

**Тастамбек Қ.Т.* , Акимбеков Н.Ш., Цяо Сяохуэй,
Бердіқұлов Б.Т., Жұбанова А.А.**

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., *e-mail: tastambeku@gmail.com

ҚОҢЫР КӨМІР НЕГІЗІНДЕ ЖОҒАРЫ САПАЛЫ ТҮТІНСІЗ ЖӘНЕ КҮЛДІЛІГІ АЗ БРИКЕТ АЛУДЫҢ БИОТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ

Көмірді қайта өңдеудің биотехнологиялық процестері, оның ішінде қайта өңдеу, трансформация, конверсия түрлі қатты, сұйық немесе газ тәрізді отын түрлерін және өнімдерді алуға, оның техникалық-тұтынушылық ерекшеліктерін білуге бағытталуы мүмкін. Коммуналдық-тұрмыстық және өнеркәсіп секторында жанатын көмір отынының күкірт қосылыстары мен түтінсіз аз, күл көлемі төмен және құрылымды-гранулометрикалық құрамының болуы өнімдерді «түтінсіз отын» немесе «брикеттер» деген атауларға біріктіреді.

Сондай-ақ көмірді генетикалық модифицирленген немесе аборигенді микроорганизмдерді қолдана отырып қайта өңдеудің тағы бір негізгі бағыты ипритті және органикалық күкіртті жою көмегімен энерготехнологиялық түрде қолдану үшін қызметтік және экологиялық сипаттамаларын жақсарту болып табылады. Биотехнологиялық тәсілдемелер жасауда бактериялар мен саңырауқұлақтардың әртүрлі топтарын қолданады, ал үдеріс оттегінің қатысуымен мезофильді және термофильді жағдайда да орындала беруі мүмкін.

Қазіргі таңда көбірек қызығушылық тудырып отырған үдерістің бірі биодесульфуриздеу, яғни көмірден күкіртті алып тастау негізінде жаңа биотехнологиялық әдістер жасалынып жатыр. Құрамына симбиотикалық комменсал-микроорганизмдер кіретін биоценоздар мен микробтар экокүйесі табиғи биодесульфуризаторлар болып саналады.

Атап өткен себептерге байланысты қатты отын өндіруде, оның ішінде түтінсіз отын өндіруде жаңа пайдалы технологияларды зерттеу және жасап шығару өзекті мәселенің дер кезіндегі шешімі болады.

Түйін сөздер: көмір, микроорганизм, биосольюбилдеу, күкіртсіздендіру, түтінсіз отын.

Tastambek K.T.* , Akimbekov N.Sh., Qiao Xiaohui,
Berdikulov B.T., Zhubanova A.A.

al-Farabi Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty, *e-mail: tastambeku@gmail.com

Biotechnological aspects of the production of high-quality smokeless and low-ash briquets based on lignite

Biotechnological processes of coal processing, including transformation and conversion can be aimed at obtaining various solid, liquid and gaseous fuels and products from it, as well as improving its technical and consumer characteristics. Combusted in the municipal and industrial sectors, coal fuel, which has a low sulfur content, low smoke, reduced ash content and the required structural-granulometric composition, is combined under the name «smokeless fuel» or «briquettes».

Also, the main areas of coal processing based on the use of native or genetically modified microorganisms is to improve their functional and environmental characteristics for energy-engineering applications by removing mustard and organic sulfur. When developing biotechnological approaches, various groups of bacteria and fungi are used, and the processes can be performed both in mesophilic and thermophilic conditions in the presence of oxygen.

At present, new biotechnological methods are being developed based on the removal of sulfur from coal, i.e. biodesulfurization is one of the processes that causes the greatest interest. Natural biodesulfurization process involves microbial ecosystems and biocenoses, which include symbiotic commensal microorganisms.

For the reasons listed above, the study and creation of new efficient technologies for the production of solid fuels, including smokeless, is a timely solution to the current problem.

Key words: coal, microorganism, biosolubilization, desulfurization, smokeless fuel.

Тастамбек К.Т.*, Акимбеков Н.Ш., Цяо Сяохуэй,
Бердикулов Б.Т., Жубанова А.А.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, *e-mail: tastambeku@gmail.com

Биотехнологические аспекты получения высококачественных бездымных и низкосольных брикетов на основе бурого угля

Биотехнологические процессы переработки угля, в том числе трансформация и конверсия, могут быть направлены на получение из него различных твердых, жидких и газообразных видов топлива и продуктов, а также улучшение его технико-потребительских характеристик. Сжигаемое в коммунально-бытовом и промышленном секторах угольное топливо, обладающее низким содержанием сернистых соединений, малой дымностью, пониженной зольностью и необходимым структурно-гранулометрическим составом, объединено под названием «бездымное топливо» или «брикет».

Также основными направлениями переработки углей на основе использования аборигенных или генетически модифицированных микроорганизмов является улучшение их функциональных и экологических характеристик для энерготехнологического применения посредством удаления ипритной и органической серы. При разработке биотехнологических подходов используют различные группы бактерий и грибов, а процессы могут быть выполнены как в мезофильном, так и термофильном условиях в присутствии кислорода.

В настоящее время разрабатываются новые биотехнологические методы, основанные на удалении серы из угля. Биодесульфуризация является одним из процессов, который вызывает наибольший интерес. Естественными биодесульфуризаторами являются микробные экосистемы и биоценозы, в состав которых входят симбиотические комменсал-микроорганизмы.

