

**МИКРОБИОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.02/30.12.2019.В.38.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

МИКРОБИОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

ИСМАТОВ АЗАМАТ МҮЙДИНЖОНОВИЧ

**АНГРЕН КАОЛИНЛАРИНИ БИОТЕХНОЛОГИК
БОЙИТИШ**

03.00.12 – Биотехнология

**БИОЛОГИЯ ФАНЛАРИ БҮЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

ТОШКЕНТ–2020

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Content of dissertation abstract of Doctoral of philosophe (PhD)

Исматов Азамат Мўйдинжонович

Ангрен каолинларини биотехнологик бойитиш.....3

Исматов Азамат Мўйдинжонович

Биотехнологическое обогащение Ангренских каолинов21

Ismatov Azamat Muydinzhonovich

Biotechnological enrichment of Angren kaolins.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**МИКРОБИОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.02/30.12.2019.В.38.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

МИКРОБИОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

ИСМАТОВ АЗАМАТ МҮЙДИНЖОНОВИЧ

**АНГРЕН КАОЛИНЛАРИНИ БИОТЕХНОЛОГИК
БОЙИТИШ**

03.00.12 – Биотехнология

**БИОЛОГИЯ ФАНЛАРИ БҮЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

ТОШКЕНТ–2020

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.3.PhD/B375 рақам билан рўйхатга олинган

Диссертация Микробиология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме) Илмий кенгаш веб-саҳифаси microbio@academy.uz ва «ZiyoNet» ахборот таълим тармоғида (www.ziyo.net) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Зайнитдинова Людмила Ибрахимовна биология фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Исмаилов Зафар Файзуллаевич биология фанлари доктори Мирзарахметова Дилбар Тохтамуратовна техника фанлари доктори
Етакчи ташкилот:	Андижон давлат университети

Диссертация химояси Микробиология институти ҳузуридаги DSc.02/30.12.2019.B.38.01 рақамли Илмий кенгашининг 2020 йил «25» февраль куни соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлади. Манзил: 100128, Тошкент ш., Шайхонтохур тумани, А.Қодирий кўчаси 7⁶-уй, Микробиология институти мажлислар зали, 3-қават Тел.:(+99871) 241-92-28, факс:(+99871) 241-92-71; e-mail: microbio@academy.uz.

Диссертация билан Микробиология институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№__ рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100128, Тошкент ш., Шайхонтохур тумани, А.Қодирий кўчаси 7⁶-уй, Микробиология институти маъмурий биноси, 5-қават. Библиотека. Тел.:(+99871) 241-92-28, (+99871) 241-71-98, факс:(+99871) 241-92-71.

Диссертация автореферати 2020 йил «__» «_____» куни тарқатилди.
(2020 йил «_____» _____ рақамли реестр баённомаси).

Арипов Тахир Фатихович
Илмий даража берувчи Илмий кенгаш раиси
б.ф.д., профессор, академик

Жураева Роҳила Назаровна
Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш
илмий котиби, б.ф.н., катта илмий ходим

Гулямова Ташхан Гафуровна
Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш қошидаги
Илмий семинар раиси, б.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациянинг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда каолин захираси бўйича ўрганилган ва тасдиқланган маълумотларга кўра, бу қазилма кони энг йирик қазилма конлардан бири бўлиб, унинг балансида 17 млрд. тонна каолин мавжудлиги аниқланган¹. Ўзбекистон бирламчи ва иккиламчи каолинларнинг бой қазилма конларига эгадир ва МДХ давлатлари орасида эса Украина ва Россиядан кейин учинчи ўринда туради. Ангрен каолин қазилма кони Ўрта Осиёдаги энг йирик конлардан бири ҳисобланади. Шунингдек, йирик Ангрен комплекс конида қўнғир кўмир, ўтга чидамли лой каолин захиралари мавжуд. Шу сабабли, лой ва керамик массалар характеристикасини ошириш учун технологик жараёнга қўшимчаларни киритиш орқали лой ва керамик массанинг сифатини оширишга ёрдам берадиган каолинларга ишлов беришнинг биотехнологик усуллари фойдаланиш илмий ва амалий аҳамиятга эга.

Жаҳонда бирламчи ва иккиламчи каолинларга ишлов беришнинг биотехнологик усуллари ишлаб чиқиш бораси илмий ишлар олиб борилмоқда. Бу борада, каолинни қайта ишлаш учун микробиологик усуллардан фойдаланиш, минералларни шакилланиш жараёнига микроорганизмларни киритиш, микроорганизмлар учун оптимал озуқа муҳитини танлаш, бирламчи каолинларни суюқликда эритиб ажратиб олиш, физик-кимёвий усуллар билан каолинларни бойитиш, фаол биогеохимёвий реакцияларни такомиллаштириш, шунингдек, Ангрен қазилма кони каолинларининг базасида ўтга чидамли маҳсулотлар, фаянсли сантехника маҳсулотлари, керамик плиталарни ишлаб чиқаришни йўлга қўйиш, бактерияларнинг культурал суюқлиги билан ишлов бериб бирламчи каолинларни ишлаб чиқишни тақозо этмоқда.

Республикамызда минерал хом-ашёларининг комплекс потенциалидан самарали фойдаланишни таъминлаш борасида чора-тадбирлар ишлаб чиқиш ва амалиётга жорий қилишга алоҳида эътибор қаратилмоқда, шунингдек лой ва керамик массалар характеристикасини ошириш учун технологик жараёнга қўшимчаларни киритиш орқали лой ва керамик массанинг сифатини оширишга ёрдам берадиган каолинларга ишлов беришнинг биотехнологик усуллари аниқлаш борасида муайян натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «...принципиал жиҳатдан янги маҳсулот ва технология турларини ишлаб чиқаришни ўзлаштириш ва бунинг асосида ташқи ва ички бозорларда маҳаллий маҳсулотлар рақобатбардошлигини таъминлаш, ижтимоий-иқтисодий ривожланишни жадаллаштириш»² вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларини амалга оширишда, жумладан каолинларга бактерияларнинг культурал суюқлиги билан ишлов бериш, ундан фойдаланиш диапазонини кенгайтириш ва уларни темирсизлантириш

¹ <http://www.kaolin.com.ua/ru/kaolin-s/16.html>

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги УП-4947-сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

ҳамда унинг оқлик даражасини яхшилаш каби хоссалари муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 1 мартдаги ПҚ-3578-сон «Ўзбекистон Республикаси Давлат геология ва минерал ресурслар кўмитаси фаолиятини тубдан ўзгартириш»ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъерий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг V. «Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф-муҳит муҳофазаси» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Халқаро илмий адабиётларда каолинларнинг сифатини яхшилашга масалаларига бағишланган кўпгина маълумотлар мавжуд: Жумладан, каолин хом-ашёсини бойитиш технологиясини ишлаб чиқиш (Галямов В.Ш., 2014), каолин хом-ашёсини бойитиш усули (Устинов И.Д., Мезенин А.О. и др., 2018), каолинларни бойитишда физик-кимёвий усулларни кўллаш (Еранская Т.Ю., Римкевич В.С., 2013, 2014), (Mohamed Chouafa et al, 2017), каолидан титанни суюқликда эритиб ажратиб олиш (Ning Wang, Hannian Gu, 2018). Силикатларнинг деградациясида микроорганизмларнинг роли ҳақида кўпгина маълумотлар тўпланган (Бертелен Ж., 1985; Tazaki K., 1997). Органик кислоталарнинг минералларга таъсирини ўрганиш (Styriakova I., et al, 2003; Tuck V.A., 2006) ва минералларни эритишда микробли ферментларнинг иштироки (Platova R.G., 2006; Konhauser K.O., et al, 1994; Konhauser K.O., et al, 2002; Kyle J.E., Schroeder P.A., 2007) бўйича тадқиқотлар ўтказилган. Минералларнинг шаклланиш жараёнига силикат бактерияларнинг таъсири аниқланган (Яхонтова Л.К., 1985) ва шу билан бирга минерал хом-ашёдан микроблар таъсирида темирни чиқариб ташлашга бағишланган тадқиқот ишлари олиб борилган (Konhauser K.O., Urrutia M.M., 1999; Kawano M., Tomita K., 2002; Deng S.B., et al, 2003).

