Кожахметова Маржан Халидоллаевнаның
«8D05105 – Биотехнология» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (Ph.D.) дәрежесін алу үшін ұсынылған «**Қазақстанның төмен сортты көмірлерінен биогенді метан түзілуін ынталандыру**»
тақырыбындағы диссертациялық жұмысына

АҢДАТПА

Жұмыстың жалпы сипаттамасы: Бұл жұмыс Қазақстанның төмен сұрыпты көмірінен әртүрлі ынталандыру әдістерін қолдана отырып биогенді метан өндіруді арттыруға арналған. Жаһандық энергетикалық транзит және экологиялық таза энергия көздеріне сұраныстың артуы жағдайында метанды, оның ішінде оның биогендік түзілуін ынталандыру әдістерін дамытуға ерекше назар аударылуда. Бұл процесс көмірдің органикалық қосылыстарын ыдыратып метан түзуге қабілетті метаногендік микроорганизмдердің белсенділігіне негізделген.

Тақырыптың өзектілігі: Қазақстан көмір қоры бойынша әлемде топ 10 елдің қатарында болып, ресурстары 33,6 млрд тоннадан асса да, оның шамамен 64%-ы қоңыр және төмен калориялы көмірлерге жатады. Сондықтан олар экономикалық және экологиялық кемшіліктерге ие және дәстүрлі пайдалануға жарамдылығы төмен. Дегенмен, бұл көмірлердің құрамында биологиялық әдістер арқылы метанға айналуға қабілетті органикалық заттардың айтарлықтай мөлшері бар.

Көмірді жағу парниктік газдар шығарындыларының негізгі көздерінің бірі болып қала береді: Қазақстанда өндірілетін электр энергиясының шамамен 80%-ы көмір генерациясына тиесілі, ал 2022 жылы CO_2 шығарындылары 240 млн тоннаға жетіп, елдің жалпы көміртек ізінің едәуір бөлігін құрады. Көмірден биогенді метан алу дәстүрлі жағумен салыстырғанда CO_2 шығарындыларын 30–50%-ға дейін азайтуға мүмкіндік береді, өйткені бұл әдіс көмір қабаттарынан метан жинауды қамтамасыз етіп, жану процесін экологиялық таза жүргізеді.

Сонымен қатар, көмірден биогенді метан өндіру шахталық қалдықтар мен жабылған кен орындарын қалпына келтірудің маңызды механизмі бола алады. Қазақстанда 200-ден астам тастанды көмір шахталары бар, олардың биологиялық рекультивациясы экологиялық жүктемені азайтып қана қоймай, сонымен қатар қосымша энергия көзіне айналуы мүмкін. АҚШ, Қытай, Канада тәжірибесі көрсеткендей, оңтайлы әдістер таңдалынып, технологияға енгізілгеннен кейін 3–5 жыл ішінде әр тонна көмірден 5–10 м³ метан өндіруге болады.

Биогенді метан түзілудің жоғары әлеуетіне қарамастан, Қазақстанда бұл процесс әлі де жеткілікті деңгейде зерттелмеген. Басқа елдерде көмірдің микробиологиялық ыдырауын зерттеу соңғы жиырма жылда белсенді дамып келе жатқанымен, Қазақстанда бұл бағыттағы зерттеулер бірлі-жарым ғана. Метан түзуші қауымдастықтардың құрамы мен белсенділігі, сондай-ақ геохимиялық факторлардың биогенді метан түзілу процесіне әсері туралы іргелі деректердің жетіспеуі бұл технологияны өнеркәсіптік деңгейде енгізуді

қиындатады. Осы зерттеу жұмысы осы олқылықтың орнын толтыруға және технологияны одан әрі дамытуға ғылыми негіз қалыптастыруға бағытталған.

Осылайша, Қазақстандағы төмен сортты көмірлерде биогенді метан түзілуін ынталандыруды зерттеу стратегиялық маңызы бар бағыт болып табылады. Бұл көмір ресурстарының экономикалық құндылығын арттыруға, көміртек шығарындыларын азайтуға және баламалы энергия көздерінің тұрақты өндірісін қамтамасыз етуге ықпал етеді.

Жұмыстың мақсаты: Қазақстандық төмен сортты көмірлердің биогенді метанға айналуын әртүрлі ынталандыру әдістерін пайдалану арқылы жоғарылату.