По перечисленным причинам изучение и создание новых эффективных технологий для производства твердого топлива, в том числе бездымного, являются своевременным решением актуальной проблемы.

Ключевые слова: уголь, микроорганизм, биосольubilization, десульфуризация, бездымное топливо.

Кіріспе

Нарықтық экономиканың қарқынды дамуына қарай, қазіргі заманда энергияны тиімді жұмсау өзекті мәселенің бірі болып отыр. Энергияны пайдалану мақсатында қоршаған ортаға максималды түрде зияны тимейтін және қалдықсыз технологиялардың түрлері ұсынылады. Соның бірі ретінде, Қазақстандағы өндіріліп жатқан көмірді, яғни қоңыр көмірді айтуға болады. Әртүрлі қолдану аясына байланысты энергетикалық қорларды өндіру үшін қоңыр көмірдің биологиялық қайта өңделуі – оны тұрақты қолданудың ең үдемелі бағыты.

Қазақстан аумағы көмір кені жөнінен әлемдегі ең үлкен ондыққа кіреді. Қоңыр көмір Қазақстандағы жалпы көмір қорының кемінде 62% (24 млрд. т аса) құрайды. Қоңыр көмір

жану жылуының мәні аз болуымен (шамамен 26 МДж/кг), жоғары ылғалдылығымен (40% дейін), көміртегінің (шамамен 60%) және сутегінің (6%) аз болуымен, оттегі көлемінің көп болуымен (17-34%), ұшқыш заттар санының өте көптігімен (50% дейін) ерекшеленеді; онымен қоса олар механикалық тұрғыда аса берік емес, ауада ылғалдылығын тез жоғалтады, ұсақталады және сынық бөлшектерге айналады, жұмсақ жыныстылар. Осы себепті олар энергетикалық мақсатта қолдануда онша тиімді емес. Өндіріліп жатқан кен орнынан қалатын қоңыр көмірлер жақын маңайға үйінді болып жинақтала береді. Уақыт өте келе, биіктігі 70-120 м жететін тиррикондар (үйінділер) пайда болады. Бұл тиррикондар жер көлемінің үлкен бөлігін ала отырып, атмосфераның газ-тозаңмен қарқынды ластануына, жер құнарлылығының нашарлауына, жера-

сты сулары мен жерүсті суларының химиялық улануына алып келеді (Kairbekov 2014: 276; Vorobiev 2007: 311).

Көмір кен орнын жасау жерасты суларының балансы мен гидродинамикалық режиміне де кері әсерін тигізеді. Сонымен қатар әлеуетті қорлар қайта қалпына келмейтінімен қоса жерүсті мекендеушілерді жояды және су экожүйесін бұзады. Дегенмен дәл осындай сапасы төмен, күлі көп, практикалық тұрғыда жарамсыз көмір химиялық және биотехнологиялық қайта өңдеу арқылы құнды өнімдер қатарын алуға маңызы орасан.

Көмірді қайта өңдеудің биотехнологиялық процестері, трансформация мен конверсия түрлі қатты, сұйық және газ тәрізді отын түрлерін, өнімдерді алуға, оның ішінде қайта өңдеу және оның техникалық-тұтынушылық ерекшеліктерін білуге бағытталуы мүмкін (Wencheng 2015: 206-221).

Химиялық тұрғыдан қоңыр көмірді аморфты полимер ретінде қарастыруға болады. Қоңыр көмірдің өзінің құрамын қарастыратын болсақ: қоңыр көмір=битум+гумин қышқыл+қалдық көмір. Мұндай құрамды қоңыр көмірді брикеттеу бірнеше сатыдан тұрады. Себебі, олардың барлығын жоғарғы қысыммен қысу арқылы сапалы, біріккен берік, пайдалы өнім алу мақсатында көпсатылы болады. Қоңыр көмірден брикет құрастыру механизмін жасау барысында бірнеше гипотезалар туындаған болатын.

Битумды гипотеза. Көмірдің құрамындағы смола алынатын бөлігіне битумды жатқызамыз. Оны көмірден бөліп алу үшін экстракция немесе құрғақ дистилляция жасау қажет. Битумның құрамына спирт, көмірсулар, оттегі және эфир, ал қоңыр көмір құрамына жоғарыда аталғандарымен бірге балауыз кіреді. Қоңыр көмір битумы 90°C температурасында балқиды. Құрамы 77-80% көміртегі, 9-12% сутектен тұрады (Nelson 2014: 911-918; Fakoussa 2009: 25-40).

Алынатын битум қоңыр көмірдің жер астында жатқан уақытына байланысты болады. Ұзақ уақыт жатқан қоңыр көмірден 3-4% ғана битум алуға болады. Өте ерте қазылған, жас кен орындарынан алынған қоңыр көмірден 12-14%, ал қалыпты өз кезеңінде алынғандарынан 24%-ға дейін битум алуға болады. Битумның гидрофобтылығы брикеттің суға тұрақтылығына жауап береді. Практикалық жұмыстардан қарайтын болсақ, 11% битумы бар қоңыр көмірлердің суға тұрақты емес екендігін байқауға болады. Яғни, құрамында болатын битумның

пайыздық көрсеткіші маңызды рөл атқарады. Құрамында 6-8% битумы бар қоңыр көмірлердің барлығы ішіне байланыстырушы заттарды қоспай жақсы брикеттеледі. Битумның болу себебін келесідей түсіндіруге болады: жоғарыда айтқандай, құрамында 6-8% битумды қоңыр көмірді 70-80°C температурада ерітіп, қатты қысымда брикет жасау мақсатында пресстейді. Еріген битум байланыстырушы қызмет атқарып, қоңыр көмірдің ішкі түйіршіктерінің арасында жұқа қабаттың түзілуіне алып келеді. Битумды гипотезаның мәні битумның өзі байланыстырушы қызмет атқарып, сапалы брикетті шығаруға мүмкіндік тудырады (Monistrol 1994: 205-206).