Уларнинг кўпчилигида каолинларга кимёвий ишлов беришга асосий эътибор қаратилган бўлиб, силикатларнинг шаклланишида микроорганизмларнинг иштироки, шу билан бирга, каолин хом-ашёсининг сифатини микробиологик усуллар билан яхшилаш бўйича илмий адабиётларда маълумотлар кам келтирилган.

Шуни таъкидлаш лозимки, Ангрен каолини чет элда ишлаб чиқариладиган маҳсулотларга нисбатан сифати жихатидан пастроқдир, бу эса халқаро бозорда унинг рақобатбардошлигини пасайтиради. Жумладан, қоғоз учун мўлжалланган каолин харидорларнинг асосий талабларидан биридир ва унинг оқлик даражаси юқори бўлиши лозим. АКС марказдаги ўзбек қоғоз

каолинининг оқлик даражаси 78-80% ташкил қилади. Маълумки, халқаро бозорда оқлик даражаси 87% дан кам бўлмаган каолинга талаб каттадир, Украина ва Россияда ишлаб чиқарилган каолинлар шулар қаторига киради. Шу сабабли, микрооранизмлардан фойдаланиб каолинларнинг сифатини оширишда замонавий микробиология ва биотехнологияга боғлиқ бўлган илмий тадқиқотлар муҳим амалий аҳамият касб этади.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий таълим ёки илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Микробиология институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг ФА-А13-Т126 “Ангрен қазилма кони бирламчи каолинларини бойитишнинг биотехнологиясини ишлаб чиқиш” (2009-2011 йй), №27/09 “Каолинни бойитиш ва унинг оқлик даражасини ошириш учун микроорганизмларни қўллаш” (2009) мавзуларидаги фундаментал лойиҳа ва хўжалик шартномаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади Ангрен қазилма кони каолинларини темирсизлантириш ва сифатини яхшилаш биотехнологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

Acidithiobacillus ferrooxidans бактериясининг фаол мослашган культурасини олиш ва скрининг қилиш;

органик кислоталарни синтез қилиш хоссаси бўйича силикат бактерияларнинг скрининги;

гетеротроф микроорганизмларни қўпайтириш учун озуқа мухитини оптималлаштириш;

темир оксидловчи микроорганизмлардан фойдаланган ҳолда Ангрен қазилма кони бирламчи каолинларини суюқликда эритиб ажратиш олиш бўйича лаборатория тажрибаларини таҳлил қилиш;

икки босқичли схемадан фойдаланган ҳолда Ангрен қазилма кони бирламчи каолинларини суюқликда эритиб ажратиш олиш ва гетеротроф микроорганизмлардан фойдаланиб АКС маркадаги каолинларни бойитиш бўйича синовларни олиб бориш;

Тадқиқотнинг объекти сифатида Ангрен қазилма кони бирламчи каолини, АКС маркали каолин ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети сифатида темир оксидловчи *Acidithiobacillus ferrooxidans* бактериялари, гетеротроф микроорганизмларидан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотларни бажариш жараёнида анъанавий микробиологик, кимёвий, технологик ҳамда статистик усуллардан фойдаланилган. Бошланғич каолин ва бактериал суюқликда эритиб ажратиш олишдан кейинги каолин намуналаридаги элементлар микдори ва спектрал таҳлили Минерал ресурслар Институтининг физик-кимёвий тадқиқот усуллари лабораториясида бажарилиши билан изоҳланади.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

Ангрен қазилма кони бирламчи каолинларини бойитиш учун ацидофил темир оксидловчи микроорганизмлардан фойдаланиш имконияти аниқланган;

АКС марқадаги каолинни темирдан тозалаш учун гетеротроф микроорганизмлар билан бойитиш усуллари асосланган;

Ангрен қазилма конининг бирламчи каолинларини бойитиш учун икки босқичли схемаси: 1) босқич-ацидофил темир оксидловчи бактериялар ҳамда 2) босқич-гетеротроф микроорганизмлари билан ишлов бериш усуллари такомиллаштирилган;

силикатларни парчаловчи гетеротроф микроорганизмларни кўпайтиришда ўсимликлар чиқиндиларини бирламчи шакарлантириш (шакар моддасининг миқдорини ошириш) филтрлаш ва шаклланган озуқа мухитида гетеротроф микроорганизмларини кўпайтириш схемаси ишлаб чиқилган:

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

Ангрен қазилма кони бирламчи каолинга Қ:С=1:5 нисбатигача мослашган фаол темир оксидловчи бактерияларнинг К-1 ассоциацияси олинган;

Aspergillus niger 2, *Aspergillus terreus* 1 штамм замбуруғлари органик кислоталарининг фаол биосинтетиклари аниқланган. Микроорганизмларни кўпайтириш учун ўсимликларнинг чиқиндиларига асосланган озуқа мухити оптималлаштирилган;

икки босқичли усул ёрдамида темир оксидловчи ва гетеротроф микроорганизмлар фойдаланиб бирламчи каолинлар ва АКС марқадаги каолинларни темирсизлантириш бўйича тажрибалар олиб борилиб (каолин таркибидаги темирнинг бошланғич миқдори FeO 4,25% ва Fe₂O₃ 0,98% бўлганида) каолин таркибидаги FeO ва Fe₂O₃ миқдорини <0,2% ва 0,27% гача камайтириши билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқотнинг ҳар бир тажрибаси камида 3 та қайталанишда бажарилганлиги билан изоҳланади ва бу нисбатан ишончли ва стабил натижанинг ўртачасини аниқлаш имконини берган. Тажрибадан олинган маълумотларга статистик ишлов бериш STATISTICA 6.0 ва хатоликлар, ўртачалар, ишонли интерваллар, стандарт четга чиқишларни ҳисоблашнинг стандарт усуллари компьютер дастурлари ёрдамида амалга оширилган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти культуралар скрининги ўтказилди ва фаол темир оксидловчи *Acidithiobacillus ferrooxidans* бактерияси К-1 ассоциацияси танлаб олинган ва бу ассоциация босқичли мослаштириш усули ёрдамида пульпасининг зичлиги 30% бўлганида Ангрен қазилма конининг бирламчи каолинга адаптация қилиниши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти органик кислоталарни синтезлаш хоссаси бўйича *Aspergillus niger* 2 ва *Aspergillus terreus* 1 штаммлари танлаб олинган. Бактериал суюқликда эритиб ажратиб

олингандан кейин каолин намуналаридаги темир бирикмаларининг миқдори камайганлиги ҳамда барча тажриба намуналаридаги темир оксиди шаклининг кескин камайишида хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ангрен қазилмаси бирламчи каолинларини бойитиш биотехнологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

Ангрен коннинг қазилмасида бирламчи каолинларини икки босқичли схемасида *Acidithiobacillus ferrooxidans* ва силикат парчаловчи микроорганизмлари билан биологик суюқликда эритиб ажратиб олиш биотехнологияси «Ўзбекўмир» АЖда 35-сон участка қонида жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси «Ўзбекистон темир йўллари» акциядорлик жамияти «ЎЗБЕККЎМИР» кўмир қазиб олиш ва сотиш акциядорлик жамиятининг 2019 йил 16 июлдаги 01-13/941-сон маълумотномаси). Натижада каолин намуналарини бактериал суюқликлар билан ишлов берилганда бирламчи каолин сифат даражасини ошириш имконини берган.