Жұмыстың міндеттері:

1. Қазақстанның әр түрлі өңірлерінің көмір бассейндерінен көмір үлгілерін алу және олардың физика-химиялық, микробиологиялық қасиеттерін зерттеу.
2. Экзогенді микроорганизмдер көзі бола алатын аэробты және анаэробты микробтық қауымдастықтарды жинақтау және микробтық құрамына талдау жасау.
3. Көміртек пен энергияның жалғыз көзі ретінде көмірді пайдалана отырып, оқшауланған микробтық қауымдастықтарды өсіру және бейімдеу.
4. Таңдалған аэробты және анаэробты микробтық қауымдастықтарды көмір үлгілеріне енгізу арқылы микроэкожүйені құру.
5. Ферментация процесіне қатысатын аралық органикалық қосылыстарды анықтау және көмір метаногенезінің биогеохимиялық көрсеткіштерін белгілеу.
6. Көмірдің биожетімділігін зерттеу және көмірден метанның түзілу қарқындылығын талдау.
7. Көмірдің метанға айналу тиімділігіне қоршаған ортаның негізгі факторларының әсерін бағалау.

Зерттеу объектілері: Қазақстанның 3 өңірінен көмір үлгілері алынды, олар: Алматы облысының Ойқарағай көмір бассейні (43°12'36,6""N. 80°35'48,3"E) көмірі, Павлодар облысының Екібастұз көмір бассейні (51°73'08.5"N, 75°40'38.7"E) көмірі, Қарағанды облысының Қарағанды көмір бассейні (49°52'48,3"N. 73°06'16,5"E) көмірі; және олардың микробтық қауымдастықтары іріктелді. Сонымен қатар, Алматы қаласы, Бостандық ауданының ағынды суларды тазарту жүйесінен (43°21'90.78"N, 76°91'89.25"E) белсенді тұнбаның микробтық қауымдастығы, Алматы облысы, Қарасай ауданының Қаскелең қаласы маңындағы мал шаруашылығы фермасынан (43°22'88.84"N, 76°63'62.11"E) сиыр көңі экзогендік микрофлораның көзі ретінде пайдаланылды.

Зерттеу әдістері: Көмір үлгілерінің термофизикалық қасиеттері (ылғалдылығы – W, күлділігі – A, жылулық мәні – Q, ұшқыш заттардың шығымы – V) ГОСТ стандарттары бойынша сипатталды. Элементтер құрамы (C, N, H, S) Vario EL Cube автоматты анализаторында (Elementar, Германия)

ISO 14820-3:2020 - «Тыңайтқыштар және сілтілендіретін агенттер» стандарттары негізінде анықталды.

Микроорганизмдердің таксономиялық құрамын анықтау үшін 16S рРНҚ генінің секвенирлеуіне негізделген метагеномды әдістер қолданылды. Сондай-ақ қауымдастық деңгейіндегі физиологиялық профильдеу (CLPP) әдісі қолданылды.

Аралық өнімдерді анықтау үшін параллельді фактор үлгісімен (PARAFAC) біріктірілген флуоресценциялық қозу-шығару матрицасы (EEM) әдісі қолданылды. Үлгілердің рентгендік құрылымдық талдауы Empyrean рентгендік дифракция жүйесінің дифрактометрінде (Malvern Panalytical, Нидерланды) жүргізілді. Көмір үлгілерінің микроқұрылымы FE-SEM микроскопиясы арқылы Hitachi S-4800 сканерлеуші электронды микроскопында (Hitachi, Жапония) зерттелді. Фурье түрлендіру инфрақызыл спектроскопиясы ALPHA II QuickSnap спектрометрінің (Bruker Optics GmbH, Германия) көмегімен орындалды.

ASTM 1945 және GPA 2261 стандарттарына сәйкес газдарды анықтау үшін Agilent 7890A масс-спектрометрі бар Agilent 5975C газ хроматографы пайдаланылды.

Биослюбилизация және акклиматизация әдістері қолданылды.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы: Бұл зерттеу Қазақстанның төмен сортты көмірлерінен биогенді метан түзілу мүмкіншіліктерін зерттеу және оны ынталандыру бойынша елімізде алғаш рет жүргізіліп отыр, сондықтан бұл бағыттағы алғашқы жұмыс болып табылады.

Қазақстанның әртүрлі өңірлеріндегі көмірлердің және белсенді тұнба мен сиыр көңінің үлгілері микробтық популяция деректерін кластерлеу арқылы зерттелді (Majorbio Cloud Platform (www.majorbio.com)). Бірнеше көмір бассейндерінің үлгілері, сондай-ақ кластерлердегі нақты микробтық даралар немесе топтар олардың экологиялық және метаболикалық бірлестіктерін көрсетті.

Белсенді тұнбаның микробтық қауымдастықтарын сәтті бейімдеу нәтижесінде микроорганизмдер бөлініп, түрге дейін анықталды және Ұлттық биотехнологиялық ақпарат орталығының (NCBI) Genbank дерекқорында тіркелді.

Көмірді метанға оңтайлы биоконверсиялау үшін микрожүйе жасалды, оның параметрлері процестің ең жақсы өнімділігіне қол жеткізу үшін таңдалынды. Көмірдің биожетімділігін арттыру мақсатында жасалған әдіс негізінде пайдалы модельге патент (Төмен сортты көмірді еріту тәсілі, № 10021) алынды.