Капиллярлы гипотеза. Бұл гипотезаның маңызы қоңыр көмірді қатты поралы зат ретінде қарастырады. Олардың ұзақ сақталуы пораларының көбеюіне алып келеді. Көмір ескі болған сайын пораларының тесіктері де кішірейе береді. Пора капиллярларының іші суға жинақталады. Брикет жасау кезінде пресстеу процесінде қаншалықты жинақтаған сайын, соншалықты ішінен су шығып, сутектік байланыс жасайды, соңынан тығыз байланыс жасай отырып жақсы біріктіреді (Celin 2005: 294-302).

Гумин-қышқылды гипотеза. Қоңыр көмір құрамында болатын гуминді-қышқылдың болуында. Жоғарғы қысыммен пресстеген кезде көмір бөліктерімен бірігіп байланыс жасап қалады. Жоғарыдағы гипотезаларды қарасақ брикеттеуге құрамындағы қай зат болсын маңызы зор (Durgesh 2013: 215-221).

Қоңыр көмір құрамында болатын гумин-қышқылының маңыздылығы брикетті алуға ғана емес, ауыл шаруашылығында да маңызды. Гумин қышқылдары адамның өндірістік және басқа шаруашылық процесі кезінде пайда болатын ауыр металдардың тұздары, радионуклеотидтер, ароматты көмірсулар және басқа уландырушы заттарды байланыстыратын қасиеті бар. Бұл оның басты қорғаныш және экологиялық қасиеті. Олар осылай байланысу арқасында «консервіленеді» және адамдардың, тірі жандардың ағзаларына түспейді. Топырақтағы гумустың құрамы айтарлықтай дәрежеде ерекшеленеді. Олардың бірқатар саны қара топырақта болады. Ол 10%-ға дейін жетуі мүмкін. Ауыр топырақта – 2,5%, күлденген және шымды топырақта 1,5%, ал тундра мен шөл далала одан да аз болады. Ол ылғалды топырақта көп мөлшерде болады, себебі су оттегінің түсуіне кедергі жасайды, соның есебінен ол баяу таралады. Мысалы, шымтезектің құрамында органикалық қалдықтар мен гумусты зат-

тар 90%-ға дейін болады. Гумусты заттар көп мөлшерде қоңыр көмірде, шымтезекте және шіріген тұнбада болады. 1 га жердегі гумуста жинақталған энергияның санын 50 тонна бензинмен теңестіруге болады, ал қара топырақпен салыстырғанда 250 тонна болады (Chunjie 2016: 214-221).

Топырақтың құнарлылығын қалпына келтіру технологиясы әлемдік сұранысқа ие. Ол технологиялар өсімдіктер өнімділігінің жоғарылауына әсер етеді. Ол өз кезегінде агро-технология саласындағы жаңа парадигмаға белсенді көшуіне байланысты болады. Өндірісте гумусты дайындау технологиясының қысқаша сипаттамасы. Гумус өндірісі үшін гумин қышқылына бай шикізат ретінде қоңыр көмір қолдануға болады деген болжам бар. Қоңыр көмірдің баламасы ретінде резеңке, шымтезек, шірік тұнбасы пайдаланады. Өндіріске түскен көмір електен өткізіледі және бактериялардың мөлшерімен шамалас оптимальді мөлшерге дейін ұсақталады. Белгілі қатынастағы көмірдің әртүрлі фракциялары көпсатылы гумус өндірісінің процесін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар органиканы (шығу тегі әртүрлі органикалық қалдықтар, соның ішінде ағаш жоңқалары, мал шаруашылығының қалдықтары және т.б.) қосу көзделеді. Органикалық шикізат арнайы ұсақтағышта оптимальді мөлшерге дейін ұсақталады. Ары қарай компоненттер өнімді дайындауға арналған барлық қатаң дозаланған компоненттер түсетін таспалы конвейері бар араластырғыштарға беріледі. Конвейерге түскен шикізаттың әртүрлі түрлері циклды немесе үздіксіз жұмыс істейтін араластырғыштарда біртекті жағдайға дейін араластырылады. Ары қарай қоңыр көмір мен органикалық шикізаттың ұсақталған қоспасына өсімдіктер сіңіретін көмірдің құрамында болатын гумин қышқылына айналатын бактериальді инокулят енгізіледі. Арнайы жағдайда араластырғыш – биореакторда қоңыр көмірдің құрылымы мен қасиетінің өзгеруі жүреді (Monistrol 1994: 205-2016, Ivanov 1998: 18; Petrova 2012: 17.).

Б2-Б3 топтарына бөлінген лигнит кесектенген көмір отынының шикізат базасын дамытуға деген ерекше қызығушылық оларды өндірудің үнемі артуына байланысты туып отыр. Оларды өндірудің артуы көбінесе ашық әдіспен, яғни арзанырақ жол арқылы өндірумен анықталады. Дегенмен бұл көмірлер құрамында күл мен ылғалдың көп мөлшерде болуына байланысты ажыратылады, бұл қасиеттері өз кезегінде жану жылуын төмендетеді, сақтау кезінде тез

бұзылуға ұшыратады, тасымалдауға жарамсыз етеді.