Микроорганизмлар ассоциациясидан фойдаланиб бирламчи каолиндан темирни суюқликда эритиб ажратиб олишнинг такомиллаштирилган усули «Ўзбекўмир» АЖда 35-сон участкасида жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси «Ўзбекистон темир йўллари» акциядорлик жамияти «ЎЗБЕККЎМИР» кўмир қазиб олиш ва сотиш акциядорлик жамиятининг 2019 йил 16 июлдаги 01-13/941-сон маълумотномаси). Натижада маҳсулот таркибида FeO ва Fe₂O₃ нинг миқдори <0,2% (дастлабки миқдор FeO - 4,25 % ва Fe₂O₃ - 0,98%) бўлган маҳсулот олиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 13 та республика ва 7 та халқаро илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 22 та илмий иш нашр этилган, шулардан 6 таси Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда, жумладан 5 таси республика ва 1 таси хорижий илмий журналларда нашр қилинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, учта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетдан иборат.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш,

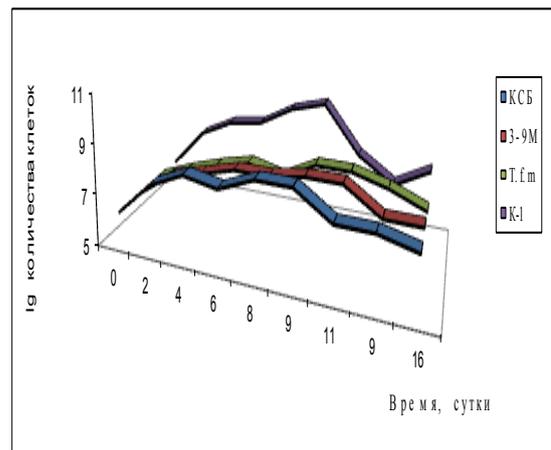
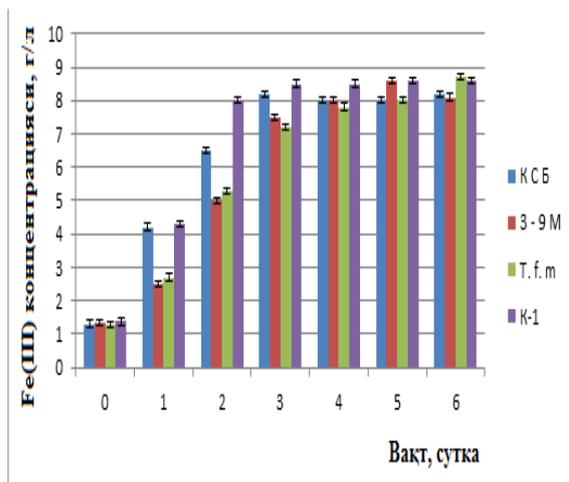
нашр этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Каолинлар характеристикаси, уларнинг қўлланилиш соҳаси ва микробиологик бойитилиши”** деб номланган биринчи бобида муаммонинг ҳозирги ҳолати бўйича батафсил таҳлил қилинган, каолинлар ва уларнинг қўлланилиш соҳасининг характеристикаси келтирилган, каолинларни микробиологик бойитиш ва хом-ашёдан темирни микробли усули билан чиқариб ташлаш бўйича маълумотлар бир тизимга келтирилган.

Диссертациянинг **“Каолинлар сифатини ошириш учун бактерияларни ажратиб олиш усуллари, каолинларнинг кимёвий тахлили ва микроорганизмларнинг умумий кислоталилигини аниқлаш”** деб номланган иккинчи бобида каолинлар сифатини ошириш учун фойдаланиладиган микроорганизмларни ажратиб олиш усуллари келтирилган. Тадқиқотда фойдаланилган бирламчи каолин ва АКС марказдаги каолиннинг кимёвий тахлили келтирилган. Тадқиқот ишида фойдаланилган микроорганизмларни кўпайтириш учун ишлатиладиган озуқа муҳитларининг таркиби келтирилган.

Диссертациянинг **“*Acidithiobacillus ferrooxidans* бактериялари ва гетеротроф микроорганизмларнинг скрининги. Икки босқичли схема бўйича каолинни бойитиш бўйича лаборатория тажрибаларини ўтказиш”** деб номланган учинчи бобида Ангрен қазилма кони каолинлар сифатини ошириш ва темирсизлантириш мақсадида ишлатиладиган микроорганизмларни ажратиб олиш, темироксидловчи бактерияларнинг ассоциациясидан фойдаланиб бирламчи каолинни суюқликда эритиб ажратиб олиш тадқиқоти олиб борилган. Шунингдек, гетеротроф микроорганизмларини кўпайтириш учун озуқа муҳитининг оптимизацияси, икки босқичли схемадан фойдаланиб бирламчи каолинни суюқликда эритиб ажратиб олиш, биотехнологик усуллардан фойдаланиб каолинни бойитишнинг принципиал схемасининг ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотларнинг натижалари келтирилган.

Acidithiobacillus ferrooxidans бактерияларининг скрининги. Адаптацияланган культурани олиш. Ҳозирги вақтда сульфидли минералларни парчалаш жараёнларида иштирок этувчи ацеодофил темироксидловчи микроорганизмларнинг турли шакллари ажратиб олинган. Бироқ, узок йиллар мобайнида биогидрометаллургия соҳасидаги доминант микроорганизмларидан бири *A.ferrooxidans* бактерияларининг культураси ҳисобланади. Нисбатан фаол бактерия культурасини аниқлаш учун “Сув ва маъданлар микробиологияси” лабораторияси биогеотехнология гуруҳи тўпламида мавжуд бўлган культураларнинг скрининги ўтказилди. Темирни оксидлашнинг максимал тезлиги К-1 ассоциацияси бўлиб унинг кўрсаткичи суткасига 3,3 гр/лни ташкил қилди. Шу билан бирга бу штамм билан темирнинг тўлиқ оксидланиши тажрибанинг 2-3 суткасида кузатилди (1-расм).



1-расм. 30⁰С ҳароратда даврий культурада темироксидловчи бактерияларнинг турли ассоциациялари томонидан темирни оксидлаши.

Шундай қилиб, *A. ferrooxidans* турли ассоциацияларининг геохимёвий фаоллигини аниқлаш асосида кейинги тадқиқотлар учун кўпайиш тезлиги ва темир оксидлаши юқори бўлган *A. ferrooxidans* K-1 ассоциацияси танлаб олинди.

Адаптацияланган культурани олиш. Гетероген мухитда микроорганизмлар ривожланишининг муҳим босқичларидан бири уларни бошланғич материалга мослаштиришдир. Бунинг учун биз гетероген мухитнинг зичлигини босқичма-босқич ошириб боришга асосланган микроорганизмларни аста-секинли билан мослаштириш (адаптация қилиш) усулидан фойдаландик. *A. ferrooxidans* K-1 ассоциацияси пульпага Қ:С нинг 1:20 дан 1:5 нисбатигача мослаштирилган.

Фаол темироксидловчи микроорганизмлар ассоциациясидан фойдаланган ҳолда каолинни бойитиш бўйича лаборатория тажрибаларини ўтказиш. Маълумки, юқори оклик даражасига эга чинни маҳсулотларини олиш учун унинг сифати кўпгина кўрсаткичларга, жумладан, титан ва темир оксидларининг нисбатига ҳам боғлиқдир. Чинни таркибида 0,5% микдорда Fe₂O₃ мавжуд, аммо TiO₂ бўлмаганида у чиннининг рангига таъсир қилмайди. Ўз навбатида TiO₂ рангсиз бўлишига қарамасдан фақат темир оксиди мавжуд бўлган ҳолатларда чинни маҳсулотларининг рангига таъсири кўрсатади. Шундай қилиб, каолинларни темирсизлантириш масаласи маҳсулот таркибида титан оксиди мавжудлиги билан боғлиқдир ва бу ҳолатни лаборатория тажрибаларини ўтказиш пайтида инобатга олинди.

