 6 tables and 10 figures. The number of scientific literatures studied is 35.

The purpose of the research work: to study the main patterns and parameters of brown coal biomodification. The objectives of the diploma work: separation of pure culture from brown coal; study of the activity of microorganisms isolated from brown coal; study of the metabolic significance of lignite at various concentrations.

*Keywords:* brown coal, *Actinobacter pittii*, RKB 10, biosolubilization, 16S rNA.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
НЕГІЗГІ БӨЛІМ	
1 ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ	9
1.1 Көмір биотехнологиясы	9
1.2 Көмірде тіршілік ететін микроорганизмдер	11
1.3 Көмірден микроорганизмдерді бөліп алу әдістері	13
2 Зерттеу материалдары мен әдістері	19
2.1 Зерттеу нысандары	19
2.2 Материалдар	19
2.3 Зерттеу әдістері	19
3 Зерттеу нәтижелері мен талқылаулар	23
3.1 Қазақстандық кең орындарының қоңыр тотыққан көмірінің үлгілерін іріктеу	23
3.2 Қоңыр көмір үлгілерінен оқшауланған микроорганизмдердің физиологиялық-биохимиялық қасиеттерін зерттеу	25
3.3 Мақсатты метоболикалық белсенділігі бар микроорганизмдердің штамдарын іріктеу	30
Қорытынды	35
Қысқартулар тізімі	36
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	37



## КІРІСПЕ

Қатты отындардың ішінде қоңыр көмір салыстырмалы түрде төмен энергетикалық құндылыққа ие, өйткені оның жануы қоршаған ортаның күкірт оксидтерімен, азот оксидтерімен және басқа заттармен ластануына әкеледі. Осыған байланысты сапасыз көмірді пайдаланудың балама жолдарын іздеу мәселесі өзекті болып қалуда.

Қатты отын құрылымын биотехнологиялық түрлендіру – құрамында көміртегі бар шикізатты түрлендірудің экологиялық қауіпсіз және айтарлықтай үнемді тәсілі. Көмірдің мұндай модификациясын қолдану қауіпті химиялық заттарды қолдануды және улы қосылыстардың қоршаған ортаға таралуын барынша азайтады. Сапасыз көмірді өндіру мен пайдаланудың қоршаған ортаға тигізетін кері әсерін ескере отырып, оның биоөңдеуіне деген қызығушылық қарқынды өсуде. Бұл проблема қазбалы көмірдің жоғары қоры бар елдерде, оның ішінде Қазақстан да бар.

Қоңыр көмірден брикеттік отын алу технологиясы күлдің жоғары болуына, төмен калориялық құндылыққа және брикеттеу үшін тиімді байланыстырушы агенттің болмауына байланысты өнеркәсіптік қолдануды алған жоқ. Ел халқының басым бөлігі ауылдық жерлерде тұратынын ескерсек, тұрмыстық және өнеркәсіптік тұтыну үшін экологиялық таза отын өндіру мәселесі өте кең. Осылайша, Леңгір көмір бассейнінің қоңыр көмірінен брикеттелген отын алу технологиясын жасау маңызды экологиялық және экономикалық міндеттердің бірі болып табылады.

Осыған байланысты қоршаған ортаға антропогендік жүктемені азайтуға мүмкіндік беретін микробтық түрлендіру және қатты энергия тасымалдаушыларға айналдыру технологиясы бойынша көмір өнеркәсібінің қатты қалдықтарын кәдеге жарату өзекті ғылыми міндет болып табылады.

**Өзектілігі.** Қоңыр көмірді пайдаға асыру мақсатында, өзінен аборигенді штамм бөліп алу. Қазақстанда қоңыр көмір өте көп, сол қоңыр көмірді биотехнологиялық объект арқылы микроорганизмдерді пайдаға асыру. Ол өте өзекті болып табылады. Сбөбі пайдасыз қоңыр көмірдің 65%-ы текке жатыр.

**Зерттеу мақсаты:** қоңыр көмірден әртүрлі микроорганизмдерді бөліп ала отырып, оның маңызды дақылдарын анықтау. **Зерттеу мақсатына сәйкес келесі міндеттер қойылды:**

1. Леңгір кен орнындағы қоңыр көмірлердің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу және микробиологиялық қасиеттерін зерттеу.

2. Леңгір кен орнындағы қоңыр көмірлердің микробиологиялық қасиеттерін зерттеу.

3. Қоңыр көмірдің биомодификациясының негізгі заңдылықтары мен параметрлерін зерттеу.

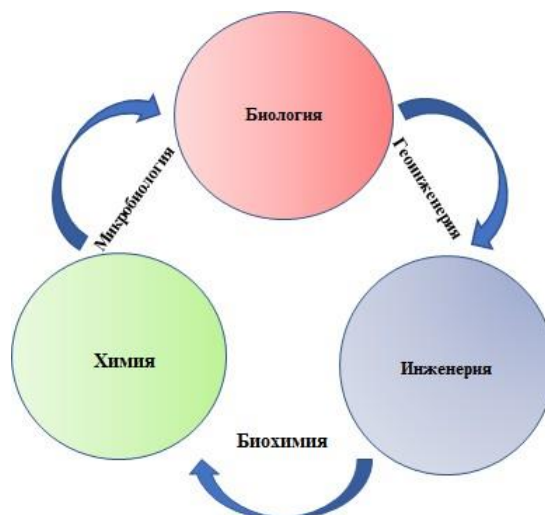
**Зерттеу нысаны:** Жұмыста Алматы облысы Ойқарағай көмір кен орнының (1), Түркістан облысы Леңгір (Қаратау) көмір кен орнының (2) және Қарағанды облысы Қияқты көмір кен орнының (3) шахта маңындағы аумақтарының тотыққан қоңыр көмірі пайдаланылды.

## НЕГІЗГІ БӨЛІМ

### ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ

#### 1.1 Көмір биотехнологиясы

Көмір - әртүрлі қажеттіліктерге, соның ішінде электр энергиясын өндіруге, жылытуға, болат өндіруге, сұйық және газ тәрізді отынның көздері ретінде және әртүрлі химиялық заттар, материалдар өндірісіндегі прекурсорлар үшін пайдаланылатын жанғыш қазбалы отын [1]. Гетерогенді және күрделі геополимер бола отырып, көмір және оның әртүрлі сығындылары, туындылары микробтық шабуылға ұшырауы мүмкін. Сайып келгенде, әртүрлі белгілі микробтық метаболизм жолдары органикалық субстраттардың кең ауқымымен, көміртегі мен оттегінің құрамымен, хош иістілігімен және көмірдегі салыстырмалы ылғалдылықпен байланысты. Сонымен қатар, кейбір табиғи көмірлер көмір компоненттеріне ұқсас молекулалық құрылымы бар лигнинді ыдыратуға қабілетті микроб штаммдарының резервуары қызметін атқарады [2]. Көмірлер көмірдің микробиологиясын көрсететін тұндыру, физика-химиялық және көмірлену сипаттамаларына негізделген бірнеше дәрежеге бөлінеді. Көмірді жер үсті немесе жерасты өндіру, көмірді өңдеу, дайындау және энергия өндіру арқылы өндіру микробтық қауымдастықтың құрылымы мен функционалды әлеуетін қалыптастыруы мүмкін.



Сурет 1 - Көмір биотехнологиясының ғылыми пәндермен байланысы

Қоңыр көмір көмірдің мол және кең таралған түрі болып табылады және оның негізгі сипаттамаларын түсіну әртүрлі өнеркәсіптік және қоршаған ортаны қорғау үшін өте маңызды.

Қоңыр көмір өзінің қоңыр-қара түсімен, салыстырмалы түрде төмен көміртегімен, жоғары ылғалдылықпен және жоғары дәрежелі көмірлермен салыстырғанда төмен энергия тығыздығымен сипатталады. Оның пайда болуы көмірленудің ерте кезеңінің нәтижесі болып табылады, онда өсімдік материалы миллиондаған жылдар бойы қалыпты қысым мен температураға ұшырайды. Қоңыр көмір кен орындары дүние жүзінің көптеген аймақтарында кездеседі, олардың айтарлықтай қоры Германияда, Ресейде, Австралияда, АҚШ-та және басқа елдерде орналасқан.

Қоңыр көмірдің қасиеттері оның шығу тегі мен геологиялық жағдайына байланысты өзгереді. Ол әдетте 20%-дан 60%-ға дейін немесе одан жоғары болатын ылғалдың айтарлықтай мөлшерін қамтиды, бұл оның жылулық құндылығына және жану тиімділігіне айтарлықтай әсер етеді. Қоңыр көмірде оттегінің мөлшері де жоғары, бұл оны реактивті және өздігінен жануға бейім етеді. Оның көміртегі мөлшері салыстырмалы түрде төмен, әдетте 25%-дан 35%-ға дейін ауытқиды, нәтижесінде жоғары дәрежелі көмірлермен салыстырғанда энергия мөлшері аз болады.

Қоңыр көмірдің құрамына негізінен көміртегі, сутегі, оттегі, азот және аз мөлшерде күкірт пен минералды заттар кіреді. Минералды заттардың, соның ішінде саздың, тақтатастың және басқа қоспалардың болуы қоңыр көмірдегі күлдің жоғары болуына ықпал етеді. Минералды заттар жану тәртібіне және қоңыр көмірді кәдеге жаратумен байланысты күлді жою қиындықтарына әсер етеді.

Қоңыр көмірдің қасиеттері мен құрамы оны пайдалану мен қоршаған ортаға әсер етеді. Ылғалдылығы жоғары және төмен калориялық құндылығының арқасында қоңыр көмірді жағу әдетте жоғары дәрежелі көмірмен салыстырғанда энергия тиімділігі төмен және парниктік газдар шығарындылары жоғары болады. Қоңыр көмірдің жануы сонымен қатар күкірт диоксиді, азот оксидтері және қатты бөлшектерді бөледі, бұл ауаның ластануына және қоршаған ортаның проблемаларына ықпал етеді.

Қоңыр көмір көмірдің төменгі сортты түрі ретінде ерекше қасиеттері мен құрамдық сипаттамаларына ие. Оның құрамындағы көміртегінің төмендігі, жоғары ылғалдылығы және әртүрлі химиялық құрамы оны жоғары дәрежелі көмірлерден ерекшелендіреді. Қоңыр көмірдің қасиеттері мен құрамын түсіну оның пайдалану әлеуетін бағалау, оны жағумен байланысты экологиялық мәселелерді шешу және оны тұрақты пайдаланудың балама қолданбалары мен технологияларын зерттеу үшін өте маңызды.

Бүгінгі таңда көмір микробиологиясы бойынша қол жетімді әдебиеттер негізінен әртүрлі микробтық қауымдастық құрылымдарының, әртүрліліктің физиологиясы мен экологиясын және олардың көмірді биокүкіртсіздендіру процестеріндегі белсенділігін, сондай-ақ көмір қабатындағы биогенді метан өндірісін зерттеуге бағытталған. Дегенмен, көмір орталары көмір субстраттарын қосылған құнды өнімдерге айналдыру және өндіруден кейінгі учаскелер мен өнеркәсіптік кен орындарын қалпына келтіру үшін бай функционалды әлеуеті бар әртүрлі микробтық катализді қабылдайды.

## 1.2 Көмірде тіршілік ететін микроорганизмдер

Қоңыр көмір өзінің бірегей қасиеттерімен және құрамымен сипатталады, микробтардың өмір сүруі үшін қиын орта ретінде қызмет етеді, бірақ кейбір микроорганизмдер осы экстремалды мекендеуге бейімделген.

Қоңыр көмірде бактериялар, архейлер, саңырауқұлақтар және басқа микроорганизмдерден тұратын әртүрлі микробтық қауымдастық бар. Бұл микроорганизмдер жоғары қышқылдық, қоректік заттардың төмен қолжетімділігі, жоғары температура және улы қосылыстардың болуы сияқты қоңыр көмірдің катал жағдайларында өмір сүру үшін арнайы метаболикалық мүмкіндіктер мен физиологиялық бейімделулерді дамытты. Қоңыр көмірдегі микробтардың әртүрлілігіне оның географиялық орналасуы, жасы және қоршаған орта жағдайлары сияқты факторлар әсер етеді.

Қоңыр көмірдегі микроорганизмдер биогеохимиялық айналымда және күрделі органикалық қосылыстардың ыдырауында шешуші рөл атқарады. Олар лигнинолитикалық ферменттерді, целлюлазаларды және басқа лигноцеллюлолитикалық ферменттерді қоса алғанда, әртүрлі ферментативті әрекеттер арқылы қоңыр көмірдің ыдырауына қатысады. Қоңыр көмір микроорганизмдерінің метаболикалық белсенділігі лигниттің, целлюлозаның және қоңыр көмірдегі басқа органикалық компоненттердің ыдырауына ықпал етеді, бұл көмірқышқыл газының, метанның және басқа жанама өнімдердің бөлінуіне әкеледі.

Сонымен қатар, қоңыр көмірдегі микроорганизмдер элементтердің, соның ішінде көміртегі, азот, күкірт және микро металдардың айналымына қатысады. Олар органикалық заттардың ыдырауы, азоттың фиксациясы, сульфаттың тотықсыздануы және металдың өзгеруі сияқты процестерге делдалдық етеді. Бұл микробтық-делдалдық биогеохимиялық процестер қоңыр көмірдің экожүйелеріндегі және қоршаған ортадағы геохимия мен қоректік заттардың айналымына әсер етеді.