Қоңыр көмірді биотехнологиялық жақсарту әдістері, жекелей алғанда брикеттеу арқылы осы көмірлердің модификациялануы нәтижесінде тасымалдау көлемінің ұлғаюы мен қолдану аясының артуы мүмкін болады.

Түтінсіз отын алу мен брикеттеу саласының дайындалған ұсақ көмір және шикізаны тығыздау негізінде жасалған немесе көмірдің өз пластикалық қабатын қолдана отырып немесе табиғаты әртүрлі байланыстырушы заттардың көмегімен жасау сияқты технологиялық шешімдері бар. Дегенмен осы уақытқа дейін жасалған Б2-Б3 тобына жататын қоңыр көмірге негізделіп жасалған брикеттердің өндірісі посткеңестік кезеңде жүзеге асырылмаған. Мұның негізгі себебі бұл көмір түрі берік брикеттерді алуда қажетті пластикалық (созылымдылық) қасиетке және қалыптастыру қабілетіне ие емес. Бірақ әртүрлі деңгейдегі экологиялық және энергетикалық мәселелердің шиеленісуіне байланысты қазіргі таңда зерттеушілердің алдында қоршаған ортаға қорғаныс әсері бар зерттеулерді жүргізіп, оларды энергия үнемдегіш технологиялардың реестріне енгізудің қажеттілігінде көптеген сұрақтарды туындатып отыр. Қоңыр көмірдің энергетикалық құндылығы төмен, ал оны дәстүрлі түрде пайдалану қоршаған ортаның азот оксидімен, күкіртпен және басқа да зиянды заттармен лас тануына әкеп соғады. Осындай өткір мәселеге байланысты, халық шаруашылығында қоңыр көмірді пайдаға асырудың жанама әдістері іздестірілуде. Қоңыр көмірдің топыраққа енгізілуі ауыл шаруашылық дақылдарының өнімділігін арттыратыны өткен ғасырдың 60-жылдарында-ақ белгілі болған (Omar 1992: 911-915; Ivanov 2015: 45-52). Кейінірек, өсімдіктің өсуін ынталандырушы ретінде сілтілі металдың гидроксидтерімен немесе аммоний және табиғи гуминді заттардың (ГЗ) аналогі болып табылатын заттарды өңдеу арқылы алынған көмірдің сілтілі экстракты болып табылатын гуматтарды пайдалану ұсынылды. Гуматтар салыстырмалы түрде көмірге қарағанда өсімдіктің өсуіне көбірек ықпал жасайды, себебі гуматтарды сілтілі заттармен өңдеу барысында қоңыр көмірдің жоғары молекулалы қосылыстары бұзылып, нәтижесінде ерігіштік қасиеті де арта түседі (Ivanov 2015: 430-438; Klein 2013: 65-73). Сондай-ақ, бұл процесс қоңыр көмірді ақ шіріктің базидиальді саңырауқұлақтарының экстрацеллюларлы ферментімен өңдеу бары-

сында да жүзеге асатыны белгілі болды (Olsson 2000: 8-10). Қоңыр көмірдің бұлай коллоидты еруі энзимнің әсерінен жүреді, оны биосоллюбилизация деп атайды. Бұл процесте негізгі рөлді лигниндеградациялық жүйе атқарады, ол жүйеге лигнинпероксидаза, Mn-пероксидаза, лакказа және басқа да ферменттер, сондай-ақ төмен молекулалы екіншілік метаболиттер кіреді. Қазіргі уақытта көмірді биосоллюбилизациялайтын базидиальді саңырауқұлақтардың *Phanerochaete chrysosporium*, *Nematoloma frowardii*, *Stropharia rugosoannulata* сияқты біраз қатары белгілі (Saranya 2016: 214-219). Сілтілі экстракт әдісімен жасалған гуматқа қарағанда, қоңыр көмірдегі базидиомицеттердің өсуі нәтижесінде пайда болған биосоллюбилизация өнімдерінің айырмашылығы құрамында табиғаты ароматты болып келетін саңырауқұлақтар (гуминтәрізді заттар, меланины) және тотығу-тотықсыздану, биологиялық белсенді қасиеті бар қосылыстар болады. Дегенмен, биосоллюбилизация өнімдерінің биологиялық қасиеттерін бағалайтын зерттеу жұмыстары, бізге белгілі болғандай, сол күйі жүргізілмеген.

Жоғарыда көргендеріңіздей қоңыр көмірдің мүмкіншілігі биотехнологиялық бағытта жұмыс жасайтын болсақ өте көп. Аталған бағыттар бойынша зерттеу жұмыстарымыз түтінсіз отын технологиясына арналады.

Коммуналдық-тұрмыстық және өнеркәсіп секторында жанатын көмір отынының күкірт қосылыстары аз, түтіні аз, күл көлемі төмен және құрылымды-гранулометрикалық құрамының болуы өнімді «түтінсіз отын» немесе «брикеттер» деген атаумен біріктіреді.