Моделли тажрибалар *A. ferrooxidans* K-1 бактериялари ассоциациясидан фойдаланган ҳолда Қ:С=1:7 нисбатларда конуссимон колбаларда ўтказилди. Микроорганизмларни кўпайтириш давомийлиги 3 дан 7 кунгача бўлди. Пульпанинг бошланғич рН қиймати 2,0 тенг. Қаттиқ фаза сифатида бирламчи каолиндан фойдаланилган.

Тадқиқотдан олинган натижалар шуни кўрсатдики, зич пульпада нисбатан тўлиқроқ темирсизлантириш жараёни микроорганизмлар

ривожлантирилишининг етти кунидан сўнг амалга ошади. Қайд этиш лозимки, бактериялар билан ишлов бериш TiO_2 микдорига таъсир этмади (1-жадвал).

1 жадвал

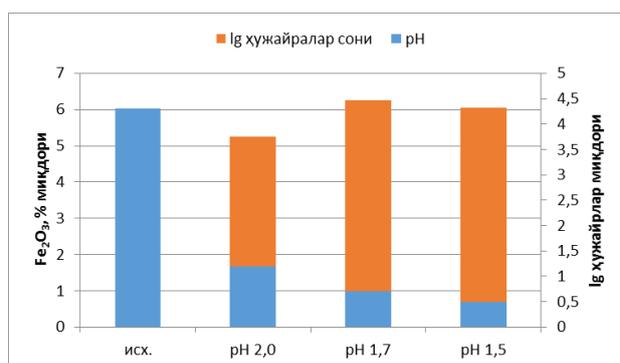
A. ferrooxidans К-1 ассоциациясининг микроорганизмларини ривожлантириш жараёнида каолин таркибининг ўзгариши

Бирикманинг номи	Моддалар концентрацияси, %			
	Бошланғич	Бактериялар билан ишлов берилгандан сўнг		
		3 кун	5 кун	7 кун
SiO_2	56,48	52,54	52,54	54,47
Fe_2O_3	0,98	0,76	0,5	0,5
Fe O	4,25	1,44 ювиб тозалашдан сўнг 0.98	1,13 ювиб тозалашдан сўнг 0.98	0,9 ювиб тозалашдан сўнг 0.78
TiO_2	0,5	0,5	0,5	0,5
Al_2O_3	24,2	29,73	25,7	26,9
MgO	0,8	0,77	0,7	0,6
MnO	0,44	0,20	0,40	0,30
CaO	0,6	0,05	0,05	0,05
Na_2O	0,06	0,44	0,44	0,44
K_2O	0,13	0,05	0,05	0,05
P_2O_5	0,09	0,08	0,1	0,1
$S_{\text{умумий}}$	0,09	0,15	0,69	0,78

Олиб борилган тадқиқотлар натижасида барча тажриба вариантларида темир микдорининг камайиши кузатилади. Айниқса бу ҳолат FeO микдори бўйича яққол кўринди. Унинг микдори 7 кунлик микроорганизмларнинг ривожланиши ва бактериал суюқликда эритиб ажратиб олишдан кейинги кекни сульфат кислота билан ювилгандан сўнг 0,78% гача, Fe_2O_3 микдори эса 0,5% гача камайди.

Бирок, темир оксидланиши жараёнида муҳит рН кўрсаткичининг ошиши қайд этилган бўлиб, натижада уч валентли темир гидрооксидлари чўкмага тушади ва бу жараёнга катта салбий таъсир қилади. Чунки суюқликда эритиб ажратиб олишдан кейин кекни сульфат кислота билан қўшимча ювиш лозим.

Шу сабабли биз бактериал эритмаларнинг бошланғич рН қийматини 1,7 ва 1,5 гача пасайтирдик. Бактериал эритмалар билан каолинга 7 кун давомида

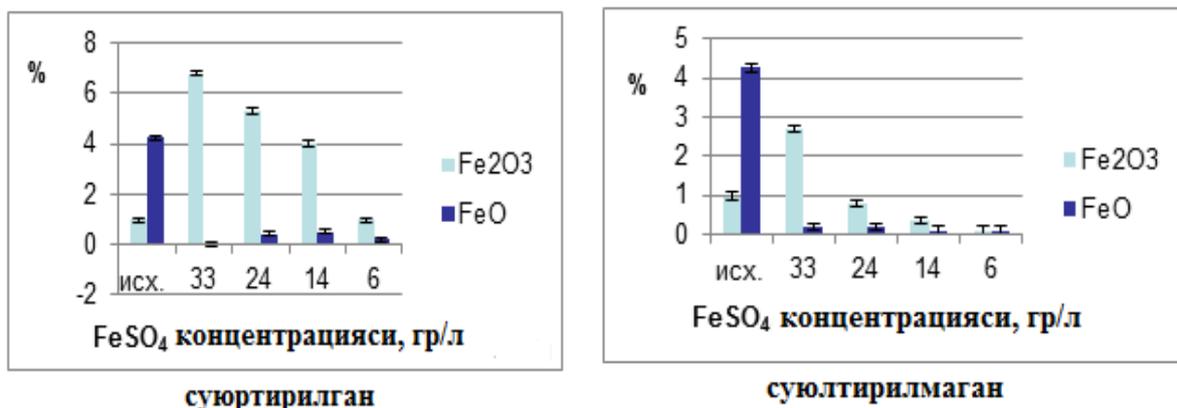


ишлов бериш натижасида сульфат кислота билан қўшимча ишлов берилмасдан темирнинг концентрацияси олдинги кўрсаткичларга нисбатан камайди (2-расм).

2-расм. Турли рН қийматлардаги бактериал эритмалар билан ишлов берилганда каолин таркибидаги Fe_2O_3 микдори

Қайд этиш лозимки, *A.ferrooxidans* бактерияларни ривожлантириш учун фойдаланиладиган озуқа мухитида темир миқдори қанча кўп бўлса ишлов берилаётган каолиннинг юзасига шунчалик кўп чўкиб (бирикиб) боради. Шу сабабли, биз таркибида $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ миқдори турлича бўлган (33, 24, 14 ва 6 гр/л) бирламчи каолинга ишлов бериш бўйича тадқиқотларни ўтказдик. Тажрибаларда суюқ фазани қисман янги озуқа мухити билан алмаштирдик (20% гача) ва янги озуқа мухити билан суюлтирмасдан амалга оширилди.

Энг яхши натижалар К-1 ассоциациясининг культурал суюқлиги билан ишлов бериш натижасида мухит таркибида темир купоросининг (сульфати) миқдори 14 ва 6 гр/л бўлган вариантларда кузатилди. Бу вариантларда Fe_2O_3 миқдори 0,35-0,1% гача, FeO миқдори 0,1% гача пасайган. Аниқланишича, озуқа мухити билан суюлтирилмаган бактериялар билан ишлов берилганда, темирнинг қайта чўкиши (бирикиши) ҳисобидан, Fe_2O_3 миқдори ошган. Аммо буни озуқа мухити билан суюлтириш орқали олдини олиш мумкин яъни қайта бирикиш (қайта чўкиш) фақат бактериал ишлов темир миқдорининг 33 гр/л бўлган вариантда кузатилди (3-расм).