Қоңыр көмірдегі микроорганизмдердің әртүрлілігі мен бейімделуін түсіну кеңірек әсер етеді. Ол көмірдің түзілуіне, көміртегі айналымына және парниктік газдар шығарындыларына қатысатын микробқа негізделген процестер туралы түсінік береді. Сонымен қатар, қоңыр көмір микроорганизмдерін анықтау және сипаттау биоотын өндіру үшін қоңыр көмір биоконверсиясы немесе көмір кеніштерінің биоремедиациясы сияқты әлеуетті биотехнологиялық қолданбаларды ұсынады.

Қоңыр көмірде тұратын микроорганизмдер осы төтенше ортада аман қалу және өркендеу үшін керемет әртүрлілік пен бейімделушілік көрсетеді. Олардың метаболикалық мүмкіндіктері мен өзара әрекеттесуі қоңыр көмірдің ыдырауына және биогеохимиялық айналымға ықпал етеді. Қоңыр көмірдің микроорганизмдері бойынша әрі қарайғы зерттеулер көмір экожүйелеріндегі микроорганизмдердің рөлі туралы түсінігімізді тереңдете алады және қоңыр көмірді тұрақты пайдалану және қоршаған ортаны басқару стратегиялары туралы ақпарат береді.

Жер бетіндегі көмірді өндіру кезінде топырақтар, жыныстар жойылып, ағын суға, инфильтрацияға, қышқылдануға және тіпті өздігінен жануға ұшырайтын «бұзылған үйінділер» ретінде шөгеді. Көмір қабаты материалдарының, түйіршікті құмтастардың, саздардың және тақтатастардың қоспасынан тұратын гетерогенді табиғатына байланысты бүлінген үйінділер құрамы мен химиясы жағынан айтарлықтай ерекшеленеді. Тау-кен процестері кезінде жер бетіне шығарылған көмірдегі тотықсызданған сульфидті минералдардың тотығуы қышқылдың түзілуіне әкеледі, бұл қышқыл шахталық дренажға ықпал етеді [3]. Бұл көмір өндірумен байланысты жер үсті орталары күрделі геоморфологиясы, құрылымдық гетерогенділігі және өзгермелі коректік заттардың мазмұнына байланысты микробтардың колонизациясы мен биологиялық белсенділігі үшін қолайлы ортаны қамтамасыз етуі мүмкін [4]. AMD байланысты микробиота суды, AMD қабат шөгінділерін және стримерлер, төсеніштер және шламдар сияқты макроскопиялық микроб өсінділерін қоса алғанда, әртүрлі микроорталарда мекендейді [5]. Екінші жағынан, жер асты көмір қабаттары мен көмір қабаттары ылғал, жылу және қазаланған органикалық материалды ұсынатын бактериялар мен архейлердің синтрофиялық жинақтары үшін олиготрофты ортаны ұсынады [6]. Көмір шахтасынан зардап шеккен топырақ ластану деңгейі мен ластану жүктемесінің кеңістікте таралуымен қатар әртүрлі микробтық қауымдастықтар үшін тіршілік ортасын қамтамасыз ете алады [7].

Көмірден зардап шеккен орталардағы микроорганизмдердің әртүрлілігі мен көптігі тау-кен жұмыстарынан кейінгі қалпына келтірудің пайдалы биоиндикаторы болуы мүмкін және дәстүрлі агроэкологиялық тәсілдерді толықтыруы мүмкін. Мысалы, *Gammaproteobacteria* тобына жататын бактериялар көмірдің ықтимал биодеградациясының нақты биоиндикаторы болуы мүмкін [8]. Сонымен қатар, *Arthrobacter* sp, *Sinomonas* sp және *Bacillus* sp сияқты бактериялық құрылымдардың болуы көмір шахтасының бүлінуінің ықтимал биомаркері болуы мүмкін [9].

Көмір ортасындағы микробтардың көптігі мен қауымдастық сукцессиясының күйін әртүрлі әдістермен бағалауға болады, мысалы, тікелей санау, өсірілген микробтарды санау, фосфолипидтер мен май қышқылдарын талдау, май қышқылының жалпы профилі және ферменттердің белсенділігін өлшеу. [10]. Микроорганизмдердің май қышқылдарының құрамы олардың қоршаған ортасына байланысты өзгертіндіктен, микробтық қауымдастықтың физиологиялық және биохимиялық жағдайын бағалау үшін арнайы биомаркерлердің арақатынасын пайдалануға болады [11]. Сонымен қатар, ферменттер бұзылған жерлерде топырақ сапасының сезімтал биомаркерлері болып саналады және әртүрлі агротехникалық тәжірибелер кезінде топырақты басқарудағы өзгерістерді көрсету үшін қолданылады.

Көмір өндірумен байланысты қоршаған ортаны зерттеу үшін метагеномдық талдауға және 16S немесе 18S рРНҚ гендеріне негізделген жетілдірілген келесі ұрпақ секвенирлеу әдістемелері қолданылды. Осы

көптеген жоғары өнімді технологияларды қолдану арқылы микробтық қауымдастықтар функциясы мен құрылымы бойынша сипатталуы мүмкін.

### 1.3 Көмірден микроорганизмдерді бөліп алу әдістері

Көмір - микроорганизмдер бірнеше түрлі құрамдастарға шабуыл жасай алатын, ыдырататын немесе пайдалана алатын минералды қосындылары бар гетерогенді көміртекті материал. Негізінде микроорганизмдер көмір молекуласының жалпы бұзылуымен де, жеке құрамдас бөліктерін таңдап алып тастаумен де қызмет ете алады [12, 13]. Төмен сұрыпты көмірлерді көмірді ерітетін аэробты микроорганизмдермен өңдеу нәтижесінде оттегінің мөлшері салыстырмалы түрде жоғары, әр түрлі молекулалық салмақтағы және полярлықтағы гетерогенді көмірсутектер мен органикалық қосылыстар түзіледі [14]. Олардың құрылымдық және химиялық табиғаты төмен сұрыпты көмірлерді микробтық модификацияға неғұрлым сезімтал етеді, мұны мыналармен түсіндіруге болады [15]: (1) ыдырау үшін «биологиялық жолдарды» қамтамасыз ететін жоғары сортты көмірмен салыстырғанда оттегінің жоғары болуы, (2) суда ерігіштігінің жоғарылауы, нәтижесінде биожетімділігінің жоғарылауы және (3) лигниннің микроорганизмдермен ыдырауына мүмкіндік беретін құрылымдық ұқсастығы.

Көмірді микробтық модификациялаудың бірнеше тәсілдері ұсынылған [16]. Микроорганизмдер көміртекті заттарға немесе бейорганикалық материалдардың қосындыларына шоғырлану арқылы көмірге шабуыл жасай алады. Тәсілдердің бірі - көміртегі полимерін деполимеризациялау, әртүрлі негізгі буындарды бұзу және бұл сұйылтуға негіз болуы мүмкін. Екінші тәсіл  $C=O$ -ны  $CH_2$ -ге дейін төмендету немесе  $CO_2$ -ге декарбоксилдену арқылы оттегінің мазмұнын азайту болады - бұл жылу құндылығын арттыруы мүмкін. Үшіншісі – көмірден күкіртті, азотты немесе металдарды жану алдында алып тастау, бұл қажетсіз шығарындыларды азайтады.

Бүгінгі күні көптеген зерттеулер көмірдің биодеградациясының, биоконверсиясының үш негізгі механизмін құрды: еріту, деполимеризация және кәдеге жарату [17, 18]. Дегенмен, көмірдің биодеградациясының, биоконверсиясының әртүрлі кезеңдерін, мысалы, еріту, сұйылту, деполимеризация, кәдеге жарату, ағарту және т.б. сипаттау үшін бірқатар басқа терминдер жиі бір-бірімен алмастырылады.

Жалпы көмірдің микробтық түрленуі қорытындыланып, ABCDE жүйесі деп аталады (A = сілті, тотықтырғыш; B = биокатализаторлар; C = хелаторлар; D = жуғыш заттар және E = эстеразалар) [19]. Бактериялар мен актиномицеттердің көпшілігінде сілтілі әсер мен күрделі түзілу негізгі рөлді, ал саңырауқұлақтарда ферменттер маңызды рөл атқарады. Ерекше физиологиялық сипаттамалары бар бірнеше микроорганизмдер осы механизмдердің біреуін немесе комбинациясын пайдаланатыны анықталды.

A. Көмірді микробтық ерітуге (сұйылтуға) сілтілі заттар (аммиак, биоенді аминдер, пептидтер және олардың туындылары) және комплекс түзуші заттар

қатысады. Бұл ферментативті емес заттарды саңырауқұлақтар мен бактериялар қоршаған ортаның органикалық қышқылдарын пайдалана отырып өндіреді және көмірдегі карбон қышқылдарын бейтараптандыру арқылы тотығуды күшейтеді, бұл, сайып келгенде, көмірдің еруіне әкеледі.

Б. Көмірдің деполимеризациясы мен ерітілуіне каталитикалық метаболизм арқылы, әсіресе лигнинді ыдырататын ферменттердің көмегімен қол жеткізуге болады, өйткені төмен сұрыпты көмірдің құрылымы лигниндікіне өте ұқсас. Бұл ферменттер көміртегі макромолекуласындағы коваленттік байланыстарды бұзу арқылы гумин қышқылдарының деполимеризациясында шешуші рөл атқарады. Бұл ферменттерді тотықтырғыш (лигнин пероксидаза, марганец пероксидаза және лакказ) және тотықтырмайтын (эстеразалар) деп бөлуге болады. Көптеген микроорганизмдер (*Penicillium* sp., *Trichoderma* sp., *Bacillus* sp., *Mycobacterium* sp., *Acinetobacter* sp., *Enterobacter* sp., *Rhodococcus* sp.) құрамында көмірі бар қоректік орталарда лигнинолитикалық ферменттерді бөлетіні құжатталған. Сапротрофты саңырауқұлақтар, атап айтқанда, лигнинолитикалық микроорганизмдер көмір трансформациясының биокатализаторы ретінде әрекет ете алады.

С. Саңырауқұлақтар бөлетін хелаттандырушы агенттер (мысалы, қымыздық қышқылы, салицил қышқылы және триэтиламин) көмірдегі металл иондарымен (кальций, темір және магний) әрекеттеседі және оның молекулалық құрылымын деполимеризациялайды, нәтижесінде суда еритін шағын молекулалар пайда болады.

Д. Жуғыш заттар (беттік белсенді заттар) көмірдің бетіндегі биологиялық ферменттердің сіңуіне ықпал ету және беттік керілуді азайту арқылы көмірдің ерітуін, ерітуін жақсартады. Сонымен қатар, беттік-белсенді заттар кейбір ферменттердің реакция орталықтарын ығыстыра алады, бұл көмірдің биодеградациясының жоғары жылдамдығына әкелуі мүмкін.

Е. Оксидазалар сияқты тотықтырмайтын эстеразалар да көмірдің ыдырауында үлкен рөл атқарады. Бұл ферменттер негізінен грам-теріс және грам-позитивті топырақ бактерияларымен өндіріледі және эфир немесе күрделі эфир байланыстарын ыдырату арқылы көміртекті полимерлерді гидролиздей алады.

Көмір көздерінің биологиялық деградациясы, конверсиясы көмірдің жаппай шығарындыларын, төгілуін пайдаланудың балама таза стратегиясын ұсынады. Төмен сортты көмірді отынсыз пайдаланудың бірнеше жағдайлары зерттелді, мысалы, топырақ модификаторларын, кондиционерлерді, органикалық компоненттерді және балама отынды кейіннен өндіру үшін химиялық шикізатты алу.

Оқшаулау әдістері қоңыр көмірді мекендейтін микробтық қауымдастықтарды зерттеу және олардың әртүрлілігін, физиологиясын және биотехнологиялық әлеуетін түсіну үшін өте маңызды.

Қоңыр көмірден микроорганизмдерді оқшаулау қоршаған ортаның қатал жағдайларына және осы субстраттың күрделі табиғатына байланысты ерекше қиындықтар тудырады. Бұл қиындықтарды жеңу және қоңыр көмір үлгілерінен

микроорганизмдерді алу үшін әртүрлі әдістер әзірленді. Бұл әдістер әдетте микроағзаларды іріктеп алуды, өңдеуді, байытуды және селективті және селективті емес культура әдістерін пайдалана отырып оқшаулауды қамтиды.

Селективті орталар әдетте қоңыр көмірдің ыдырауына қатысты арнайы метаболикалық мүмкіндіктері бар микроорганизмдерді оқшаулау үшін қолданылады. Бұл орталар тиісті қоректік заттар мен қоспалармен бірге көміртегі көзі ретінде қоңыр көмір немесе қоңыр көмірден алынған қосылыстарды қамтуы мүмкін. Екінші жағынан, селективті емес орталар қоңыр көмірде кездесетін әртүрлі микробтық қауымдастықтың өсуін қолдау үшін қоректік заттардың кең спектрін қамтамасыз етеді.

Белгілі бір микроорганизмдердің немесе қызығушылық топтарының өсуін арттыру үшін сериялық сұйылту және дәйекті тасымалдау сияқты байыту әдістері жиі қолданылады. Байыту мәдениеттері қоңыр көмірдің ыдырауында маңызды рөл атқаруы мүмкін немесе ерекше метаболизмдік мүмкіндіктері бар сирек немесе баяу өсетін микроорганизмдерді оқшаулауға мүмкіндік береді.

Қоңыр көмірден оқшауланған микроорганизмдерді әртүрлі әдістерді, соның ішінде микроскопияны, биохимиялық талдауларды, молекулалық әдістерді (мысалы, ДНҚ ретін анықтау және саусақ ізін анықтау) және физиологиялық сынақтарды қолдану арқылы сипаттауға болады. Бұл талдаулар қоңыр көмір микроорганизмдерінің таксономиясы, метаболикалық потенциалы және функционалдық белгілері туралы түсінік береді.