Брикеттеу – белгілі формасы, көлемі бар, байланыстырушы және байланыстырушы емес заттардың бірігуі арқылы брикеттің алу процесі. Біріктірілген көмірлер газды, сұйық және пластикалық ортада біріктірілген болса, түрлі физико-химиялық процестерде құрамы күрделі болатыны дәлелденген. Брикеттеудің шешуші факторы ретінде көмірдің беттік, бөлетін және ажырататын қабаттары мен майда түйіршіктерінің бір-бірімен физикалық және химиялық байланысы болады. Брикет жасау кезінде құрылымды-реологиялық, физико-химиялық байланыстарының барлығы маңызды болады. Брикет жасау кезіндегі пресстеу процесінде осы аталған факторлардың барлығы маңызды рөл атқарады. Мысалы, пресстеу кезіндегі әсер ететін күш, температура, ылғалдылық және көмір ішіндегі байланыс. Брикет жасау технологиясында биологиялық және

химиялық жолдар қарастырылады. Химиялық жолда көмір түйіршіктерінің бір-бірімен қандай байланыс арқылы байланысатынын анықтап, соған қарай технологиясын құрастырады, ал биологиялық, соның ішінде биотехнологиялық жол арқылы ішіндегі байланысты бөлетін микроорганизмдерді анықтау арқылы брикетті жасауға болады. Биотехнологиялық жолмен алынған брикеттерде тек брикетті алып қана қоймай, түтінсіз және қоршаған ортаға бөлетін күкірттің аз болуын қамтамасыз ету керек.

Алайда, қазіргі таңда, Қазақстандағы Б2-Б3 тобына жататын қоңыр көмір негізінде брикетті жасау жұмыстары бойынша өндіріс орындары іске асырылмаған. Оның басты себебі ретінде, еліміздегі үйінді болып жиналып жатқан қоңыр көмірдің өзінен беріктігі жағынан мықты брикет тікелей алуға болмайды. Оны химиялық заттармен байланыстырушы заттар енгізетін болсақ қоршаған ортаға токсинсіз және энергия бөлу жағынан тиімді болу керек. Біздің зерттеу жұмыстарымыздың тиімділігі жоғарыда аталған заттармен ыңғайлас келеді. Себебі, химиялық байланыстырушы заттар енгізілмейді, микробтарды ішіне енгізу арқылы өздерінен байланыстырушы заттарды түзеді. Таңдалып алынған микроорганизмдер ешқандай токсинді заттар бөлмей, көмір түйіршіктерін берік брикеттер алу үшін байланыстырушы қызмет атқара отырып, қоршаған ортаға күкірттің аз бөлінуін қамтамасыз етеді.

Биотехнологиялық тәсілдемелер жасауда бактериялар мен саңырауқұлақтардың әртүрлі топтарын қолданады, ал процесс оттегінің қатысуымен мезофильді және термофильді жағдайда да орындала беруі мүмкін.

Қазіргі таңда көбірек қызығушылық тудырып отырған процестің бірі биодесульфуризация, яғни көмірден күкіртті алып тастау негізінде жаңа биотехнологиялық әдістер жасалынып жатыр. Ғылыми-зерттеу орталықтары көмірден күкіртті бөліп алу және көмірдің күлін азайту үшін жаңа әдістер жасаған. *EniChem Anic*, *Balelle*, *Consolidated Reduction* сияқты және басқа да ғылыми-өндірістік компаниялар күлді күкіртсіздендіру бойынша микроорганизмдердің болашағы мол штамдарын жасаумен және бөліп алумен айналысады (Ivanov 2015: 430-438; Klein 2013: 65-73; Saranya 2016: 214-219; Olsson 2000:8-10).

Әр түрлі реакторлардағы *Thiobacillus ferrooxidans*, *Thiobacillus thiooxidans*, *Sulfolobus acidocaldarius* және *Sulfolobus brierleyi* сияқты бактерияларды пайдалана отырып көмірді

биодесульфуризациялауға бағытталған зерттеулер әдебиеттерде (Alves 2011: 9162-9166; Van 1990: 324-328) жазылған.

Тас көмір және қоңыр көмірдің үлгілерінен бөлініп алынған *Streptomyces sp.*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas putida*, *Xanthomonas sp.* сияқты микроорганизмдердің табиғи штамдар қатары үшін әртүрлі көмірдің биосолюбилизацияға қабілеті көрсетілген [11].

Сондай-ақ ацидофильді аэробты микробиотарды және *Pseudomonas sp.* мен *Thiobacillus sp.* негізіндегі гетеротрофты бактерияларды қолдану арқылы екі сатылы биодесульфуризация жүргізуге зерттеу жұмыстары бағытталған (Weerasekara 2008: 234-240; Kilbane 1990: 69-79; Kiani 2014: 89-95)

Қазіргі уақытта брикет және пеллет негізінде жасалған, жақсартылған қатты отынды әлемдік өндіріс орындары жылына 130 млн. т (әлемдік көмір өндірудің шамамен 15%) өндіреді және брикеттің ең үлкен бөлігі қоңыр көмірге жатады. Соның ішінде 115 млн. т. жылына Еуропаның өзі өндіреді. Бұл бағытта көш бастаушы елдер қатарына инфрақұрылымы жақсы дамыған, лигнитті пайдалану мен өндіру көлемі көп мемлекеттер жатады. Ондай мемлекеттерге бірінші кезекте Германия, Франция, Ұлыбритания, АҚШ, Корея, Жапония және Австралия саналады (Angel 2001: 45-57; Hofrichter 1997: 55-64; Labor-da 1995: 1387-1390).

Ұлыбританияда түтінсіз отынның «румхит» және «хоумфайр» түрлері бар. Алыну жолы 420-450°C ыстық беттік қабатта ұстап, жартылай пластикалық күйде формасына біріктіріп жасаған. Күкіртті заттарды 20% төмендетіп, қатты қысыммен пресстеу арқылы алынады.