3-расм. Темироксидловчи микроорганизмлар К-1 ассоциацияси билан ишлов берилгандаг сўнг темир миқдорининг ўзгариши

Темироксидловчи бактериялар ассоциациясидан фойдаланиб АКС маркадаги каолинни биологик суюқликда эритиб ажратиб олиш. Бирламчи каолинни биологик суюқликда эритиб ажратиб олишдан олинган ижобий натижалар темироксидловчи бактериялар ассоциациясидан фойдаланиб АКС маркадаги каолинни биологик суюқликда эритиб ажратиб олиш бўйича тадқиқотларни ўтказиш учун асос бўлиб хизмат қилди. Моделли тажрибалар бирламчи каолин билан ишлаш жараёнида *A.ferrooxidans* бактериялар К-1 ассоциацияси қўлланилган Қ:С=1:5 нисбатида ишлаб чиқилган шароитларда амалга оширилган. Пульпанинг бошланғич рН қиймати 1,5, қаттиқ фаза сифатида АКС маркадаги каолиндан фойдаланилди. Тажрибалар суюқ фазани қисман янги озуқа мухити билан алмаштириб (20% гача) суюлтирган холда амалга оширилди. Бактерияларни бирламчи кўпайтириш, таркибида $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ миқдори - 6 гр/л ва 3 гр/л бўлган 9К мухитида амалга оширилди.

Суюқликда эритиб ажратиб олишдан кейин кекдаги элементлар миқдори бўйича олинган натижалар 2-жадвалда келтирилган. Олинган маълумотларга

кўра, 3 гр/л микдориди темир сульфати бўлган озуқа мухитида ўстирилган К-1 ассоциациясининг культурал суюқлиги билан ишлов берилганда Fe_2O_3 микдори 3 баробарга камайган. Шу билан бирга FeO микдори ҳам 0,24% гача камайиши қайд этилган. Титаннинг микдори эса деярли ўзгармаган.

2 жадвал

АКС марказдаги каолинни темироксидловчи микроорганизмлар *A.ferrooxidans* К-1 ассоциацияси (суюлтирилган) билан ишлов берилгандан сўнг биологик суюқликда эритиб ажратиб олиш кекининг кимёвий таҳлил натижалари

Бирикмалар номи	Моддалар микдори, %							
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	CO ₂	SO ₃
Бошланғич	52.44	0,82	0.43	0,56	34.0	0.65	0.66	0.28
6 гр/л FeSO ₄	47.8	0,35	0,27	0,5	43.0	0,7	0,22	0,47
3 гр/л FeSO ₄	56.0	0.27	0.24	0.55	31.3	0.3	0.56	0.08

Шундай қилиб, тажрибадан олинган натижалар микроорганизмлар риволанишининг бошланғич мухитида темир микдорини камайтириш ва биоэритмани янги озуқа мухитига қисман алмаштириш турли марказдаги каолинларни биобойитиш учун темироксидловчи микроорганизмларнинг К-1 ассоциациясидан фойдаланиш имкониятларини анча яхшиланишидан далолат беради.

Гетеротроф бактерияларнинг скрининги ва бактериялар томонидан органик кислоталарни синтезлаш хоссасини аниқлаш. Маълумки, темироксидловчи тионли бактериялар билан ишлов берилгандан сўнг кўпгина минералларнинг юзасида темир гидрооксидининг мустаҳкам қатламлари шаклланади. Улардан халос бўлиш абразив (сирт юзасини механик тозалаш) таъсири орқали ёки турли органик кислотлар ва сульфат кислота мавжуд шароитларда амалга ошириш мумкин. Сульфат кислоталардан фойдаланиш анча самаралидир. Лекин, сульфат кислоталардан фойдаланиш катта харажатларни талаб қилади (кислотага чидамли асбоб-ускуналар ва табиатни муҳофаза қилиш чора-тадбирлари). Шу сабабли, органик кислота синтез қилиш хоссасига эга микроорганизмлардан фойдаланиш темироксидловчи микроорганизмлар ассоциацияси билан ишлов беришдан кейин темир гидрооксидлари кўринишида чўкмага тушадиган темирнинг иккиламчи шакллари самарали эритади. Силикат ва альюмосиликат минералларнинг деструкцияси жараёнида турли физиологик гуруҳ микроорганизм вакиллари иштирок этади. Уларнинг орасида *Acidithiobacillus* ва *Thiobacillus* авлоди микроорганизмлари ҳам мавжуддир. Гетеротроф микроорганизмлар орасида силикат минералларни парчаловчи микроскопик замбуруғлар орасида *Aspergillus*, *Fuzarium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Trichoderma* авлодлари вакиллари, бактерия орасида *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Proteus* авлоди вакиллари мавжуддир. Маълумки, бу микроорганизмларнинг кўпчилиги органик кислоталар, полисахаридлар ҳамда фаол комплекс шакллантирувчиларнинг фаол продуцентлари ҳисобланади. Бу хоссаларни, микроорганизмлар мавжуд шароитда силикат минералларни парчалаш жараёнини фаоллаштириш билан боғлаш ҳамда минералларни

микробиологик деструкциялаш (парчалаш) механизмининг бир қисми эканлигини тахмин қилишимиз мумкин. Шу билан бирга ўтказилган тадқиқотлардан аниқландики, микроорганизмларнинг ривожланиш шароитлари бу метаболитларнинг таркиби ва миқдорига сезиларли таъсир кўрсатади. Мавжуд маълумотлар тарқоқ ва баъзан қарама-қаршидир. Тадқиқотларимизнинг вазифаси - культурал суюқликнинг метаболитлар тўплаш хоссасига микроорганизмларнинг ривожлантириш шароитларининг таъсирини аниқлашдан иборатдир.

Юқорида қайд этилганларни инобатга олган ҳолда лаборатория тўпламидан органик кислотларни синтезлаш хоссасига эга бўлган турли микроорганизм штамлари ажратиб олинди. Биз мазкур микроорганизмларни озуқа мухитида ҳам каолин қўшилган мухитда ҳам органик кислоталарни синтезлаш хоссаси бўйича таҳлил қилдик (3-жадвал).

Биз тадбиқ этаётган микроорганизмлар турли даражада органик кислоталарни синтез қилиш хоссасига эга бўлиб нисбатан фаол бўлган *Aspergillus niger* 1, 2 штамлари ҳамда *Aspergillus terreus* 1,2 штамлари ажратиб олинди ҳамда улар кейинги тадқиқотлар учун танлаб олинди.