Қоңыр көмірден микроорганизмдерді оқшаулаудың бірнеше қолданылуы мен салдары бар. Қоңыр көмір микроорганизмдерін зерттеу олардың қоңыр көмірдің ыдырауындағы, көміртегі айналымындағы және биогеохимиялық процестердегі рөлін ашуға көмектеседі. Ол сондай-ақ лигноцеллюлозды биомассаны түрлендіруге арналған жаңа ферменттерді ашу, көмір кеніші учаскелерін биоремедиациялау немесе лигнит негізіндегі биоэнергетикалық технологияларды дамыту сияқты биотехнологиялық қолдану мүмкіндіктерін ұсынады.

Дегенмен, қоңыр көмірден микроорганизмдерді оқшаулауда қиындықтар бар, соның ішінде микробтардың аздығы, ингибиторлық заттардың болуы және зертханада қоңыр көмірдің күрделі және динамикалық жағдайларын модельдеу қиындығы. Сонымен қатар, дәстүрлі мәдениетке негізделген әдістермен енгізілген өсіруге бейімділік қоңыр көмірдегі барлық микробтық қауымдастықтың өкілдігін шектеуі мүмкін.

Қоңыр көмірден микроорганизмдерді оқшаулау қоңыр көмірдің экожүйелерінің микробтық экологиясын, әртүрлілігін және метаболикалық потенциалын түсінудегі шешуші қадам болып табылады. Әртүрлі әдістер, соның ішінде селективті және селективті емес тәсілдер, байыту әдістері және молекулалық сипаттамалар қоңыр көмір микроорганизмдерін сәтті оқшаулауға және зерттеуге ықпал етеді. Оқшаулау техникасындағы жетістіктер және мәдениетке тәуелсіз әдістерді біріктіру біздің қоңыр көмір микробиологиясы және оның биотехнология мен қоршаған ортаны басқарудағы әлеуетті қолданбалары туралы түсінігімізді одан әрі арттырады.



Көмір өндіретін аумақтар мен полигондарды қалпына келтіру мен өсімдіктерді өсірудің тиімді стратегиясын жасау мақсатында көмірдің микробтық изоляттармен биодеградациясы қарқынды түрде зерттелді (сур. 2). Көмір орталарында өсетін «микробтық коктейльдер» деп аталатын мұндай изоляттар кейіннен ауыл шаруашылығында пайдалану үшін көмірден ылғалдандырылған органикалық заттарды алудың ең жақсы құралы болуы мүмкін.



Сурет 2 - Көмірдің әсерінен көмірді деградациялау, конверсиялау үшін жергілікті «микробтық коктейльдерді» пайдалану ауылшаруашылық өнімділігі мен экологиялық тұрақтылықта көп қырлы артықшылықтарға ие болуы мүмкін, яғни көмір өндіруден кейінгі алаңдарды биоремедиациялау, ылғалдандырылған органикалық заттарды өндіру және өсімдіктердің өсуін ынталандыратын бактериялардың дамуы.

Бактериялардың әртүрлі түрлері көмірді биоеріту қабілеті үшін зерттелді, өйткені олар көмірді өсу үшін энергия көзі ретінде ерітеді. Қысқа мерзімді өсіру, жоғары конверсия жылдамдығы және пайдаланудың қарапайымдылығы бактериялардың стандартты температура мен қысым жағдайында көмірдің максималды бұзылуына қол жеткізуге мүмкіндік береді [20, 21]. Көптеген

соңғы зерттеулер көмір ортасынан (көмір қалдықтары, көмір өндіретін топырақ және көмір қалдығы суы) жергілікті бактериялық изоляттардың экзогендік микробтық қауымдастықтарға қарағанда көмірді еріту қабілеті жоғары екенін көрсетеді.

Көмірдің биодеградациясы субстрат тотыққанда тезірек болуы мүмкін; сондықтан көптеген зерттеулерде қоңыр көмір немесе әртүрлі шамамен соңғы құрамы бар леонардит жиі пайдаланылады. Жоғарыда айтылғандай, зерттеулерге қатысатын механизм түріне байланысты көмірдің биодеградациясын биотрансформация, биоеріткіштену, биоконверсия, деминерализация, деградация және биосұйықтау сияқты көптеген жолдармен сипаттауға болады. Көмірдің биодеградациясының жылдамдығы мен дәрежесі бірнеше факторларға байланысты, соның ішінде көмірдің сапасы мен шығу тегі, микробтық штаммдардың түрі, көмірді өңдеу, өңдеу тәсілі және т.б.

## **2 ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ**

### **2.1 Зерттеу нысандары**

Жұмыста Алматы облысы Ойқарағай көмір кен орнының (1), Түркістан облысы Леңгір (Қаратау) көмір кен орнының (2) және Қарағанды облысы Қияқты көмір кен орнының (3) шахта маңындағы аумақтарының тотыққан қоңыр көмірі пайдаланылды.

### **2.2 Материалдар**

Жұмыста микроорганизмдердің өсуі үшін келесі қоректік орталар пайдаланылды:

Өзгертілген минералды орта (г / л):  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0,9;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 1,74;  $\text{MgSO}_4$  – 0,3;  $\text{CaCl}$  – 0,1;  $\text{NaCl}$  – 0,5;  $\text{H}_2\text{O}$  – 1,0 л. Көміртегі мен азоттың жалғыз көзі ретінде тотыққан қоңыр көмір құрғақ затқа 5% концентрацияда қосылды. Көмір 1 атм автоклавта зарарсыздандырылды.

Лурий-Бертани ортасы (г/л): триптон - 10,0, ашытқы сығындысы - 5,0,  $\text{NaCl}$  - 5,0.

Ет-пептон агары (г / л): пептон - 5,0,  $\text{NaCl}$  - 5,0, ет сығындысы - 1,5, ашытқы сығындысы - 1,5, агар - 15,0.

### **2.3 Зерттеу әдістері**

Техникалық талдау

Тотыққан көмір сынамаларына техникалық талдау ГОСТ-қа сәйкес жүргізілді [22-25]. Келесі сипаттамалар анықталды: ылғалдылық (W), күл (a), жану жылуы (Q) және ұшпа заттардың шығымы (V).

Элементтік талдау

Элементтердің мазмұны vario EL cube (Германия) Автоматты анализаторында, сондай-ақ EDAX 2000 детекторымен жабдықталған JEOL-6380lv (Jeol, Жапония) сканерлейтін электронды микроскопта анықталды.

Көмір жағу өнімдерінің функционалдық құрамы

Элементтердің аналитикалық сызықтарын өлшеу S6 JAGUAR XF (Bruker, Германия) толқындық рентген спектрометрінде жүргізілді; спектрометр Rh-анодты рентген түтігімен жабдықталған, номиналды қуаты-4 кВт.

Элементтік микроанализ

Элементтік талдау EDAX GENESIS 2000 анализаторымен жабдықталған JEOL-6380LV (Jeol, Жапония) сканерлеуші электронды микроскоптың көмегімен жүргізілді.

Рентгендік құрылымды талдау

Рентгендік шашырау қисықтары Empyrean X-ray Diffraction System (Голландия) дифрактометрінде толқын ұзындығы  $\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$  алдын ала

ұсақталған және диаметрі 25 мм кюветке орналастырылған үлгінің шағылысу схемасы бойынша анықталды.

## Раман спектрометриясы

Бұл талдау үшін Solver Spectrum Раман спектрометрі (NT-MDT, Ресей) қолданылды. Спектрлер толқын ұзындығы  $\lambda = 473$  нм болатын қатты күйдегі диодты лазермен қозған кезде алынды.

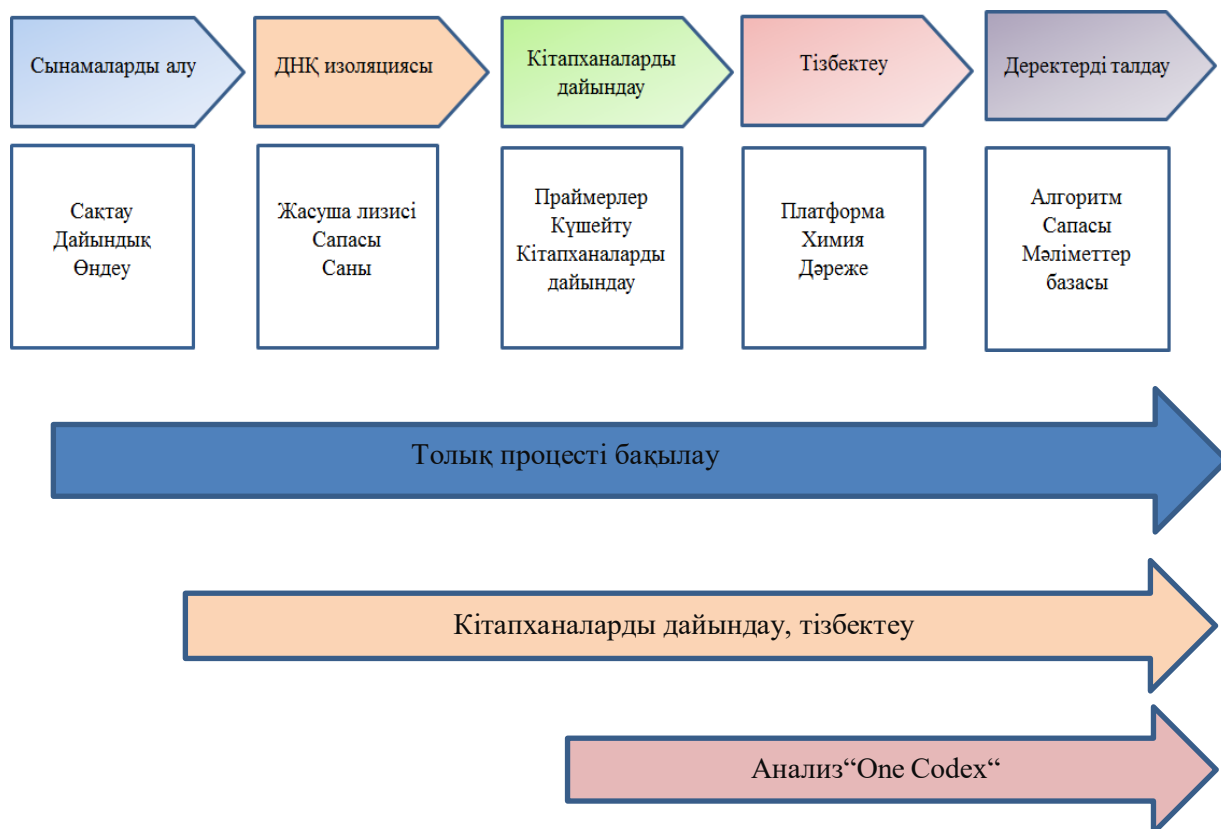
## Микроқұрылымдық талдау

Тотыққан қоңыр көмірдің микроқұрылымы Fe-SEM, Hitachi S-4800 (Жапония) сканерлеуші электронды микроскопында электронды микроскопияны қолдану арқылы зерттелді.

## Метагеномдық талдау

Тотыққан көмір үлгілерінің микробиомаларының филогенетикалық құрылымын талдау Illumina компаниясының (АҚШ) Ішкі Моңғолия университетіндегі (Қытай) HiSeq құралында стандартты хаттама бойынша жүргізілді [26].

Метагеномдық талдаудың жалпы процесі бірнеше қадамдарды қамтиды (сур. 3). Әр кезең өндіруші компанияның стандартына сәйкес орындалды [27].



Сурет 3 - Метагеномдық талдау жүргізу процесі

## Көмір сынамаларынан бактериялардың бөлінуі

Көмір сынамасы асептика ережелерін сақтай отырып, тұзды ерітіндімен - ылғалдандырып, Фарфор ерітіндісінде алдын ала сүртілді. Мәдениетті оқшаулау үшін дайындалған үлгілер 5 мл пробиркаларға құйылған МПБ-ға енгізілді, содан кейін 2 сағат ішінде 30°C температурада термошейкерде инкубацияланды. Содан кейін Мәдениет Петри табақтарына құйылған МПА

бетіне себілді. Шашырау зарарсыздандырылған цикл арқылы сарқылу әдісімен жасалды. Себуден кейін шыныаяқтар 30°C температурада 3 күн бойы термостатқа орналастырылды, содан кейін оқшауланған колониялар таңдалды. Микроорганизмдер мәдениетінің тазалығы микроскопия арқылы бақыланды және тығыз ортаға себу арқылы тексерілді.

Тотыққан көмірге қатысты метаболикалық белсенділігі бар бактериялық дақылдарды іріктеу

#### 1. Агар-диффузиялық әдіс

Оқшауланған микроорганизмдердің биосоллюбилизация қабілетін зерттеу үшін агарға диффузия әдісі қолданылды. Ол үшін дақылдардың тәуліктік суспензиясы 1,0 мл көлемінде LB бар Петри табақшасының бетіне тамшуырмен жағылып, бетіне шпательмен біркелкі таратылды. Кептіруден кейін 15 минуттан кейін 1 г/см<sup>2</sup> мөлшерінде стерильді көмір бактериялық көгалдың бетіне жағылып, 5 күн бойы 30°C температурада өсірілді. Сонымен қатар, микробтық дақылдары жоқ Петриді бақылау шыныаяқтары қойылды.