Францияда брикетті кокстан жасауды қарастырған. Олардың технологиясында ұшатын заттарды бөліп қана қоймай, тұрақтылығына және жылу ұстауына жете мән береді. Көрсетілген жұмыс реті бойынша «Антрасин» атты түтінсіз отын технологиясы құрастырылған. Бұл технологияда антрацитті байланыстырушы затпен (тас көмірлі шайырмен) араластырып брикеттейді. Антрасиннен бөлек «кармонуа», «карболюкс» және дистриак түрлері шығарылады.

Бұл келтірілген сараптамалар тұрмыстық және өнеркәсіптік отын өндірудегі ғылыми-техникалық және энергетикалық прогрестің

бағыты брикет түріндегі түтінсіз қатты отын алу екендігін көрсетеді (Romanowska 2015: 430-436; Ohshiro 1995: 249-252)

Аталған өндіріс көптеген елде, оның ішінде Қазақстанда да жолға қойылмаған. Қоңыр көмір энергетикалық отын ретінде ғана емес, сондай-ақ өнеркәсіптік және тұрмыстық бағыттағы өнімдерді қайта өңдеу үшін шикізат ретінде де маңызды.

Қазіргі таңдағы маңызды мәселелердің бірі сорттық отынның тапшылығы болып табылады. Бұл көп жағдайда оттықтағы үгінді мен ұсақ заттарға бай қарапайым және байытылмаған көмірлердің қабатталып жануына әкеліп соғады, нәтижесінде пештердің жылулық коэффициентінің едәуір төмендеуіне, содан кейін отынның жылулық энергиясының босқа жоғалып кетуіне себеп болады. Сондықтан жетілдірілген сорттық көмір отынының ресурстарын арттырудың заманауи және тиімді жолдарын жасау және олардың нәтижелерін жүзеге асыру үлкен ғылыми-экономикалық маңызға ие. Әртүрлі класқа жататын қоңыр көмірден алынатын түтінсіз қатты отынды алу технологиясы өндірісте жүзеге асырылмады, оның себебі брикеттеуде қолданылатын байланыстырушының сапасының болмауы, сонымен қатар жану жылулығының төменділігі және көмір күлінің көп болуы. Осы келтірілген жағдайларға байланысты Леңгір көмір бассейнінің лигнитінен брикеттелген түтінсіз отынды алу технологиясын жасау өзекті тапсырмаға айналып отыр (Stanford 2017: 294-302).

Қазақстан халқының көпшілік бөлігі ауыл аймақтарда өмір сүреді, сондықтан коммуналды-тұрмыстық тұтынуға қажетті экологиялық таза және қауіпсіз отындық брикеттерді өндіру мәселелері үлкен энергетикалық және экологиялық мағынаға ие. Қатты отын экологиялық қауіпсіз өнім болуына байланысты және түтін бөлу қасиеті төмен болғандықтан ол әртүрлі ғимараттарды, әсіресе өндірістік және қызметтік-тұрмыстық аудандарды (жылыжай, көшетхана, шатыр, монша, бассейн, көкөніс шұңқырлары, жылытылған топырақтар және т.б.) жылытуда таптырмас отын бола алады.

Атап өткен себептерге байланысты қатты отын өндіруде, оның ішінде түтінсіз отын өндіруде жаңа пайдалы технологиялар жасап шығару өзекті мәселенің дер кезіндегі шешімі болады.