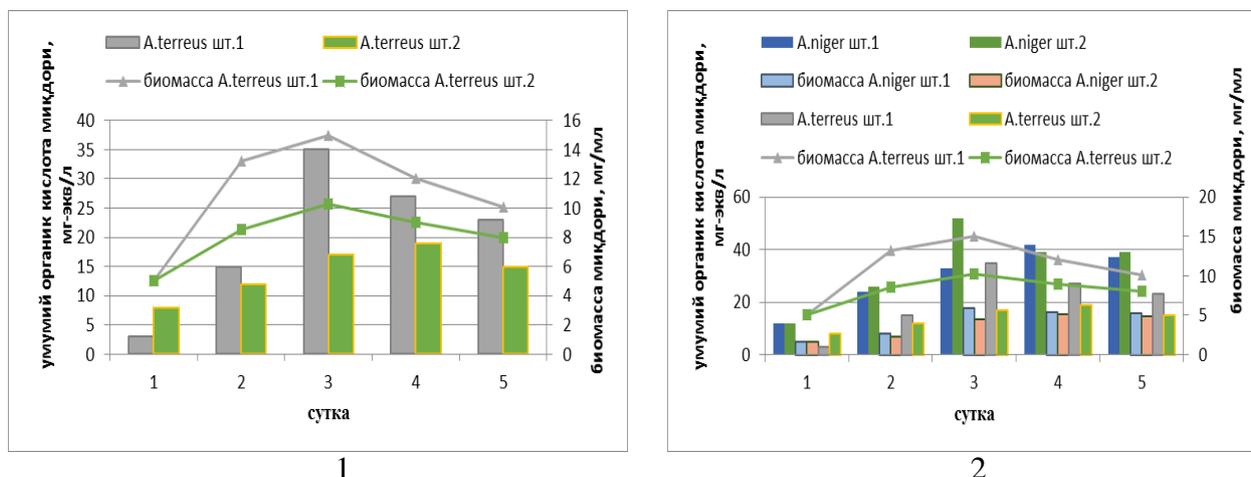
3 жадвал

Микроорганизмларнинг органик кислоталарни синтезлаш хоссаси

№	Микроорганизмларнинг номлари	Органик кислоталар миқдори, мг-экв/л	
		Озуқа мухитида	Каолинли мухитда
1.	<i>Aspergillus niger</i> шт. 1	42,24 ± 0,04	30,0 ± 0,05
2.	<i>Aspergillus niger</i> шт. 2	<u>52,48 ± 0,02</u>	<u>50,4 ± 0,04</u>
3.	<i>Aspergillus niger</i> шт. 3	29,31 ± 0,03	17,12 ± 0,03
4.	<i>Aspergillus niger</i> шт.4	12,9 ± 0,02	13,6 ± 0,02
5.	<i>Aspergillus terreus</i> шт. 1	<u>35,1 ± 0,04</u>	<u>28,5 ± 0,03</u>
6.	<i>Aspergillus terreus</i> шт. 2	19,3 ± 0,02	18,9 ± 0,04
7.	<i>Bacillus subtilis</i> шт. к-9	8,9 ± 0,02	9,9 ± 0,05
8.	<i>Bacillus subtilis</i> шт. кс-1	11,4 ± 0,01	11,8 ± 0,02
9.	<i>Bacillus mucilaginosus</i> шт. 1-1	7,8 ± 0,01	7,7 ± 0,01
10.	<i>Bacillus mucilaginosus</i> шт. 1-2	<u>7,7 ± 0,02</u>	<u>9,9 ± 0,03</u>
11.	<i>Bacillus mucilaginosus</i> шт. 1-3	7,7 ± 0,04	9,9 ± 0,05
12.	<i>Bacillus subtilis var.mycoides</i>	8,1 ± 0,02	9,5 ± 0,01
13.	<i>Bacillus megaterium</i>	7,8 ± 0,04	7,7 ± 0,04
14.	<i>Bacillus sp.</i>	7,7 ± 0,05	7,7 ± 0,03
15.	<i>Penicillium orizae</i>	19,7 ± 0,03	17,1 ± 0,01
16.	<i>Trichoderma harzianum</i> шт. 24	<u>12,0 ± 0,01</u>	<u>13,7 ± 0,04</u>
17.	<i>Trichoderma harzianum</i> шт. 4	12,4 ± 0,04	11,3 ± 0,03

Органик кислоталарни динамик кўринишда тўплаш бўйича ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, Чапек-Докса электив мухитида унинг

максимал миқдори микроорганизмларнинг 3-4 кунда шаклланади ва *Aspergillus niger* 2 штамми 64 мг-экв/л, *Aspergillus terreus* 1 штамми 33 мг-экв/л ташкил этди (4-расм).



4-расм. *Aspergillus niger* (1) ва *Aspergillus terreus* (2) культуралари томонидан органик кислоталарни тўплаш динамикаси

Гетеротроф микроорганизмларни ривожлантириш учун озуқа мухитини оптималлаштириш. Микроорганизмларнинг ўзига хос хусусиятларидан бири – уларнинг ташқи мухит шароитларига нисбатан боғлиқлигидир. Маълумки, озуқа мухитидаги компонентларнинг нисбати ва миқдори микроорганизмларнинг ўсиши ва турли метаболитларни синтез қилиш хоссасига жумладан, органик кислоталарни синтез қилиш жараёнида катта таъсир кўрсатиши мумкин. Гетеротроф микроорганизмларни ривожлантириш учун биз озуқа мухитининг арзон компонентларини – турли ўсимлик чиқиндиларини излашга киришдик ва гетеротроф микроорганизмларни ривожлантириш учун ўсимликлар чиқиндиларидан фойдаланиб ўзгача ёндошувни таклиф этилди.

Ўсимлик чиқиндилари сифатида биз юксак сув ўсимликларининг ишлатилган биомассаси ва маккажўхорининг яшил массасини танладик. Таркибига 2, 3 ва 4% ўсимлик чиқиндилари қўшилган Мандельс минерал мухити асосида биз озуқа мухитини тайёрладик ва уларда танлаб олинган *Aspergillus niger* 2 штамм ва *Aspergillus terreus* 1 штамм микромицетлари ривожлантирилди.

Олинган натижаларга кўра, максимал фаоллик маккажўхори биомассасидан 3% ва юксак сув ўсимликларининг ишлатилган биомассасидан 3-4% фойдаланилганда намоён бўлди (4,5- жадвал).

4 жадвал

ЮСЎ биомасса миқдорининг органик кислоталар тўпланишига таъсири

Микромицетларнинг номи	Органик кислоталар миқдори, мг-экв/л			
	1% ЮСЎ	2% ЮСЎ	3% ЮСЎ	4% ЮСЎ
<i>Aspergillus niger</i> шт.2	<u>19,2±0,04</u>	<u>20,4±0,02</u>	<u>35,0±0,05</u>	<u>27,0±0,01</u>
<i>Aspergillus terreus</i> шт.1	<u>14,0±0,03</u>	<u>22,0 ± 0,05</u>	<u>31,0±0,02</u>	<u>31,0±0,01</u>

Маккажўхори яшил биомасса микдорининг органик кислоталар тўпланишига таъсири

Микромицетларнинг номи	Органик кислоталар микдори, мг-экв/л			
	1% маккажўхорининг яшил биомассаси	2% маккажўхорининг яшил биомассаси	3% маккажўхорининг яшил биомассаси	4% маккажўхорининг яшил биомассаси
<i>Aspergillus niger</i> шт.2	<u>17,0 ± 0,03</u>	<u>19,0 ± 0,05</u>	<u>27,0 ± 0,02</u>	<u>22,0 ± 0,025</u>
<i>Aspergillus terreus</i> шт.1	<u>12,0 ± 0,04</u>	<u>15,0 ± 0,02</u>	<u>19,0 ± 0,01</u>	<u>20,0 ± 0,04</u>

Икки боскичли схема асосида бирламчи каолинни биологик суяқликда эритиб ажратиш олиш. Икки боскичли схемадан фойдаланиб бирламчи каолинни биологик ишқорий суяқлириб ажратиш олиш бўйича лаборатория тажрибалари қуйидаги схема бўйича амалга оширилди:

1 босқич - *A.ferrooxidans* бактерияларнинг К-1 ассоциациясидан фойдаланилган Қ:С=1:5 нисбатдаги микдори пульпаннинг бошланғич қиймати 1,5 тенг бўлган қаттиқ фаза сифатида бирламчи каолиндан фойдаланилган. Тажрибалар суяқ фазани қисман (20% гача) янги озуқа мухити билан алмаштирган ҳолда амалга оширилди. Бактерияларни бирламчи кўпайтириш (ривожлантириш) таркибида $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 6 г/л бўлган 9К мухитида ўтказилди. Шунга мос равишда мос микдорда темир элементи бўлган янги озуқа мухити киритилди. Микроорганизмларнинг ривожлантириш давомийлиги 2 – 3 суткани ташкил қилди.

2 босқич – Факат сув билан тозаланган биологик суяқликда эритиб ажратиш олишдан кейинги кек устига таркибида органик кислоталар микдори 25 мг-экв/л гача бўлган микромицетлар эритмаси 1:1 нисбатда солинди. Тайёр бўлган аралашма ҳам 2 кун давомида аралаштиргичга қўйилди.

6 жадвалда келтирилган биологик суяқликда эритиб ажратиш олишдан кейинги кекнинг силикатли тахлилига кўра, 1 босқич даврида 2 сутка ичида FeO микдори 4,25% дан 0,2% гача анча камайди. Аммо, темир оксид шакллариининг қайта чўкиши кузатилган бўлиб мос равишда унинг микдори 0,98% дан 1,12% гача ошди ва бу махсулотнинг сифатига салбий таъсир кўрсатиши мумкин. Биологик ишқорий суяқлириб ажратиш олишдан кейинги кекнинг кейинги 2 суткалик культурал суяқлик билан ишлов берилиши Fe_2O_3 микдорини 0,27% гача камайтириш имконини берди.