#### 2. Суға батырылған мәдениет әдісі

Тәуліктік дақылдар OD<sub>600</sub> = 0,1 (~24 сағат) жеткенге дейін 28°C температурада 150 айн/мин айналмалы шейкерде 200 мл LB сұйық ортада инкубацияланды. Содан кейін дақылдарға 5% (w/v) концентрацияда стерильді көмір қосылды және 15 күн бойы инкубациялауды жалғастырды. Бақылау ретінде көмірмен егілмеген орта қолданылды. Еріту процесінде культуралық аликвоттар күн сайын асептикалық жағдайда жиналды, 15 минут ішінде 10000 айн/мин центрифугаланды және диаметрі 10 см мембраналық сүзгілер арқылы 0,22 МКМ кеуек өлшемімен сүзілді. Алынған жасушасыз супернатанттар биосоллюбилизация қарқындылығын бағалау үшін LabTech UV-Vis (UV-1000, Қытай) спектрофотометрін пайдаланып А450-де өлшенді.

Изоляттардың фенотиптік қасиеттерін зерттеу әдістері

Оқшауланған изоляттардың физиологиялық-биохимиялық және морфологиялық-мәдени қасиеттері граммен боялған препараттардың микроскопиялық деректері негізінде зерттелді, яғни жасуша морфологиясы, биохимиялық белсенділігі және микробтық жасушалардың культуралық сипаттамалары және "Бурги бактерияларының Детерминантын" қолдану [28].

Идентификация микроскопиялық түрде морфологиялық белгілерге сәйкес жүргізілді (жасуша қосылысының түрі, пішіні, грамм түсі, қозғалғыштығы, спора түзілуі) микроскопия арқылы жүргізілді. Дақылдарды биохимиялық талдау үшін *Vitek* с баканализаторы API 50 Ch және API 20 E стандартталған тест-жүйелері *BioMerieux* (Франция) шығарған *Apiweb* бағдарламалық жасақтамасымен қолданылды.

Генотиптік белгілер бойынша штаммдарды анықтау

Штаммдарды сәйкестендіру геннің 16S *rRNA* фрагментінің тікелей нуклеотидтік секвенциясын анықтау арқылы, содан кейін Gene Bank халықаралық дерекқорында сақталған нуклеотидтік сәйкестікті анықтау арқылы жүзеге асырылды.

ДНҚ Кейт Уилсон әдісімен ерекшеленді [29]. Тазартылған ДНҚ үлгілері 100 мкл бір буферде ерітілді, ДНҚ концентрациясы 260 нм NanoDrop спектрофотометрінің көмегімен спектрофотометриялық әдіспен өлшенді. ПТР реакциясы жалпы көлемі 30 мкл болатын 1492R (5'-GGT TAC CTT GTT ACG act T-3') және 27F (5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3') әмбебап праймерлермен орындалды. ПТР күшейту бағдарламасы 7 минут ішінде 95°C ұзақ денатурацияны қамтыды; 30 цикл: 95°C - 30 секунд, 55°C – 40, 72°C-1 минут; 72°C температурада 7 минуттық қорытынды ұзарту. ПТР бағдарлама GeneAmp PCR System 9700 (Applied Biosystems) күшейткішінің көмегімен орындалды.

14 анықталатын штамм генінің 16S *rRNA* нуклеотидтер тізбегі талданды және SeqScape 2.6.0 (Applied Biosystems) бағдарламалық құралында жалпы тізбекке біріктірілді. Ұзындығы 650 а.к. - ден асатын нуклеотидтер тізбегі GeneBank-те BLAST алгоритмі бойынша анықталды.

#### Статистикалық талдаулар

Зерттеу материалдарының сенімділігі мен сенімділігі статистикалық әдістермен бағаланады. Физика-химиялық және микробиологиялық зерттеулерді талдау және жалпылау деректер банкінің бағдарламалық жасақтамасын, сондай-ақ STATA статистикалық өңдеу пакетін қолдану арқылы жүзеге асырылады.

### 3 ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

#### 3.1 Қазақстандық кен орындарының қоңыр тотыққан көмірінің үлгілерін іріктеу

Көмір сынамаларын алу ISO 18283:2006 "Hard coal and coke – Manual sampling и ISO 13909-4:2016 Preview Hard coal and coke – Mechanical sampling – Part 4: Coal – Preparation of test samples" және ГОСТ 10742-71 "көмірлер қоңыр, тас, антрацит, жанғыш тақтатастар және көмір брикеттері - таңдау әдістері және зертханалық сынақтар үшін сынамалар дайындау".

Сынама алу көмір терриконының (тау жыныстарының үйіндісі) бетінің қозғалмайтын қабатынан сынама іріктегішті қолдана отырып механикаландырылған тәсілмен жүргізілді. Бұл әдіс көмірдің әр түріне тән және нүктелік сынамаларды алуды, біріктірілген үлгіні құрастыруды және орташа үлгіні оқшаулауды қамтиды.

Зертханалық және аналитикалық үлгілер стерильді банкаларға орналастырылды, көрсетілген этикеттермен қамтамасыз етілді:

- 1) сынама нөмірі;
- 2) сынаманы іріктеу және өңдеу күні;
- 3) сынаманың атауы;
- 4) жергілікті жердің атауы;
- 5) массасы;
- 6) сынаманы іріктеуге және өңдеуге жауапты адамның қолы қойылады.



Жұмыс үшін Ой-қарағай бассейнінің (Алматы облысы) - OLE, Ленгір бассейнінің (Түркістан облысы) - LLE және Қияқты бассейнінің (Қарағанды облысы) - KLE тотыққан қоңыр көмірі таңдалды (сур. 4).



Сурет 4 – Тотыққан қоңыр көмірдің сынама алу нүктелерінің орналасу сызба-картасы

Тотыққан отын сынамаларының метрологиялық сипаттамалары 1 - кестеде келтірілген.

Кесте 1 – Көмір үлгілерінің петрологиялық сипаттамалары

№	Сипаттама	OLE	LLE	KLE
1	Әртүрлілік			
2	Түрі	Қара – қоңыр	Ашық-қоңыр	Қоңыр
3	Пішіні	Талшықты	Қисық, топырақты	Дөрекі, бұрыштық
4	Жылтырлығы	Майлы	Жібектей	Шайырлы
5	Құрылымы	Біркелкі жолақты емес	Гетерогенді, талшықты	Гетерогенді, лигнитивті
6	Процестер	Экзогенді	Экзогенді	Экзогенді

Ой-Қарағай көмір кен орны Алматы облысының Нарынкөл ауданында, Алматы қаласынан шығысқа қарай 300 км жерде, ҚХР шекарасына жақын жерде орналасқан. Орташа юра шөгінділері, қуаты 45-тен 110 м-ге дейін, қарапайым құрылымның көмір қабатын 4,5-тен 23,5-ке дейін қоршап, қабаттасқан моноклиналды құрайды.

Б3 класты қоңыр көмір, күлі аз (16%), жоғары калориялы (5,4-7,9% мың ккал/кг), күкірті аз, ауада оңай ыдырайды. Кен орнының қоры 80 млн. тоннаға бағаланады, оның 41 млн.тоннасы ашық өңдеуге жарамды. Геологиялық барлау партиясының мәліметтері бойынша барланған және есептелген қорлардың жалпы көлемі 124 млн.тонна қоңыр көмірді құрайды. Кен орны "жер қойнауы және минералды шикізатты қайта өңдеу туралы" Қазақстан Республикасының Кодексіне сәйкес республикалық маңыздылыққа жатқызылған.

Леңгір көмір кен орны Түркістан облысында, Шымкент қаласынан шығысқа қарай 35 км жерде орналасқан. Леңгір кен орнынан басқа (25 км<sup>2</sup>), ол екі көмір алаңына бөлінеді: Өнеркәсіптік және тоғыздық; 4 перспективалы алаң бөлінеді: Оңтүстік (шамамен 10 км<sup>2</sup>), Георгиевск (80 км<sup>2</sup>), Шымкент (60 км<sup>2</sup>) және Қазығұрт (30 км<sup>2</sup>). Қуаттылығы 350-500 м болатын ерте Юра дәуіріндегі көміртекті шөгінділерге 10-ға дейін көмір қабаты жатады, олардың 5-і 1,5-2,5-тен 14,7 м-ге дейін жұмыс қуатына ие.

Көмірлер гумусты, қоңыр класс Б3, орташа күл (18-22%). Көмірлер жоғары күкіртті (3%), өздігінен жануға бейім. Күл оңай ериді. Жану жылуы 7,3 мың ккал.кг жартылай кокстеу кезінде 4-7% шайыр алынды. Кен орнының қоры айтарлықтай; 900 м тереңдікке дейін 750 млн. т. бағаланады.

Қияқты көмір кен орны Қарағанды облысында, Қарсақбай кентінен батысқа қарай 98 км жерде орналасқан. Кен орны жоғары көміртектену



дәрежесіндегі Юра дәуіріндегі қоңыр көмірмен ұсынылған. Бұл кен орнының барланған көмір қоры 110 млн тоннаны құрайды, геологиялық барлау жұмыстарының ауданы, орталық блок 3 км<sup>2</sup> аумақты алып жатыр.

Көмір қабатының жоғарғы бөлігінде органикалық заттарға бай қабаттар бар-қарашірік, қуаты 1,5 м-ге дейін. Оның қоры кен орнының орталық бөлігінде шамамен 3,5 миллион тоннаны құрайды. Орогидрографиялық тұрғыдан кен орнының ауданы шағын өзендердің дамыған жүйесімен және құрғақ климатымен сипатталатын ұсақ шоқылармен асқынған Шөлейт жазық.

Кен орнының ауданы күрт континенттік климатпен ерекшеленеді, температурасы +40-тан 38°C-қа дейін ауытқиды. Жылына жауын-шашынның орташа мөлшері 148,01 мм құрайды. Қиялы кен орнының ауданы күшті, 20 м/с-қа дейін тұрақты желмен ерекшеленеді, солтүстік-шығыс бағыты басым.

Көмір бөлігінде қоршаған ортаға шаң мен зиянды заттардың шығарындылары тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде, үйінділер жасау, тау-кен үйінділері мен көмір қоймасының ашық беттерінен желдету процесінде, сондай-ақ көмір мен тау жыныстарын автокөлікпен тасымалдау кезінде орын алады [30-33].

### 3.2 Қоңыр көмір үлгілерінен оқшауланған микроорганизмдердің физиологиялық-биохимиялық қасиеттерін зерттеу

Метагеномдық талдау

Микроорганизмдердің мәдениетсіз көпшілігін табу мен зерттеуде таза дақылдарға егусіз *in situ* микробиомаларының қасиеттерін зерттеуге мүмкіндік беретін молекулалық әдістер перспективалы болып табылады. Метагеномика-бүкіл биологиялық жүйеден оқшауланған жалпы генетикалық материалды талдау. Метагеномдық сиситемаларда бактериялардың қазіргі филогенетикалық классификациясы құрылымына негізделген 16S рДНК генін талдауға басымдық беріледі.

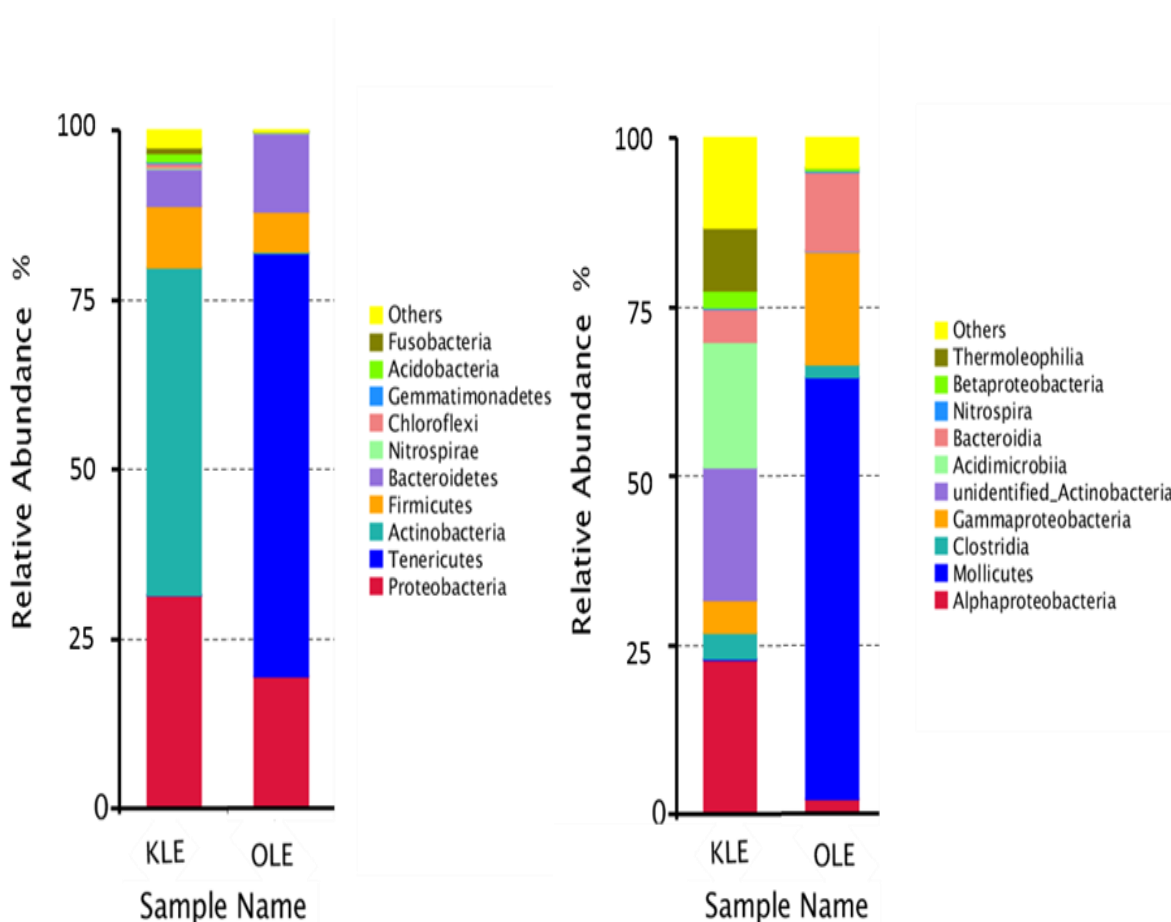
Осы зерттеу шеңберінде Қазақстандық көмір кен орындарының тотыққан көмірінің сынамаларына салыстырмалы метагеномдық талдау жүргізілді. Көмір бассейндері Қазақстанның орасан зор аумақтарын алып жатқанына қарамастан, өнеркәсіптік аймақтардың топырағы мен топырақ жамылғысын метагеномдық талдау бойынша жұмыстар жоқ.