Әдебиеттер

- 1 Каирбеков Ж., Токтамысов М.Т., Жалгасулы Н., Ешова Ж.Т. Комплексная переработка бурых углей центрального Казахстана. – Алматы: Қазақ университеті, 2014. – 276 с.
- 2 Воробьев Б.М. Уголь мира. Глобальный аспект. – М.: МГУ, 2007. – 311 с.
- 3 Wencheng Xia., Guangyuan Xie., Yaoli Peng. Recent advances in beneficiation for low rank coals //Powder Technology. – 2015. – Vol. 277. – P. 206-221.
- 4 Nelson Valero, Liliana Gomez, Manuel Pantoja. Production of humic substances through coal-solubilizing bacteria //Brazilian Journal of Microbiology. – 2014. – Vol. 43. – P. 911-918.
- 5 Fakoussa R.M., Hofrichter M. Biotechnology and microbiology of coal degradation //Appl Microbiol Biotechnol. -2009. – Vol. 52. – P. 25-40.
- 6 Monistrol I.F., Laborda F.L. Liquefaction and/or solubilization of Spanish coals by newly isolated microorganisms //Fuel Processing Technology. – 1994. – Vol. 40. – P. 205-216.
- 7 Romanowska L., Strzelecki B., Bielecki S. Biosolubilization of Polish brown coal by *Gordonia alkanivorans* S7 and *Bacillus mycoides* NS1020 //Fuel Processing Technology. – 2015. – Vol 131. – P. 430-436.
- 8 T. Ohshiro, T. Hirata, Y. Izumi. Microbial desulfurization of dibenzothiophene in the presence of hydrocarbon //Appl Microbiol Biotechnol. – 1995. – Vol 44. – P 249-252.
- 9 Stanford S. Makgato, Evans M.Nkhalambayausi Chirwa. Waterberg coal characteristics and SO₂ minimum emissions standards in South African power plants //J of Environmental Management. – 2017. – Vol. 201. – P. 294-302.
- 10 Celin Acharya, Sukla L.B., Misra V.N. Biological elimination of sulphur from high sulphur coal by *Aspergillus*-like fungi // Fuel. – 2005. – Vol. 84. – P. 1597-1600.
- 11 Weerasekara N.S., Garcı Frutos F.J., Cara J., Lockwood F.C. Mathematical modelling of demineralisation of high Sulphur coal//Minerals Engineering. – 2008. – Vol. 21. – P. 234-240.
- 12 Kilbane J.J. Sulfur specific microbial metabolism of organic compounds //Resources. Conser. Recycling. – 1990. – Vol. 3. – P. 69-79.
- 13 Kilbane J. J. Toward sulphur-free fuels //Chemtech. – 1990. – Vol. 12. – P. 747-751.
- 14 Kiani M.H., Ahmadi A., Zilouei H. Biological removal of sulphur and ash from fine-grained high pyritic sulphur coals using a mixed culture of mesophilic microorganisms //Fuel. – 2014. – Vol. 131. – P. 89-95.
- 15 Alves L., Paixro S.M. Toxicity evaluation of 2-hydroxybiphenyl and other compounds involved in studies of fossil fuels biodesulphurisation //Bioresource Technology. – 2011. – Vol.102. – P. 9162-9166.
- 16 Van Afferden M.V., Schacht S., Klein J., Truper H.G. Degradation of dibenzothiophene by *Brevibacterium* sp. //Arch. Microbiol. – 1990. – Vol. 153. – P.324-328.
- 17 Angel Aller, Olegario Martinez, Jose A. de Linaje, Rosa Mendez, Antonio Moran. Biodesulphurisation of coal by microorganisms isolated from the coal itself //Fuel Processing Technology. – 2001. – Vol. 69. – P. 45-57.
- 18 Hofrichter M., Bublitz F., Fritsche W. Fungal attack on coal II. Solubilization of low-rank coal by filamentous fungi // Fuel Processing Technology. – 1997. Vol. 52. – P. 55-64.
- 19 Laborda F., Redondo M.F., Luna N. Characterization of liquefaction/solubilization mechanisms of Spanish coals by newly isolated microorganisms //Coal Science and Technology. – 1995. – Vol. 24. – P. 1387-1390.
- 20 Durgesh Narian Singh, Anil Kumar Tripathi. Coal induced production of a rhamnolipid biosurfactant by *Pseudomonas stutzeri*, isolated from the formation water of Jharia coalbed //Bioresource Technology. – 2013. – Vol. 128. – P. 215-221.
- 21 Chunjie Xia., Tomasz Wiltowski. Coal depolymerization using permanganate under optimal conditions //International Journal of Coal Geology. – 2016. – Vol. 168. – P. 214-221.
- 22 Иванов И.И. Получение брикетированного и бездымного топлива из Канско-ачинских углей с использованием биосвязующих: автореф.дис. канд. хим.наук. – М., 1998. – 18 с.
- 23 Петрова Г.И. Теоретические и прикладные основы трансформации бурых углей при тепловом и электрохимическом воздействии. автореф.дис. ...техн.наук. – Якутск, 2002. – 17 с.
- 24 Omari T., Monna L., Saiki Y., Kodama T. Desulfurization of dibenzothiophene by *Corynebacterium* sp. strain SY1 //Appl. Environ. Microbiol. – 1992. – Vol. 58. – P. 911-915.
- 25 Иванов И.П., Гуревич Ю.Л., Еремина А.О., Головина В.В. Получение гуминовых веществ аэробной биопереработкой смеси бурого угля и опилок древесины осины //Journal of Siberian Federal University. Chemistry 1. – 2015. – Vol. 8. – P. 45-52.
- 26 Иванов И.П., Чесноков Н.В. Использование связующих на основе древесных опилок и биомодифицированного бурого угля для получения топливных брикетов //Journal of Siberian Federal University. Chemistry 3. – 2015. – Vol. 8. – P. 430-438.
- 27 Кляйн О.И., Куликова Н.А., Степанова Е.В., Филиппова О.И. Получение и характеристика биологически активных продуктов солюбилизации бурого угля базидиальными грибами белой гнили //Биотехнолог. -2013. №4. С.65-73.
- 28 Saranya Kuppusamy, Palanisami Thavamani. Isolation and characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) degrading, pH tolerant, N-fixing and P-solubilizing novel bacteria from manufactured gas plant (MGP) site soils //Environmental Technology & Innovation. – 2016. – Vol. 6. – P. 2014-219.
- 29 Olsson G. Battle will enhance organic sulfir removal //Bioprocess. Technol. – 2000. – Vol. 1. – P. 8-10.
- 30 Monistrol I.F., Laborda F.L. Liquefaction and/or solubilization of Spanish coals by newly isolated microorganisms //Fuel Processing Technology. – 1994. – Vol. 40. – P. 205-216.