Жұмыстың ғылыми және практикалық маңыздылығы: төмен сортты көмірден биогенді метан түзілуін ынталандырудың практикалық маңызы энергия тиімділігін арттыруға негізделген. Көмірді микробиологиялық түрлендіру - баламалы газ көздерін дамытудың және оны

өндірудің перспективалық бағыты болуы мүмкін. Оған қоса төмен сортты көмірдің үлкен қоры бар аймақтарында микробиологиялық газдандыруды ұйымдастыру жаңа жұмыс орындарын құруға және аймақ экономикасын жақсартуға мүмкіндік береді.

Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар:

1. Қазақстанның 3 түрлі көмір бассейнінен алынған көмір үлгілерінің физика-химиялық және микробиологиялық сипаттамалары оларды қоңыр көмір санатына жатқызуға негіз болды. Олардың ылғалдылығы, күлділігі, ұшпа заттардың мөлшері, көміртек пен күкірттің құрамы зерттеліп, олардың қоңыр көмірдің Б типіне тән екендігі анықталды. Сонымен қатар, көмір үлгілерінде басым 8 негізгі бактериялық типтің болуы тіркелді.

2. Белсенді тұнбаны көмірдің биоаугментациясы үшін пайдалану мүмкіндігі негізделген. Себебі оның құрамында адаптацияға қабілетті және метаногенез процесіне жауап беретін метаногенді архейлердің белсенді қауымдастығы бар.

3. Көмірдің биогазификация процесін тиімді жүзеге асыру үшін аэробты және анаэробты микробтық қауымдастықтарды акклиматизациялау әдісін енгізудің орындылығы анықталды.

4. Көмірдің физикалық-химиялық сипаттамалары мен оның метаногендік потенциалы арасында байланыс орнатылды: Ойқарағай көмір бассейнінің көмірі қоршаған ортаның оңтайлы параметрлерінде (35°C, pH 7,0–8,0, тұз мөлшері 4,0 мг/см³) максималды құрылымдық өзгерістерді және метанның шығымдылығын жоғары көрсететіні анықталды.

Жұмыстың ғылыми зерттеу бағдарламасымен байланыстылығы: Диссертациялық жұмыс ИРН AP09057876 «Қазақстандық төмен сұрыпты көмірлердің биогенді метанға түрлендіру әлеуетін зерттеу» жобасының аясында орындалды.

Қорғауға ұсынылатын ғылыми жұмыс нәтижелерінің жасақталуына қосқан диссертанттың жеке үлесі: Барлық зерттеу жұмыстары : әдеби деректерді талдау, зерттеудің мақсаты мен міндеттерін айқындау, тәжірибелік зерттеулер жүргізу, алынған нәтижелерді талдау және олардың статистикалық өңделуі, автордың тікелей қатысуымен жүзеге асырылды. Сонымен қатар, зерттеу барысында қолданылған әдістер мен алынған мәліметтердің сенімділігі жан-жақты қарастырылып, ғылыми негізде талданды.

Жұмыстың сыннан өтуі: Диссертациялық жұмыстың нәтижелері төмендегі халықаралық ғылыми конференцияларда баяндалды:

- Студенттер мен жас ғалымдардың «Фараби әлемі» атты халықаралық ғылыми конференциясы, 4-6 сәуір, 2024 жыл, Алматы.
- Халықаралық «Sustainable future-2024: Biotech, ecology, energy» конференциясы, 20-21 қараша, 2024 жыл, Алматы.

Басылымдар: Диссертациялық зерттеудің негізгі қағидалары мен алынған нәтижелер келесі халықаралық ғылыми журналдар мен конференцияларда ұсынылып, талқыланды. Зерттеу жұмысының негізгі нәтижелері жалпы 8 ғылыми еңбекте жарияланған, оның ішінде 3 мақала

беделді Scopus халықаралық деректер базасына енді: Scientific Reports (92%, SJR 0.9), Engineered Science (91%, SJR 0.87) және International Journal of Hydrogen Energy (93%, SJR 1.318). Сондай-ақ, Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған республикалық ғылыми журналда 1 мақала жарық көрді, ал 2 ғылыми тезис конференция материалдарында жарияланды. Сонымен қатар, зерттеу нәтижелері негізінде 1 монография және Қазақстан Республикасының патенттік бюросынан 1 патент алынды.

Диссертацияның құрылымы: Диссертация 109 беттен, белгілеулер мен қысқартулар, кіріспе, әдебиеттерге шолу, зерттеу объектілері, материалдары мен әдістері, зерттеу нәтижелері мен талқылау, қорытынды бөлімдерінен, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен, 16 кестеден, 39 суреттен тұрады.