Барлығы OLE және KLE талданды. Бастапқы деректердің сипаттамасы 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2 - OTE бойынша кластерлеу және аннотация статистикасы

Үлгілері	Жалпы тегтер	Таксон тегтері	Жіктелмеген тегтер	Бірегей тегтер	OTE OTU
OLE	81889	80420	0	1469	682
KLE	77015	75777	40	1198	1019

Көмір сынамаларының бактериялық қауымдастықтары негізінен *Proteobacteria*, *Tenericutes*, *Acidobacteria*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Nitrospirae*, *Chloroflexi*, *Gemmatimonadetes*, *Actinobacteria* және *Fusobacteria* филумдарымен қалыптасады (сур. 5). Микроқауымдастықтардағы ең үлкен үлестерге көбінесе топырақ микробиоталарында басым болатын *Proteobacteria* филумы жатады. Осы бактериялардан басқа, *Actinobacteria* тобының өкілдері KLE биосындағы маңызды үлесті құрайды. Әдебиеттерден көптеген белгілі *Actinobacteria*, әсіресе олардың мицелий түрлері – актиномицеттер-ылғалдылығы төмен мекендеу орындарына бейімделген [34, 35]. Алайда, OLE сынамасында *Tenericutes* филумының бактериялары басым, ал актинобактериялар артта қалады (сур 6).



Сурет 5 - OLE және KLE прокариоттарының таксономиялық құрылымы (а-филум деңгейінде, б-сынып деңгейінде)



Прокариоттық қауымдастықтың әртүрлілігі, табылған ОТЕ санына және әртүрлі индекстерге сәйкес (кес. 3) OLE және KLE іс жүзінде гетерогенді, өйткені тотыққан көмірлер физика-химиялық қасиеттері бойынша айтарлықтай ерекшеленеді.

Кесте 3 - Прокариоттардың әртүрлілік индекстері

Үлгілері	Табылған түрлер	Шеннон индексі	Симпсон индексі	chao1	ACE
OLE	572	2.637	0.619	633.008	658.940
KLE	931	6.413	0.967	1007.027	1006.286

Жүргізілген жұмыс 16S рДНҚ генінің реттілігі арқылы зерттелген микробтық қауымдастықтардың құрылымы мен әртүрлілігінің ерекшеліктерін көмір қасиеттері мен олардың генезисінің ерекшеліктерімен байланыстыруға мүмкіндік береді.

Бактериялардың дақылдарын оқшаулау және олардың физиологиялық және биохимиялық қасиеттерін зерттеу.

Аэробты дақылдар бактериялар OLE және KLE тотыққан қоңыр көмірінің сынамаларынан оқшауланған. Сақтау дақылдарының әдісі қолданылды, бактериялардың изоляттарын таңдау мәдени-морфологиялық белгілердегі айырмашылықтарға сүйене отырып жүргізілді. МПА - да өсу кезінде күңгірт колониялардың өсуі байқалды, кілегей түсті, мыжылған, бүктелген, пішіні дұрыс емес, жиектері кесілген, өлшемі <5 мм. OLE-ден 2 изолят және KLE-ден 1 изолят оқшауланған. Бактериялар мен споралар жасушаларының морфологиясын зерттеу үшін Грам және Ожешко препараттары дайындалды. Биологиялық материалдарды микроскопиялық зерттеу кезінде оқшауланған жасушалардың мөлшері 2,0-5,0 μм болатын таяқшалар екендігі анықталды (кес. 4).

Кесте 4 - Микроорганизмдердің морфологиялық және мәдени белгілері

Сипаттамасы	Штаммдар		
	RKB1	RKB5	RKB7
Сипаты (пішіні, түсі, көлемі)	Ақ, дөңес, тегіс	Дөңгелек, жазық, тегіс	Ірі, күңгірт, талшықты
Жасуша морфологиясы және өлшемдері	Қысқа, дөңгелек пішінді, клеткалар өлшемі 1,0-2,0 μм.	Таяқшалар өлшемі ~2,5 μм	Ірі таяқшалар, <4 μм
Грамм әдісі бойынша бояу	Теріс	Теріс	Оң
Веgetативті көбею	Спорасы жоқ	Спорасы жоқ	Жасушаішілік спора
Тиесілі атаулары	Ацинетобактериялары	<i>Delftia</i>	Бациллалар

Культуралық-морфологиялық белгілері бойынша фенотиптік сәйкестендіру штамдарды *Acinetobacter*, *Delfia* және *Bacillus* тұқымдасына жатқызуға мүмкіндік берді.

Жүргізілген жұмыстың нәтижесінде изоляттардың физиологиялық және биохимиялық сипаттамалары да анықталды (кес. 5).

Кесте 5 - Микроорганизмдердің физиологиялық-биохимиялық қасиеттері

Сипаттамалары		Штамдар		
		RKB1	RKB5	RKB7
Каталаза белсенділігі		+	+	+
Оксидаза белсенділігі		-	+	+
Индол сынағы		-	-	-
Нитраттардың азаюы		±	+	+
Ұтқырлық		-	+	+
Гидролиз	Казеин	-	±	+
	Желатиндер	-	±	+
	Крахмал	-	±	+
Ассимиляция	Глюкоза	+	-	+
	Мальтоза	±	-	+
	Маннита	-	-	+
	Арабиноза	-	-	-
	Ксилоза	+	-	+
	Лактоза	±	-	+
	Манноза	+	-	+
	Сорбита	±	-	-

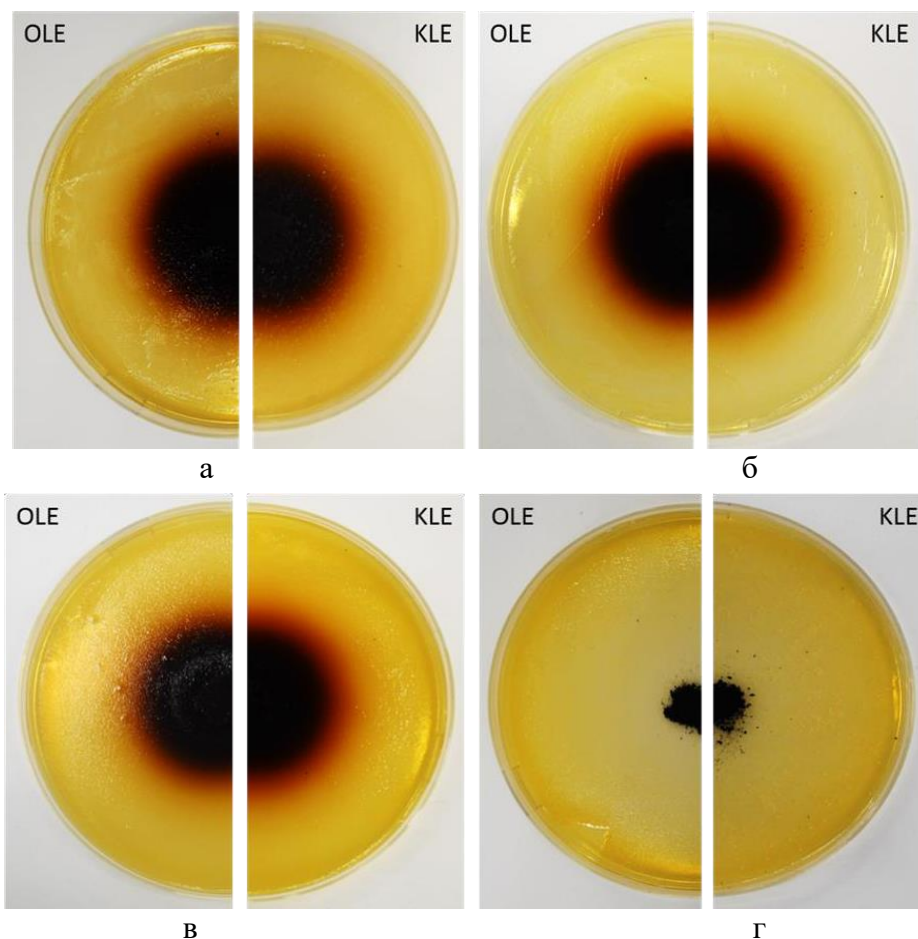
Алынған нәтижелерге сүйене отырып, бактериялар *Acinetobacter*, *Delfia* және *Bacillus* тұқымдасына жатады.

### 3.3 Мақсатты метаболикалық белсенділігі бар микроорганизмдердің штамдарын іріктеу

Биосолубилизацияға қатысты мақсатты белсенділігі бар микроорганизмдерді іріктеу екі жолмен жүргізілді: агар-диффузиялық және батырылған мәдениет.

Бірінші кезеңде изоляттардың метаболикалық белсенділігі агар-диффузия әдісімен анықталды. Стерильді құрғақ көмір бактериялық көгалдармен тығыз өсетін ортаға жағылды, 5 күн бойы инкубацияланды. Инкубация мерзімі аяқталғаннан кейін биосурфактанттардың болуы немесе болмауы көзбен анықталды.

Суреттен көрініп тұрғандай 10 бактериялық дақылдар 2 күннен кейін LB қатты культуралық ортада тотыққан көмір үлгілерін тез ерітті.

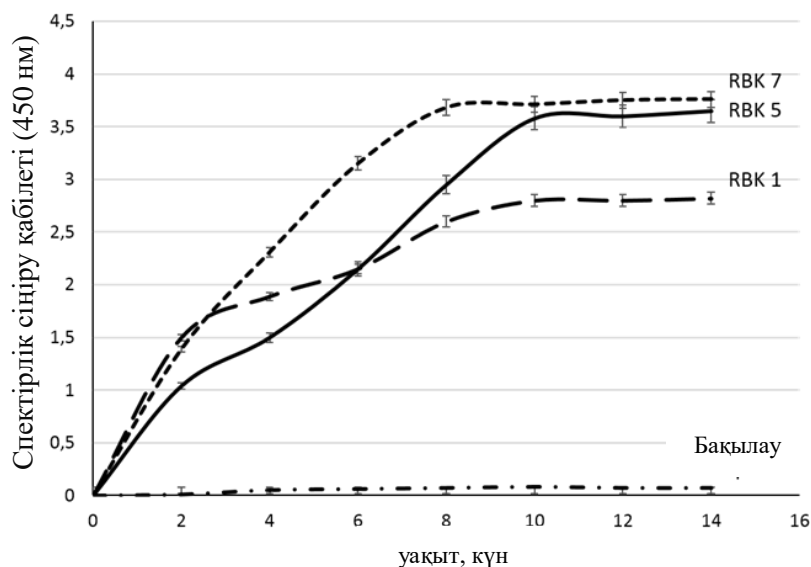


Сурет 8 - Тотыққан көмірдің биосолюбилизациясы: а - RKB 1 егу арқылы, б – RKB 5 егу, в - RKB 7 егу және г - бақылау

Бақылау нұсқаларында егудің болмауына байланысты көмірдің айналасындағы қоңыр жолақ байқалмады. Осылайша, барлық бөлінген дақылдар тотыққан қоңыр көмірге қатысты жоғары еріген белсенділікке ие деп болжауға болады.

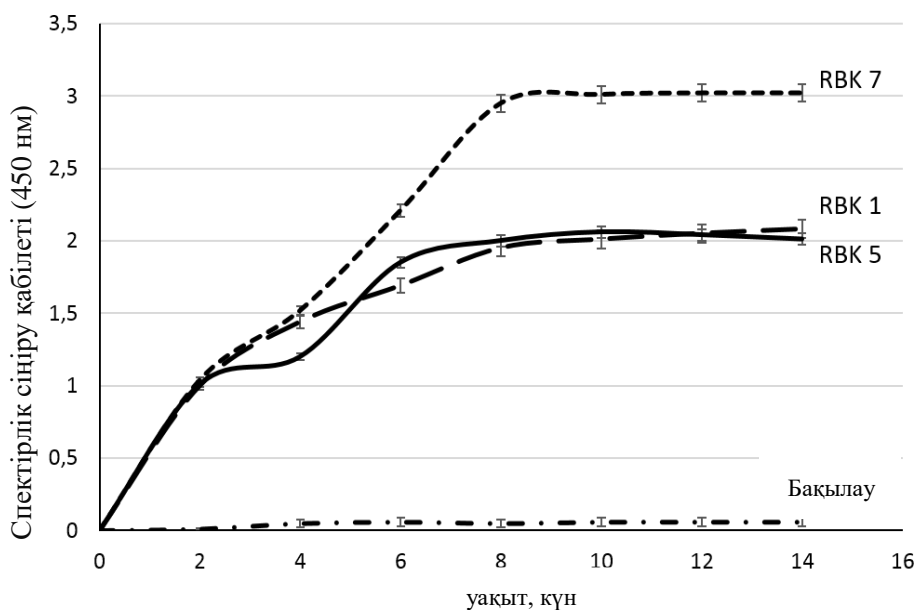
Екінші кезеңде бөлінген дақылдар сұйық дақылда тотыққан көмір үлгілерін еріту үшін пайдаланылды. Еріту көрсеткіштері 9 - суретте көрсетілген.