References

- 1 Kairbekov Zh., Toktamysov MT, Zhalgasuly N., Eshova Zh.T. «Complex processing of brown coals in central Kazakhstan». (Алматы.: Қазақ университеті, 2014), 276.
- 2 Vorobiev B. «Coal of the world. Global aspect». (Moscow State University, 2007), 311.
- 3 Wen Cheng Xia et al., «Recent advances in beneficiation for low rank coals» //Powder Technology. -2015. –Vol. 277. –P.206-221.
- 4 Nelson Valero, Liliana Gomez, Manuel Pantoja. «Production of humic substances through coal-solubilizing bacteria» // Brazilian Journal of Microbiology. – (2014): 911-918.
- 5 Fakoussa R.M., Hofrichter M. «Biotechnology and microbiology of coal degradation» //Appl Microbiol Biotechnol. – (2009): 25-40.
- 6 Monistrol I.F., Laborda F.L. «Liquefaction and/or solubilization of Spanish coals by newly isolated microorganisms» //Fuel Processing Technology. – (1994): 205.216.
- 7 Romanowska I., Strzelecki B., Bielecki S. «Biosolubilization of Polish brown coal by *Gordonia alkanivorans* S7 and *Bacillus mycoides* NS1020» //Fuel Processing Technology. – (2015): 430-436.
- 8 T. Ohshiro, T. Hirata, Y. Izumi. «Microbial desulfurization of dibenzothiophene in the presence of hydrocarbon» //Appl Microbiol Biotechnol. – (1995): 249-252.
- 9 Stanford S. Makgato, Evans M.Nkhalambayausi Chirwa. «Waterberg coal characteristics and SO₂ minimum emissions standards in South African power plants» //J of Environemntal Management. – (2017): 294-302.
- 10 Celin Acharya, Sukla L.B., Misra V.N. «Biological elimination of sulphur from high sulphur coal by *Aspergillus*-like fungi» //Fuel. – (2005): 1597-1600.
- 11 Weerasekara N.S., Garcı Frutos F.J., Cara J., Lockwood F.C. «Mathematical modelling of demineralisation of high Sulphur coal» //Minerals Engineering. – (2008): 234-240.
- 12 Kilbane J.J. «Sulfur specific microbial metabolism of organic compounds» //Resources. Conser. Recycling. (1990): 69–79.
- 13 Kilbane J. J. «Toward sulphur-free fuels» //Chemtech. – (1990): 747-751.
- 14 Kiani M.H., Ahmadi A., Zilouei H. «Biological removal of sulphur and ash from fine-grained high pyritic sulphur coals using a mixed culture of mesophilic microorganisms» //Fuel. – (2014): 89-95.
- 15 Alves L., Paixro S.M. «Toxicity evaluation of 2-hydroxybiphenyl and other compounds involved in studies of fossil fuels biodesulphurisation» //Bioresource Technology. (2011), 9162-9166.
- 16 Van Afferden M.V., Schacht S., Klein J., Truper H.G. «Degradation of dibenzothiophene by *Brevibacterium* sp. » //Arch. Microbiol. (1990), 324–328.
- 17 Angel Aller, Olegario Martinez, Jose A. de Linaje, Rosa Mendez, Antonio Moran. «Biodesulphurisation of coal by microorganisms isolated from the coal itself» //Fuel Processing Technology. (2001): 45-57.
- 18 Hofrichter M., Bublitz F., Fritsche W. «Fungal attack on coal II. Solubilization of low-rank coal by filamentous fungi» // Fuel Processing Technology. -1997. –Vol. 52. –P. 55-64.
- 19 Laborda F., Redondo M.F., Luna N. «Characterization of liquefaction/solubilization mechanisms of Spanish coals by newly isolated microorganisms» //Coal Science and Technology. (1995): 1387-1390.
- 20 Durgesh Narian Singh, Anil Kumar Tripathi. «Coal induced production of a rhamnolipid biosurfactant by *Pseudomonas stutzeri*, isolated from the formation water of Jharia coalbed» //Bioresource Technology. (2013): 128. –P.215-221.
- 21 Chunjie Xia., Tomasz Wiltowski. «Coal depolymerization using permanganate under optimal conditions» //International Journal of Coal Geology. (2016): 214-221.
- 22 Ivanov I.I. «Getting briquetted and smokeless fuel from the Kansk-Achinsk coals using bio-binding» Avtoref.dis. ... cand. chemical science. -M., 1998
- 23 Petrova G.I. «Theoretical and applied fundamentals of transformation of brown coal with thermal and electrochemical effects.» Afrotoref.dis. ... technical science. -Yakutsk, (2002): 17.
- 24 Omari T., Monna L., Saiki Y., Kodama T. «Desulfurization of dibenzothiophene by *Corynebacterium* sp. strain SY1» //Appl. Environ. Microbiol. (1992): 911–915.
- 25 Ivanov I.P., Gurevich Yu.L., Eremina AO, Golovina V.V. «Obtaining humic substances by aerobic bio-processing of a mixture of brown coal and sawdust of aspen wood» // Journal of Siberian Federal University. Chemistry 1. (2015): 45-52.
- 26 Ivanov I.P., Chesnokov N.V. «Use of binders based on sawdust and biomodified brown coal to produce fuel briquettes» // Journal of Siberian Federal University. Chemistry 3. (2015): 430-438.
- 27 Klein O.I., Kulikova N.A., Stepanova E.V., Filippova O.I. «Obtaining and characterization of biologically active products of solubilization of brown coal by basidiomycetes of white decay» // Biotekhnolog. (2013): 65-73.
- 28 Saranya Kuppusamy, Palanisami Thavamani. «Isolation and characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) degrading, pH tolerant, N-fixing and P-solubilizing novel bacteria from manufactured gas plant (MGP) site soils» //Environmental Technology & Innovation. (2016): 2014-219.
- 29 Olsson G. «Battle will enhance organic sulfiir removal» //Bioprocess. Technol. (2000): 8-10.
- 30 Monistrol I.F., Laborda F.L. «Liquefaction and/or solubilization of Spanish coals by newly isolated microorganisms» //Fuel Processing Technology. (1994): 205.216.