Шундай қилиб, олинган натижаларга кўра, бошланғич ривожлантириш мухитида темир микдорининг камайиши ва микроорганизмларнинг ривожлантириш муддатларининг қисқариши бирламчи каолинларни биобойитиш учун темироксидловчи микроорганизмлар ассоциациясидан фойдаланиш имкониятларини анча оширади. Бундан ташқари, икки боскичли схема бўйича бирламчи каолинга ишлов бериш яъни биринчи босқичда темироксидловчи микроорганизмлар ассоциациясидан ва иккинчи босқичда гетеротроф микроорганизмлардан фойдаланиш, темир микдорини камайтириш имконини беради.

Бирламчи каолиннинг К-1 ассоциацияси (суюлтирилган) – 1 босқич ва органик кислотларни шакллантирувчи микроорганизмлар -2 босқич билан ишлов берилгандан сўнг биологик ишқорий суялтириб ажратиб олишдан кейинги кекнинг кимёвий тахлил натижалари

Бирикмалар номланиши	Моддалар миқдори, %							
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	CO ₂	SO ₃
Дастлабки	56,48	0,98	4,25	0,5	24,2	0,69	3,52	0,05
1 босқич	58,93	1,12	<0,2	0,5	28,3	<0,5	<0,5	0,21
2 босқич	56,3	0,27	<0,2	0,5	13,2	<0,5	<0,5	0,07

АКС маркадаги каолинни гетеротроф микроорганизмлардан фойдаланиб биологик суюқликда эритиб ажратиб олиш. АКС маркадаги каолинни гетеротроф микроорганизмлардан фойдаланиб биологик ишқорий суялтириб ажратиб олиш бўйича модели тажрибалар Қ:С=1:5 нисбатдаги миқдорида конуссимон колбаларда олиб борилди. Қаттиқ фаза сифатида АКС маркадаги каолидан фойдаланилди. Бактерияларни бирламчи ривожлантириш ўсимликларнинг чиқиндилари кўшилган экспериментал мухитда амалга оширилди. АКС маркадаги каолин таркибида 25 мг-экв/л гача органик кислотлар мавжуд бўлган культурал суюқликнинг филтрланган эритмаси билан 2 сутка давомида ишлов берилган. Натижада таркибидаги Fe₂O₃ миқдорининг 3 баробардан ортиқ камайиши кузатилди (7-жадвал).

АКС маркадаги каолинни гетеротроф микроорганизмларнинг культурал суюқлиги билан ишлов берилгандан сўнг биологик суюқликда эритиб ажратиб олишдан кейинги кекнинг кимёвий тахлил натижалари

Бирикмалар номланиши	Моддалар миқдори, %							
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	CO ₂	SO ₃
Дастлабки	52.44	0,82	0.43	0.56	34.0	0.65	0.66	0.28
Биологик суюқликда эритиб ажратиб олишдан кейин	52.5	<0,2	<0,2	0,5	13,2	<0,5	<0,5	0,07

Олиб борилган тажрибалар натижалар кўра, бактериал биологик суюқликда эритиб ажратиб олиш таъсирдан кейин каолин намуналаридан темир бирикмалари ажралиб чиқишидан далолат беради, яъни барча тахлилий намуналарда темир оксиди шакллариининг анча камайиши кузатилди.

Шунингдек, биоэритма билан ишлов бериш турли маркадаги каолинларни биобойитиш учун ўсимлик чиқиндилари ва гетеротроф микроорганизмлардан фойдаланиш имкониятларини оширади.

Биотехнологик усуллардан фойдаланган ҳолда каолинни бойитишнинг принципиал схемасини ишлаб чиқиши. Ўтказилган тадқиқотлар асосида каолинни бойитишнинг принципиал схемаси ва технологик регламенти

ишлаб чиқилди (5-расм). Мазкур схема ўз ичига бирламчи каолинларни икки босқичли микробиологик ишлов бериш жараёнларини қамраб олади.

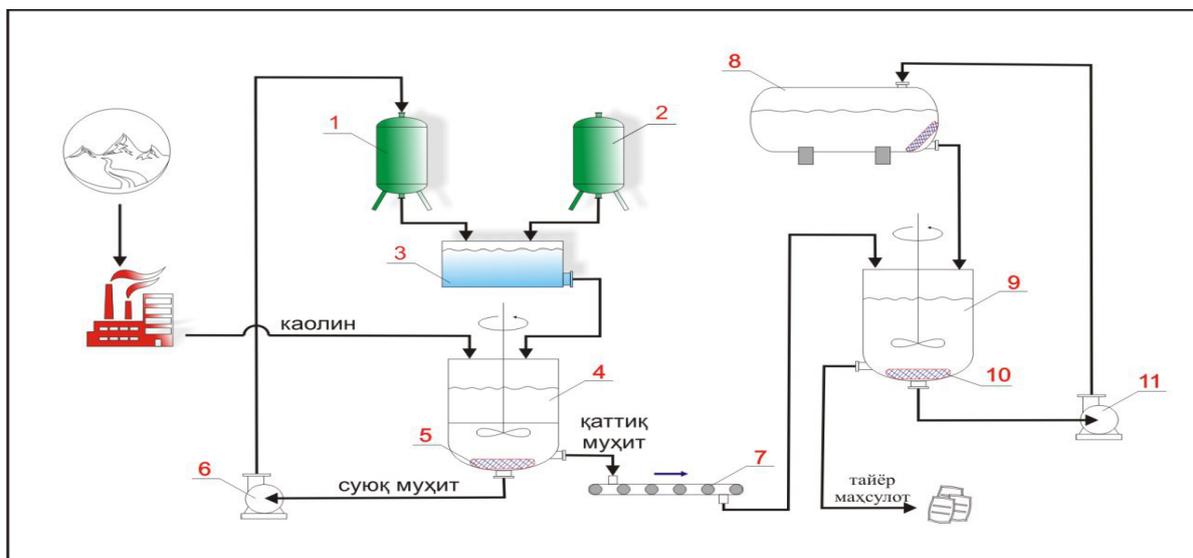
Биринчи босқичда бошланғич маҳсулотга темироксидловчи микроорганизмлар билан ишлов берилди, яъни муҳитда содиб бўладиган бактериал-кимёвий реакциялар натижасида улар темирни оксидлайди ва эрувчан шаклга ўтказди. Темироксидловчи бактерияларнинг ривожлантириш учун таркибида энергетик манба сифатида 6 г/л дан ошмайдиган миқдорда $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ бўлган модернизацияланган муҳитда амалга оширилиши лозим. Темироксидловчи микроорганизмларнинг бактериал эритмалари билан ишлов бериш рН қиймати 1,5 бўлганида амалга оширилади.

Темироксидловчи микроорганизмлар билан ишлов берилгандан сўнг суюқ ва қаттиқ фазалар ажратилади. Ишловдан кейинги сув (суюқлик) темироксидловчи микроорганизмларнинг кейинги микроорганизмларнинг ривожлантириш мақсадида йўналтирилади.

Иккинчи босқичда биологик суюқликда эритиб ажратиб олишдан кейинги кекга (каолинли маҳсулот) гетеротроф микроорганизмлар билан ишлов берилди. Гетеротроф микроорганизмларнинг бирламчи ривожлантириши ўсимлик чиқиндилари қўшилган, яъни қиммат компонентлар қўшилмаган арзон, камхарж муҳитда амалга оширилади.

Кейинчалик таркибида хом-ашёдаги темирни осон ва самарали чиқариб ташлайдиган органик кислоталар мавжуд бўлган гетеротроф бактерияларнинг культурал суюқлиги билан ишлов бериш амалга оширилади. Каолинли маҳсулотга гетеротроф бактериялар билан ишлов бериш жараёни ҳарорат $28-30^\circ\text{C}$ ва муҳитнинг бошланғич рН кўрсаткичи 4,0 тенг бўлганида амалга оширилади.