Көмір концентрациясы 5% болғанда, OLE ерігіштік дәрежесі инкубация уақытының 10 күнге дейін ұлғаюымен айтарлықтай өсті, бірақ болашақта көрсеткіш өзгеріссіз стационарлық фазада қалады.



Сурет 9 - OLE егу арқылы биоерігіштік деңгейі

OLE көмегімен метаболизмнің жоғары белсенділігі RKB 7 мәдениеті үшін көрсетілді, өйткені супернатанттағы биосурфактанттардың спектрлік сіңімділігі  $3,75 \pm 0,8$  құрайды. Ұқсас нәтиже KLE еріген кезде де байқалды, мұнда сіңімділігі  $3,05 \pm 0,4$  жетеді. RKB 1 және RKB 5 дақылдары 8 күндік инкубациядан кейін кем дегенде айтарлықтай нәтиже көрсетті (сур. 10).



Сурет 10 - KLE егу арқылы биоерігіштік деңгейі

OLE және KLE көмірі үшін тек жоғары метаболикалық белсенділігі бар бактериялық штаммдарды таңдаған дұрыс болғандықтан, біз одан әрі сәйкестендіру үшін перспективті еріткіштер ретінде барлық 3 инокуляцияны алдық.

Оқшауланған штамдарды генотиптеу олардың түрге жататынын нақтылау үшін жүргізілді. *16S rRNA* генінің нуклеотидтік жалғасы талданды және SeqScape 2.6.0 (Applied Biosystems) арқылы ортақ реттілікке біріктірілді, содан кейін соңғы фрагменттер жойылды, бұл BLAST алгоритміне GeneBank-те анықталған 650-ден астам нуклеотидтер тізбегін алуға мүмкіндік берді. Нуклеотидтер тізбегі және сәйкестендіру нәтижелері 6-кестеде берілген.

Кесте 6 – BLAST көмегімен *16S pPHK* генінің нуклеотидтер тізбегін талдау арқылы бактерия штамдарын идентификациялау нәтижелері

Штамның аты	16S pPHK генінің фрагментінің тізбегі	BLAST алгоритмі халықаралық деректер базасында нуклеотидтер тізбегін анықтау		
		GeneBank (Accession number) түндеу нөмірі	Штамның аты	% Сәйкестіктер
1	2	3	4	5
RKB 1	CACCGATGGGTACCGCCCTCTTTGCAGTTAGGCTAGCTACTTCTG GTGCAACAACTCCCATGGTGTGACGGGCGGTGTGTACAAGGCC CGGGAACGTATTCACCGGGCATTCTGATCCGCGATTACTAGCG ATCCGACTTCATGGAGTCGAGTTGCAGACTCCAATCCGGACTA CGATCGGCTTTTTGAGATTAGCATCCTATCGCTAGGTAGCAACCC TTTGTACCGACCATTGTAGCAGTGTGTAGCCCTGGCCGTAAGG GCCATGATGACTTGACGTCGTCGCCCGCTTCTCCAGTTTGTAC TGGCAGTATCCTTAAAGTTCCCGACATTACTCGTGGCAAATAA GGAAAAGGGTTGCGCTCGTTGCGGGACTTAACCCAACATCTCAC GACACGAGCTGACGACAGCCATGCAGCACCTGTATGTAAGTTCC CGAAGGCACCAATCCATCTCTGGAAAGTTCTTACTATGTCAAGG CCAGGTAAGTTCTTCGCGTTGCATCGAATTAACCACATGCTCC ACCGCTTGTGCGGGCCCCGTCGAATTCATTTGAGTTTTAGTCTTG CGACCGTACTCCCCAGGCGGTCTACTTATCGCGTTAGCTGCGCCA CTAAGCCTCAAAGGCCCAACGGCTAGTAGACATCGTTTACGG CATGGACTACCAGGGTATCTAATCCTGTTTGTCCCCATGCTTTC GCACCTCAGCGTCAGTGTTAGGCCAGATGGCTGCCTTCGCCATC GGTATTCCTCCAGATCTCTACGCATTCACCGCTACACCTGGAAT TCTACCATCCTCTCCACACTCTAGCTAACCAGTATCGAATGCAA TTCCCAAGTTAAGCTCGGGGATTTACATTTGACTTAATTAGCCG CCTACGCGCGCTTACGCCCAGTAAATCCGATTAACGCTTGCAAC CTCTGTATTACCGCGGTGCTGGCACAGAGTTAGCCGGTGCTTAT TCTGCGAGTAACGTCCACTATCTCTAGGTATTAACATAAAGTAGCC TCCTCCTCGCTTAAAGTGCTTTACAACCATAAAGGCCTTCTCACA CACGCGGCATGGCTGGATCAGGCTTGCGCCCATGTCCAATATTC CCCACTGCTGCCTCCCGTAGGAGTCTGGGCCGTGTCTCAGTCCCA GTGTGGCGGATCATCCTCTCAGACCCGCTACAGATCGTCGCCTTG GTAGGCCTTTACCCACCAACTAGCTAATCCGACTTAGGCTCATC TATTAGCGCAAGGTCCGAAGATCCCCTGCTTCTCCCGTAGGACG TATGCGGTATTAGCATTCCTTTGAAATGTTGTCCCCCACTAATA GGCAGATTCCSTAAGCATTACTACCCGTCGCGCGTAAGATCAG TAGCAAGTACCTCTCTCCGCTCGACTGCATGTGTAAGTCTG	NR_117930.1	<i>Acinetobacter pittii</i>	100
		NR_042387.1	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	99
		NR_102814.1	<i>Acinetobacter oleivorans</i>	99



6 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
RBK 5	CGCTCCCATGGTGTGACGGGCGGTGTGTACAAGACCCGGGAACGTATT CACC CGCGCATGCTGATCCCGGATTACTAGCGATTCCGACTTCACGCA GTCGAGTTGCAGACTGCGATCCGGACTACGACTGGTTTTATGGGATTA GCTCCCTCGCGGGTTGGCAACCCTGTACCAGCCATTGTATGACGT GTGTAGCCCCACCTATAAGGGCCATGAGGACTTGACGTCATCCCCACC TTCTCCGGTTTTGTACCGGCAGTCTCATTAGAGTGTCAACTGAATGT AGCAAATAATGACAAGGGTTGCGCTCGTTGCGGGACTTAACCCAACAT CTCACGACACGAGCTGACGACAGCCATGCAGCACCTGTGTGCAGGTTT TCTTCCAGCACGAATCCATCTCTGGAAACTTCCTGCCATGTCAAAGGT GGGTAAGTTTTTCGCGTTGCATCGAATTAACCACATCATCCACCGCT TGTGCGGGTCCCCGTCAATTCCTTTGAGTTTCAACCTTGCGGCCGACT CCCCAGGCGGTCAACTTCACGCGTTAGCTTCGTTACTGAGAAAACTAA TTCCCAACAACAGTTGACATCGTTTTAGGGCGTGGACTACCAGGGTAT СТААТCCTGTTTGTCTCCACGCTTTCTGTCATGAGCGTCAGTACAGGT CCAGGGGATTGCCTTCGCCATCGGTGTTCTCCGCATATCTACGCATT CACTGTACACGCGGAATTCATCCCCCTTACCCTACTCTAGCCATGC AGTCAAATAAGCAGTTCCAGGTTGAGCCGGGATTACATCTGTCT TTACATAACCGCTGCGCACGCTTTACGCCAGTAATTCGATTAACGC TCGCACCTACGTATTACCGCGCTGTGGCACGTAGTTAGCCGGTGT TATTCTACGGTACCGTCATGGGCCCCCTGTATTAGAAGGAGCTTTTT GTTCCGTAATAAGCAGTTTACAACCCGAAGGCTTCATCTGCACGC GGCATTGTGGATCAGGCTTTGCCCCATTGTCCAAAATTCCTACTGCT GCCTCCCGTAGGAGTCTGGGCCGTGTCTCAGTCCAGTGTGGCTGGTC GTCCTCTCAGACCAGCTACAGATCGTCGGCTTGGTAAGCTTTATCCCA CCAACTACCTAATCTGCCATCGGCCGCTCAATCGCGGAGGCCGAA GGTCCCGCTTTTCTCCTCAGATCGTATGCGGTATTAGCTACTCTTTC GAGTAGTTATCCCCACGACTGGGCACGTTCCGATGATTACTCACCCG TTCCGCACTCGTCAGCGTCCGAAGACCTGTACCCTGACTGCATGTG TAAGGCATGC	NR_116495.1	<i>Delftia lacustris</i>	99
	CGCTCCCATGGTGTGACGGGCGGTGTGTACAAGACCCGGGAACGTATT CACC CGCGCATGCTGATCCCGGATTACTAGCGATTCCGACTTCACGCA GTCGAGTTGCAGACTGCGATCCGGACTACGACTGGTTTTATGGGATTA GCTCCCTCGCGGGTTGGCAACCCTGTACCAGCCATTGTATGACGT GTGTAGCCCCACCTATAAGGGCCATGAGGACTTGACGTCATCCCCACC TTCTCCGGTTTTGTACCGGCAGTCTCATTAGAGTGTCAACTGAATGT AGCAAATAATGACAAGGGTTGCGCTCGTTGCGGGACTTAACCCAACAT CTCACGACACGAGCTGACGACAGCCATGCAGCACCTGTGTGCAGGTTT TCTTCCAGCACGAATCCATCTCTGGAAACTTCCTGCCATGTCAAAGGT GGGTAAGTTTTTCGCGTTGCATCGAATTAACCACATCATCCACCGCT TGTGCGGGTCCCCGTCAATTCCTTTGAGTTTCAACCTTGCGGCCGACT CCCCAGGCGGTCAACTTCACGCGTTAGCTTCGTTACTGAGAAAACTAA TTCCCAACAACAGTTGACATCGTTTTAGGGCGTGGACTACCAGGGTAT СТААТCCTGTTTGTCTCCACGCTTTCTGTCATGAGCGTCAGTACAGGT CCAGGGGATTGCCTTCGCCATCGGTGTTCTCCGCATATCTACGCATT CACTGTACACGCGGAATTCATCCCCCTTACCCTACTCTAGCCATGC AGTCAAATAAGCAGTTCCAGGTTGAGCCGGGATTACATCTGTCT TTACATAACCGCTGCGCACGCTTTACGCCAGTAATTCGATTAACGC TCGCACCTACGTATTACCGCGCTGTGGCACGTAGTTAGCCGGTGT TATTCTACGGTACCGTCATGGGCCCCCTGTATTAGAAGGAGCTTTTT GTTCCGTAATAAGCAGTTTACAACCCGAAGGCTTCATCTGCACGC GGCATTGTGGATCAGGCTTTGCCCCATTGTCCAAAATTCCTACTGCT GCCTCCCGTAGGAGTCTGGGCCGTGTCTCAGTCCAGTGTGGCTGGTC GTCCTCTCAGACCAGCTACAGATCGTCGGCTTGGTAAGCTTTATCCCA CCAACTACCTAATCTGCCATCGGCCGCTCAATCGCGGAGGCCGAA GGTCCCGCTTTTCTCCTCAGATCGTATGCGGTATTAGCTACTCTTTC GAGTAGTTATCCCCACGACTGGGCACGTTCCGATGATTACTCACCCG TTCCGCACTCGTCAGCGTCCGAAGACCTGTACCCTGACTGCATGTG TAAGGCATGC	NR_113870.1	<i>Delftia tsuruhatensis</i>	99
	CGCTCCCATGGTGTGACGGGCGGTGTGTACAAGACCCGGGAACGTATT CACC CGCGCATGCTGATCCCGGATTACTAGCGATTCCGACTTCACGCA GTCGAGTTGCAGACTGCGATCCGGACTACGACTGGTTTTATGGGATTA GCTCCCTCGCGGGTTGGCAACCCTGTACCAGCCATTGTATGACGT GTGTAGCCCCACCTATAAGGGCCATGAGGACTTGACGTCATCCCCACC TTCTCCGGTTTTGTACCGGCAGTCTCATTAGAGTGTCAACTGAATGT AGCAAATAATGACAAGGGTTGCGCTCGTTGCGGGACTTAACCCAACAT CTCACGACACGAGCTGACGACAGCCATGCAGCACCTGTGTGCAGGTTT TCTTCCAGCACGAATCCATCTCTGGAAACTTCCTGCCATGTCAAAGGT GGGTAAGTTTTTCGCGTTGCATCGAATTAACCACATCATCCACCGCT TGTGCGGGTCCCCGTCAATTCCTTTGAGTTTCAACCTTGCGGCCGACT CCCCAGGCGGTCAACTTCACGCGTTAGCTTCGTTACTGAGAAAACTAA TTCCCAACAACAGTTGACATCGTTTTAGGGCGTGGACTACCAGGGTAT СТААТCCTGTTTGTCTCCACGCTTTCTGTCATGAGCGTCAGTACAGGT CCAGGGGATTGCCTTCGCCATCGGTGTTCTCCGCATATCTACGCATT CACTGTACACGCGGAATTCATCCCCCTTACCCTACTCTAGCCATGC AGTCAAATAAGCAGTTCCAGGTTGAGCCGGGATTACATCTGTCT TTACATAACCGCTGCGCACGCTTTACGCCAGTAATTCGATTAACGC TCGCACCTACGTATTACCGCGCTGTGGCACGTAGTTAGCCGGTGT TATTCTACGGTACCGTCATGGGCCCCCTGTATTAGAAGGAGCTTTTT GTTCCGTAATAAGCAGTTTACAACCCGAAGGCTTCATCTGCACGC GGCATTGTGGATCAGGCTTTGCCCCATTGTCCAAAATTCCTACTGCT GCCTCCCGTAGGAGTCTGGGCCGTGTCTCAGTCCAGTGTGGCTGGTC GTCCTCTCAGACCAGCTACAGATCGTCGGCTTGGTAAGCTTTATCCCA CCAACTACCTAATCTGCCATCGGCCGCTCAATCGCGGAGGCCGAA GGTCCCGCTTTTCTCCTCAGATCGTATGCGGTATTAGCTACTCTTTC GAGTAGTTATCCCCACGACTGGGCACGTTCCGATGATTACTCACCCG TTCCGCACTCGTCAGCGTCCGAAGACCTGTACCCTGACTGCATGTG TAAGGCATGC	NR_024786.1	<i>Delftia tsuruhatensis</i>	99
RBK 7	CTTCGGGCGGCTGGCTCCTAAAGGTTACCTCACCGACTTCGGGTGTTGC AAACTCTCGTGGTGTGACGGGCGGTGTGTACAAGGCCCGGGAACGTAT TCACCGCGCATGCTGATCCCGGATTACTAGCGATTCCAGCTTCACGC AGTCGAGTTGCAGACTGCGATCCGAAGTGAAGAGATTTATGGGATT GGCTAAACCTTGCAGTCTGCAGCCCTTTGTTCTGTCCATTGTAGCACG TGTGTAGCCCAGGTCATAAGGGGCATGATGATTTGACGTCATCCCCAC CTTCTCCGGTTTTGTACCGGCAGTACCTTAGAGTGCCCAACTGAATG CTGGCAACTAAGATCAAGGGTTGCGCTCGTTGCGGGACTTAACCCAAC ATCTCACGACACGAGCTGACGACAACCATGCACCCTGTCACTCTGT CCCCGAAGGGAAAGCCCTATCTCTAGGGTTGTCAGAGGATGTCAAGAC CTGGTAAGGTTTCTTCGCGTTGCTTCAATTAACCACATGCTCCACCGC TTGTGCGGGCCCCCGTCAATTCCTTTGAGTTTCACTTTGCGACCGTAC TCCCCAGGCGGAGTGCTTAATGCGTTAGCTGCAGCACTAAGGGGCGGA AACCCCTAACACTTAGCCTCATCGTTACGGCGTGGACTACCAGGG TATCTAATCCTGTTCTGCTCCCCACGCTTTGCTCCTCAGCGTCAGTTAC AGACCAGAGATCGCTTCCGCACTGGTGTCTCCACATCTCTACGCA TTTACCGCTACACGTGGAATTCCTCTCTCTGCACTCAAGTTT CCCAGTTCCAATGACCCTCCCGGTTGAGCCGGGGGCTTTCACATCAG ACTTAAGAAACCCTGCGAGCCCTTTACGCCAATAATTCGGGACAA CGCTTGCCACCTACGTATTACCGCGGCTGCTGGCACGTAGTTAGCCGTG GCTTTCTGGTTAGGTACCGTCAAGGTGCGAGCAGTACTCTCGCACTTG TTCTCCCTAACAAACAGACTTTACGATCCGAAAACCTTCATCACTCAC GCGGGCTTGTCCGTCAGACTTTCTGTCATTGCGGAAGATTCCCTACTG CTGCTCCCGTAGGAGTCTGGGCCGTGTCTCAGTCCAGTGTGGCCGAT CACCCTCTCAGGTGGCTACGCATCGTCGCTTGGTGAGCCATTACCCC ACCAACTAGTAATGCGCCGCGGTCATCTGTAAGTGACAGCCGAAA CCGTCTTTCATCCTTGAACCATGCGGTTCAAGGAATAATCCGGTATTAG CTCCGGTTTCCCGGAGTTATCCAGTCTTACAGGCAGGTTACCCACGTG TACTACCCGCTCCGCGCTAACATCCGGGAGCAAGCTCCCTTCTGTT GCTCGACTNGCATGATAGCACGCG	NR_113945.1	<i>Bacillus safensis</i>	99
	CTTCGGGCGGCTGGCTCCTAAAGGTTACCTCACCGACTTCGGGTGTTGC AAACTCTCGTGGTGTGACGGGCGGTGTGTACAAGGCCCGGGAACGTAT TCACCGCGCATGCTGATCCCGGATTACTAGCGATTCCAGCTTCACGC AGTCGAGTTGCAGACTGCGATCCGAAGTGAAGAGATTTATGGGATT GGCTAAACCTTGCAGTCTGCAGCCCTTTGTTCTGTCCATTGTAGCACG TGTGTAGCCCAGGTCATAAGGGGCATGATGATTTGACGTCATCCCCAC CTTCTCCGGTTTTGTACCGGCAGTACCTTAGAGTGCCCAACTGAATG CTGGCAACTAAGATCAAGGGTTGCGCTCGTTGCGGGACTTAACCCAAC ATCTCACGACACGAGCTGACGACAACCATGCACCCTGTCACTCTGT CCCCGAAGGGAAAGCCCTATCTCTAGGGTTGTCAGAGGATGTCAAGAC CTGGTAAGGTTTCTTCGCGTTGCTTCAATTAACCACATGCTCCACCGC TTGTGCGGGCCCCCGTCAATTCCTTTGAGTTTCACTTTGCGACCGTAC TCCCCAGGCGGAGTGCTTAATGCGTTAGCTGCAGCACTAAGGGGCGGA AACCCCTAACACTTAGCCTCATCGTTACGGCGTGGACTACCAGGG TATCTAATCCTGTTCTGCTCCCCACGCTTTGCTCCTCAGCGTCAGTTAC AGACCAGAGATCGCTTCCGCACTGGTGTCTCCACATCTCTACGCA TTTACCGCTACACGTGGAATTCCTCTCTCTGCACTCAAGTTT CCCAGTTCCAATGACCCTCCCGGTTGAGCCGGGGGCTTTCACATCAG ACTTAAGAAACCCTGCGAGCCCTTTACGCCAATAATTCGGGACAA CGCTTGCCACCTACGTATTACCGCGGCTGCTGGCACGTAGTTAGCCGTG GCTTTCTGGTTAGGTACCGTCAAGGTGCGAGCAGTACTCTCGCACTTG TTCTCCCTAACAAACAGACTTTACGATCCGAAAACCTTCATCACTCAC GCGGGCTTGTCCGTCAGACTTTCTGTCATTGCGGAAGATTCCCTACTG CTGCTCCCGTAGGAGTCTGGGCCGTGTCTCAGTCCAGTGTGGCCGAT CACCCTCTCAGGTGGCTACGCATCGTCGCTTGGTGAGCCATTACCCC ACCAACTAGTAATGCGCCGCGGTCATCTGTAAGTGACAGCCGAAA CCGTCTTTCATCCTTGAACCATGCGGTTCAAGGAATAATCCGGTATTAG CTCCGGTTTCCCGGAGTTATCCAGTCTTACAGGCAGGTTACCCACGTG TACTACCCGCTCCGCGCTAACATCCGGGAGCAAGCTCCCTTCTGTT GCTCGACTNGCATGATAGCACGCG	NR_148787.1	<i>Bacillus australimaris</i>	99
	CTTCGGGCGGCTGGCTCCTAAAGGTTACCTCACCGACTTCGGGTGTTGC AAACTCTCGTGGTGTGACGGGCGGTGTGTACAAGGCCCGGGAACGTAT TCACCGCGCATGCTGATCCCGGATTACTAGCGATTCCAGCTTCACGC AGTCGAGTTGCAGACTGCGATCCGAAGTGAAGAGATTTATGGGATT GGCTAAACCTTGCAGTCTGCAGCCCTTTGTTCTGTCCATTGTAGCACG TGTGTAGCCCAGGTCATAAGGGGCATGATGATTTGACGTCATCCCCAC CTTCTCCGGTTTTGTACCGGCAGTACCTTAGAGTGCCCAACTGAATG CTGGCAACTAAGATCAAGGGTTGCGCTCGTTGCGGGACTTAACCCAAC ATCTCACGACACGAGCTGACGACAACCATGCACCCTGTCACTCTGT CCCCGAAGGGAAAGCCCTATCTCTAGGGTTGTCAGAGGATGTCAAGAC CTGGTAAGGTTTCTTCGCGTTGCTTCAATTAACCACATGCTCCACCGC TTGTGCGGGCCCCCGTCAATTCCTTTGAGTTTCACTTTGCGACCGTAC TCCCCAGGCGGAGTGCTTAATGCGTTAGCTGCAGCACTAAGGGGCGGA AACCCCTAACACTTAGCCTCATCGTTACGGCGTGGACTACCAGGG TATCTAATCCTGTTCTGCTCCCCACGCTTTGCTCCTCAGCGTCAGTTAC AGACCAGAGATCGCTTCCGCACTGGTGTCTCCACATCTCTACGCA TTTACCGCTACACGTGGAATTCCTCTCTCTGCACTCAAGTTT CCCAGTTCCAATGACCCTCCCGGTTGAGCCGGGGGCTTTCACATCAG ACTTAAGAAACCCTGCGAGCCCTTTACGCCAATAATTCGGGACAA CGCTTGCCACCTACGTATTACCGCGGCTGCTGGCACGTAGTTAGCCGTG GCTTTCTGGTTAGGTACCGTCAAGGTGCGAGCAGTACTCTCGCACTTG TTCTCCCTAACAAACAGACTTTACGATCCGAAAACCTTCATCACTCAC GCGGGCTTGTCCGTCAGACTTTCTGTCATTGCGGAAGATTCCCTACTG CTGCTCCCGTAGGAGTCTGGGCCGTGTCTCAGTCCAGTGTGGCCGAT CACCCTCTCAGGTGGCTACGCATCGTCGCTTGGTGAGCCATTACCCC ACCAACTAGTAATGCGCCGCGGTCATCTGTAAGTGACAGCCGAAA CCGTCTTTCATCCTTGAACCATGCGGTTCAAGGAATAATCCGGTATTAG CTCCGGTTTCCCGGAGTTATCCAGTCTTACAGGCAGGTTACCCACGTG TACTACCCGCTCCGCGCTAACATCCGGGAGCAAGCTCCCTTCTGTT GCTCGACTNGCATGATAGCACGCG	NR_112637.1	<i>Bacillus pumilus</i>	99

Нуклеотидтер тізбегін талдау негізінде 100% ықтималдығы бар RKB 1 штаммы *Acinetobacter pittii* түріне, ал 99% ықтималдығы бар RKB 5 және RKB 7 штаммдары сәйкесінше *Delftia* және *Bacillus* тұқымдасына жатады.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша мынадай қорытындылар жасалды:

1. Тотыққан қоңыр көмірден сынама алу Қарағанды, Түркістан және Алматы облыстарының аумағындағы талаптарға сәйкес жүргізілді. Ой-қарағай (OLE), Леңгір (Қаратау) (LLE) және Қияқты (KLE) көмір кен орындарының шахта маңындағы аумақтарынан барлығы 3 желдетілген көмір сынамалары іріктеліп, өңделді және зерттелді.

2. Көмір сынамаларының бактериялық қауымдастықтары, метагеномдық мәліметтерге сәйкес, негізінен тоғыз филум *Proteobacteria*, *Tenericutes*, *Acidobacteria*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Nitrospirae*, *Chloroflexi*, *Gemmatimonadetes*, *Actinobacteria* және *Fusobacteria* құрайтындығы анықталды. Барлық талданған көмір микробиомаларында бактериялардың басым филумдары, көмір түріне қарамастан, *Proteobacteria* болып табылады. Жергілікті бактериялар окшауланып, олардың морфологиялық-мәдени және физиологиялық-биохимиялық қасиеттері зерттелді.

3. Мақсатты метаболикалық белсенділігі бар биосурфактантты микроорганизмдердің 3 культурасы таңдалды, яғни тотыққан қоңыр көмірді биосолубилизациялау мүмкіндігі. Олар *Acinetobacter pittii* RKB 1, *Delftia* sp. RKB 5 және *Bacillus* sp. RKB 7 ретінде анықталды.

## ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ

- BBC – биотазаланған қоңыр көмір  
RKB 10 – *Providencia* sp. бактериясының штаммы  
RKB 2 – *Bacillus* sp. бактериясының штаммы  
LB орта – Лурия-Бертани қоректік ортасы  
ЕПА – ет-петонды агар  
ПТР – Полимеразды тізбекті реакция  
OLE – Ой-Қарағай кен орнының тотыққан қоңыр көмір сынамасы  
LLE – Леңгір көмір кен орнының тотыққан қоңыр көмір сынамасы  
KLE – Қияқты көмір кен орнының тотыққан қоңыр көмір сынамасы

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Jones, K. Ronald, E. Hester and Roy, M. Harrison (Eds): Coal in the 21st Century; Energy Needs, Chemical and Environmental Controls. In *Chromatographia*; 2018; Volume 81, p. 959.
2. Zhang, D.; He, H.; Ren, Y.; Haider, R.; Urynowicz, M.; Fallgren, P.H.; Jin, S.; Ishtiaq Ali, M.; Jamal, A.; Adnan Sabar, M.; et al. A mini review on biotransformation of coal to methane by enhancement of chemical pretreatment. *Fuel* **2022**, 308, 121961.
3. Marks, C.R.; Callaghan, A.V. Surface and Subsurface Coal Environments: From Environmental Formation and Chemistry to Microbial Communities. In *Microbial Communities Utilizing Hydrocarbons and Lipids: Members, Metagenomics and Ecophysiology*; McGenity, T.J., Ed.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2019; pp. 179–201.
4. Johnson, D.B. Chemical and Microbiological Characteristics of Mineral Spoils and Drainage Waters at Abandoned Coal and Metal Mines. *Water Air Soil Pollut. Focus* **2003**, 3, 47–66.
5. Méndez-García, C.; Peláez, A.I.; Mesa, V.; Sánchez, J.; Golyshina, O.V.; Ferrer, M. Microbial diversity and metabolic networks in acid mine drainage habitats. *Front. Microbiol.* **2015**, 6, 475.
6. Vick, S.H.W.; Greenfield, P.; Pinetown, K.L.; Sherwood, N.; Gong, S.; Tetu, S.G.; Midgley, D.J.; Paulsen, I.T. Succession Patterns and Physical Niche Partitioning in Microbial Communities from Subsurface Coal Seams. *iScience* **2019**, 12, 152–167.
7. Hamidović, S.; Cvijović, G.G.; Waisi, H.; Životić, L.; Šoja, S.J.; Raičević, V.; Lalević, B. Response of microbial community composition in soils affected by coal mine exploitation. *Environ. Monit. Assess.* **2020**, 192, 364.
8. Lors, C.; Ryngaert, A.; Périé, F.; Diels, L.; Damidot, D. Evolution of bacterial community during bioremediation of PAHs in a coal tar contaminated soil. *Chemosphere* **2010**, 81, 1263–1271.
9. Roy, R.; Mukherjee, A. Physicochemical Properties and Bacterial Population of Mine Spoils in an Opencast Coal Mine Area. *Proc. Natl. Acad. Sci. India Sect. B Biol. Sci.* **2022**, 92, 581–588.
10. Maharana, J.K.; Patel, A.K. Microbial community PLFA responses to ecosystem restoration in a chronosequence coal mine overburden spoil and implications of soil quality. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* **2014**, 3, 45–71.
11. Claassens, S.; Jansen van Rensburg, P.; Liebenberg, D.; van Rensburg, L. A Comparison of Microbial Community Function and Structure in Rehabilitated Asbestos and Coal Discard Sites. *Water Air Soil Pollut.* **2012**, 223, 1091–1100.
12. Strc, D.; Mastalerz, M.; Dawson, K.; MacAlady, J.; Callaghan, A.V.; Wawrik, B.; Turich, C.; Ashby, M. Biogeochemistry of microbial coal-bed methane. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* **2011**, 39, 617–656.

13. Sekhohola, L.M.; Cowan, A.K. Biological conversion of low-grade coal discard to a humic substance-enriched soil-like material. *Int. J. Coal Sci. Technol.* **2017**, *4*, 183–190.
14. Davison, B.H.; Nicklaus, D.M.; Misra, A.; Lewis, S.N.; Faison, B.D. Utilization of microbially solubilized coal. *Appl. Biochem. Biotechnol.* **1990**, *24*, 447–456.
15. Haider, R.; Ghauri, M.A.; Rahim, M.U. On Comparison Between Fungal and Bacterial Pretreatment of Coal for Enhanced Biogenic Methane Generation. *Geomicrobiol. J.* **2018**, *35*, 432–437.
16. Couch, G.R. Biotechnology and coal: A European perspective. In *Bioprocessing and Biotreatment of Coal*; Routledge: London, UK, 2017; pp. 29–55.
17. Sudheer, P.D.V.N.; David, Y.; Chae, C.G.; Kim, Y.J.; Baylon, M.G.; Baritugo, K.-A.; Kim, T.W.; Kim, M.-S.; Na, J.G.; Park, S.J. Advances in the biological treatment of coal for synthetic natural gas and chemicals. *Korean J. Chem. Eng.* **2016**, *33*, 2788–2801.
18. Shi, C.; Liu, X.; Zhao, S.; Yang, Z.; Lu, X.; Tong, M. Sequential degradations of Dananhu lignites by *Nocardia mangyaensis* and *Bacillus licheniformis*. *Fuel* **2022**, *318*, 123623.
19. Ghani, M.J.; Rajoka, M.I.; Akhtar, K. Investigations in fungal solubilization of coal: Mechanisms and significance. *Biotechnol. Bioprocess Eng.* **2015**, *20*, 634–642.
20. David, Y.; Baylon, M.G.; Pamidimarri, S.D.V.N.; Baritugo, K.-A.; Chae, C.G.; Kim, Y.J.; Kim, T.W.; Kim, M.-S.; Na, J.G.; Park, S.J. Screening of microorganisms able to degrade low-rank coal in aerobic conditions: Potential coal biosolubilization mediators from coal to biochemicals. *Biotechnol. Bioprocess Eng.* **2017**, *22*, 178–185.
21. Poncelet, D.M.; Cavender, N.; Cutright, T.J.; Senko, J.M. An assessment of microbial communities associated with surface mining-disturbed overburden. *Environ. Monit. Assess.* **2014**, *186*, 1917–1929.
22. Kadnikov, V.V.; Mardanov, A.V.; Beletsky, A.V.; Antsiferov, D.V.; Kovalyova, A.A.; Karnachuk, O.V.; Ravin, N.V. Sulfur-Oxidizing Bacteria Dominate in the Water from a Flooded Coal Mine Shaft in Kuzbass. *Microbiology* **2019**, *88*, 120–123.
23. Kadnikov, V.V.; Mardanov, A.V.; Beletsky, A.V.; Karnachuk, O.V.; Ravin, N.V. Metagenomic Analysis of the Microbial Community in the Underground Coal Fire Area (Kemerovo Region, Russia) Revealed Predominance of Thermophilic Members of the Phyla *Deinococcus-Thermus*, *Aquificae*, and *Firmicutes*. *Microbiology* **2021**, *90*, 578–587.
24. Weng, C.; Peng, X.; Han, Y. Depolymerization and conversion of lignin to value-added bioproducts by microbial and enzymatic catalysis. *Biotechnol. Biofuels* **2021**, *14*, 84

25. Sobolczyk-Bednarek, J.; Choińska-Pulit, A.; Łaba, W. Biosolubilization of low-rank coal by the newly isolated strain *Streptomyces fulvissimus* K59. *Fuel* **2021**, *301*, 121082.
26. Akimbekov, N.; Digel, I.; Qiao, X.; Tastambek, K.; Zhubanova, A. Lignite Biosolubilization by *Bacillus* sp. RKB 2 and Characterization of its Products. *Geomicrobiol. J.* **2020**, *37*, 255–261.
27. Akimbekov, N.; Digel, I.; Abdieva, G.; Ualieva, P.; Tastambek, K. Lignite biosolubilization and bioconversion by *Bacillus* sp.: The collation of analytical data. *Biofuels* **2021**, *12*, 247–258.
28. Saha, P.; Sarkar, S. Microbial Degradation of Coal into a Value Added Product. *Int. J. Coal Prep. Util.* **2019**, *39*, 1–19.
29. Amster, E. Public health impact of coal-fired power plants: A critical systematic review of the epidemiological literature. *Int. J. Environ. Health Res.* **2021**, *31*, 558–580.
30. Karn, R.; Ojha, N.; Abbas, S.; Bhugra, S. A review on heavy metal contamination at mining sites and remedial techniques. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2021**, *796*, 012013.
31. Ma, Y.; Tiwari, J.; Baudh, K. Plant-Mycorrhizal Fungi Interactions in Phytoremediation of Geogenic Contaminated Soils. *Front. Microbiol.* **2022**, *13*, 843415.
32. Sekhohola-Dlamini, L.M.; Keshinro, O.M.; Masudi, W.L.; Cowan, A.K. Elaboration of a Phytoremediation Strategy for Successful and Sustainable Rehabilitation of Disturbed and Degraded Land. *Minerals* **2022**, *12*, 111.
33. Salim, M.A.; Sri Wilarso Budi, R.; Setyaningsih, L.; Wahyudi, I.; Kirmi, H. Root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi (Amf) in various age classes of revegetation post-coal mine. *Biodiversitas* **2020**, *21*, 5013–5022.
34. Zhao, J.; Ma, J.; Yang, Y.; Yu, H.; Zhang, S.; Chen, F. Response of Soil Microbial Community to Vegetation Reconstruction Modes in Mining Areas of the Loess Plateau, China. *Front. Microbiol.* **2021**, *12*, 714967.
35. Guo, Y.; Chen, J.; Tsolmon, B.; He, A.; Guo, J.; Yang, J.; Bao, Y. Effects of subsidence and transplanted trees on soil arbuscular mycorrhizal fungal diversity in a coal mining area of the Loess Plateau. *Glob. Ecol. Conserv.* **2020**, *24*, e01308.

## РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жобаға

Ажбагамбетова Аружан Юрьевна, Ергазиева Арайлым Ерболқызы

6B05101 – «Химиялық және биохимиялық инженерия» оқу бағдарламасы бойынша

Тақырыбы: Микроорганизмдердің оқшауланған дақылдарының қоңыр көмірдің әртүрлі концентрациясы бар орталарда өсу кезінде олардың метаболикалық мүмкіндіктерін зерттеу

### ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Ажбагамбетова Аружан Юрьевна және Ергазиева Арайлым Ерболқызының «Микроорганизмдердің оқшауланған дақылдарының қоңыр көмірдің әртүрлі концентрациясы бар орталарда өсуі кезінде олардың метаболикалық мүмкіндіктерін зерттеу» тақырыбына жазған дипломдық жобалары қажетті деңгейде орындалған. Тақырыпты талдау барысында Ойқарағай, Леңгір және Қияқты көмір кен орындарына тоқтала отырып, оқшауланған микроорганизм дақылдарының қоңыр көмірдің әртүрлі концентрациясы бар ортада өсуі кезіндегі метаболикалық мүмкіндіктерін өте жақсы ашып сипаттап, кен орындарды бір-бірімен салыстырып көрсете білді, оқшайланып алынған абorigенді штамдардың перспективасын дәлелдей білді.

Дипломдық жобаның мынандай кемшілігі бар: Грамматикалық қателіктер мен суреттерді дұрыстап, толықтыру қажет. Әдебиетке шолу бойынша жаңа әдебиеттерді пайдалану ұсынылды.

### Жұмыстың бағасы

Жалпы алғанда, жоғарыдағы кемшілік дипломдық жобаның сапасын түсірмейді, ал А.Ю.Ажбагамбетова және А.Е.Ергазиеваның жасаған еңбегін жоғары бағалауға болады.



Рецензент  
Б.ғ.д., профессор

А.А. Жұбанова

«    »    2023 ж.

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ**

**ПІКІРІ**

**Дипломдық жоба**

Ажбагамбетова Аружан Юрьевна және Ерғазиева Арайлым Ерболқызы

6B05101 – «Химиялық және Биохимиялық инженерия» оқу бағдарламасы бойынша

**Тақырыбы:** Микроорганизмдердің оқшауланған дақылдарының қоңыр көмірдің әртүрлі концентрациясы бар орталарда өсу кезінде олардың метаболикалық мүмкіндіктерін зерттеу

Қазіргі уақытта қоңыр көмірдегі микроорганизмдерді зерттеу негізінен метаболизмі айқын микроорганизмдерді іздестіруді білдіреді, ол биоотындарды жасаудың негізі ретінде әрі қарай пайдалану үшін сапасыз көмірлерді биотүрлердіру үшін қолданылады.

Қоңыр көмірдің құрамына негізінен көміртегі, сутегі, оттегі, азот және аз мөлшерде күкірт пен минералды заттар кіреді. Минералды заттар жану тәртібіне және қоңыр көмірді кәдеге жаратумен байланысты күлді жою қиындықтарына әсер етеді.

Ажбагамбетова Аружан Юрьевна және Ерғазиева Арайлым Ерболқызының бітіру жұмысының негізгі мақсаты – қоңыр көмірден әртүрлі микроорганизмдерді бөліп ала отырып, оның метаболикалық мүмкіндіктерін зерттеу.

Ажбагамбетова Аружан Юрьевна және Ерғазиева Арайлым Ерболқызының дипломдық жұмысын орындау барысында перспективті штамдарды бөліп алды.

Дипломдық жұмысында көмір сынамаларының бактериялық қауымдастықтары, метагеномдық мәліметтерге сәйкес, негізінен тоғыз филум *Proteobacteria*, *Tenericutes*, *Acidobacteria*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Nitrospirae*, *Chloroflexi*, *Gemmatimonadetes*, *Actinobacteria* және *Fusobacteria* құрайтындығы анықталып, барлық талданған көмір микробиомаларында бактериялардың басым филумдары, көмір түріне қарамастан, *Proteobacteria* болып табылды. Жергілікті бактериялар оқшауланып, олардың морфологиялық-мәдени және физиологиялық-биохимиялық қасиеттері зерттелді.

Ажбагамбетова Аружан Юрьевна мен Ерғазиева Арайлым Ерболқызының дипломдық жұмысқа қойылған талаптарды және міндеттерді орындау барысында өзін жақсы жақтарынан көрсете білді, еңбеккер, білімге деген талпынысы жақсы, өзінің жоғары жауапкершілігі мен ұқыптылығының арқасында зерттеу жұмыстарын өз алдына орындауға қабілетті маманы болып қалыптасты. Бітіру жұмыс талаптарға сай орындалып, алдына қойылған мақсаттарды толық шеше білген және қажетті көрнекті материалдармен толықтырылған.

Сондықтан, Ажбагамбетова Аружан Юрьевна мен Ерғазиева Арайлым Ерболқызының «Микроорганизмдердің оқшауланған дақылдарының қоңыр көмірдің әртүрлі концентрациясы бар орталарда өсу кезінде олардың метаболикалық мүмкіндіктерін зерттеу» тақырыбы бойынша орындалған дипломдық жұмысын қорғауға лайықты деп санаймын.

**Ғылыми жетекші**  
**PhD, қауымдастырылған профессор**

(қысметі, ғыл. дәрежесі, атағы)

  
Гастамбек Қ.Т.

(қолы)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 ж.