Яқуний босқичда бактериал эритма ва қаттиқ фаза ажратиб олингандан кейин қўшимча равишда ювилди ва чинни маҳсулотларини ишлаб чиқариш учун ГОСТ 21286-82 ҳамда КФ-2 ва КФ-3 маркаларга мос бўлган каолин маҳсулоти олинади.



5-расм. Каолинни биобойитишнинг принципиал схемаси.

- 1) *A.ferrooxidans* бактериялари К-1 ассоциациясининг культурал сууюқлиги;
- 2) озуқа мухити; 3) темир оксидловчи бактерияларни ривожлантириш ;
- 4) каолинларга микробиологик ишлов бериш; 5) сууюқ ва қаттиқ фазаларни ажратиш олиш; 6) мотор; 7) лента; 8) гетеротроф микроорганизмларни ривожлантириш; 9) биологик сууюқликда эритиб ажратиш олишдан кейинги кекга (каолинли махсулот) гетеротроф микроорганизмлар билан ишлов бериш; 10) бактериялар эритма ва қаттиқ фазани ажратиш олиш; 11) мотор;

ХУЛОСАЛАР

“Ангрен қазилма кони бирламчи каолинларини бойитиш биотехнологиясини ишлаб чиқиш” мавзусидаги диссертация ишидан олинган натижалар асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Ўсиш тезлиги ва темирни оксидлаши бўйича асосан *Acidithiobacillus ferrooxidans* штаммидан иборат Ангрен қазилма кони бирламчи каолинига Қ:С=1:5 нисбатигача босқичма-босқич мослаштириш усули билан адаптация қилинган темир оксидловчи бактерияларнинг К-1 ассоциацияси танлаб олинди.
2. Органик кислоталарни синтезлаш хоссаси бўйича микроорганизмлар скрининги ўтказилди. Максимал фаолликни *Aspergillus niger* 2 ва *Aspergillus terreus* 1 штаммлари номаён қилади.
3. Микроорганизмларни кўпайтириш учун ўсимликлар чиқиндилари асосидаги оптималлаштирилган озуқа мухити тақлиф этилган.
4. Бирламчи каолинларни икки босқичли усулда темирсизлантириш бўйича ўтказилган тажрибалар таркибидаги (каолин таркибидаги темирнинг бошланғич миқдори FeO - 4,25% ва Fe₂O₃ - 0,98% бўлганида) FeO ва Fe₂O₃ миқдорини камайтириб уларнинг миқдорини <0,2% ва 0,27 % гача етказилиши қайд этилади.
5. АКС марказидаги каолинларни фақат силикат микроорганизмлар ёрдамида темирсизлантириш бўйича (АКС марказидаги каолинлар таркибидаги темирнинг бошланғич миқдори FeO - 0,43% ва Fe₂O₃ - 0,28% бўлганида) олиб борилган лаборатория тажрибалари таркибидаги FeO ва Fe₂O₃ миқдорини камайтириш яъни уларнинг миқдорини <0,2% гача етказиш тавсия этилади.
6. Олиб борилган тажрибалар асосида каолиннинг биобойитиш бўйича лаборатория регламенти ва биотехнология усулларида фойдаланувчи каолинни бойитишнинг принциплар схемаси тақлиф этилади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/30.12.2019.В.38.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТЕ МИКРОБИОЛОГИИ**

ИНСТИТУТ МИКРОБИОЛОГИИ

ИСМАТОВ АЗАМАТ МУЙДИНЖОНОВИЧ

**БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОГАЩЕНИЕ АНГРЕНСКИХ
КАОЛИНОВ**

03.00.12 – Биотехнология

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО БИОЛОГИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2020

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2019.3.PhD/B375

Диссертация выполнена в Институте микробиологии

Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (microbio@academy.uz) и Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:	Зайнитдинова Людмила Ибрахимовна доктор биологических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Исмоилов Зафар Файзуллаевич доктор биологических наук Мирзарахметова Дилбар Тухтамуратовна доктор технических наук
Ведущая организация	Андижанский государственный университет

Защита диссертации состоится «25» февраля 2020 года в «10⁰⁰» часов на заседании Научного Совета DSc.02/30.12.2019.B.38.01 при Институте микробиологии (Адрес: 100128, г. Ташкент, Шайхонтохурский район, ул. А. Кадырий, 76, конференц-зал Института микробиологии, 5 этаж Тел.: (+99871) 241-92-28, (+99871) 241-71-98, факс: (+99871) 241-92-71, 246-02-24, e-mail: microbio@academy.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института микробиологии (зарегистрирована под № ____). Адрес: 100128, г.Ташкент, Шайхонтохурский район, ул. А. Кадырий, 76, Административное здание Института микробиологии, 5-й этаж, библиотека. Тел.: (+99871) 241-92-28.

Автореферат диссертации разослан « ____ » _____ 2020 года.
(реестр протокола рассылки № ____ от « ____ » _____ 2020 года).

Арипов Тахир Фатихович
Председатель Научного совета по присуждению
учёных степеней, б.ф.д., профессор, академик

Жураева Рохила Назаровна
Ученый секретарь Научного совета по присуждению
учёных степеней, к.б.н., старший научный сотрудник

Гулямова Ташхан Гафуровна
Председатель научного семинара при Научном
совете по присуждению учёных степеней, д.б.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. По разведанным и подтвержденным запасам каолина, Ангренское месторождение каолинов является одним из крупнейших в мире, на балансе которого числится 17 млрд.т. каолинов на год¹. Узбекистан располагает богатейшими залежами первичных и вторичных каолинов, занимая третье место среди стран СНГ после Украины и России. Разведанные запасы каолина в республике сосредоточены на крупнейшем Ангренском комплексном месторождении бурого угля, огнеупорной глины и каолина. Поэтому, для повышения характеристик глины и керамической массы использование биотехнологических методов обработки каолина для повышения их качества методом введения добавок в технологический процесс имеет важное научное и практическое значение.

В мире ведутся научные исследования по разработке биотехнологических методов обработки первичных и вторичных каолинов. В этой связи, использование микробиологических методов для обработки каолина, внесение микроорганизмов в процесс образования минералов, подбор оптимальной питательной среды для микроорганизмов, биовыщелачивание первичных каолинов, обогащение каолинов физико-химическими методами, усовершенствование активных биогеохимических реакций, а также на базе каолинов Ангренского месторождения производство огнеупоров, сантехнических изделий из фаянса, керамической плитки, производство первичных каолинов после обработки бактериальной суспензией требование времени.

В Республике особое внимание уделяется разработке и внедрению мероприятий в сфере эффективного использования минеральных ресурсов и их комплексного потенциала. В частности, для повышения характеристики глин и керамических масс в последние годы проявляется интерес к биотехнологическим методам обработки каолинов, которые способствуют при небольших дополнениях к технологическому процессу повышению качественных показателей глин и керамических масс. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан поставлены задачи «...освоение выпуска принципиально новых видов продукции и технологий, обеспечение на этой основе конкурентоспособности отечественных товаров на внешних и внутренних рынках»². Для решения этих задач, важная роль принадлежит в том числе применению биовыщелачивания каолинов, расширению диапазона их использования, обезжелезнение каолинов и улучшение качества их белизны.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию»

¹ <http://www.kaolin.com.ua/ru/kaolin-s/16.html>

² Указ Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

Республики Узбекистан” и Постановлении Президента Республики Узбекистан от ПП-3578 от 1 марта 2018 года « О мерах по коренному совершенствованию деятельности Государственного комитета Республики Узбекистан по геологии и минеральным ресурсам», а также других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики V «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. В мировой научной литературе имеются многочисленные данные, посвященные проблемам улучшения качества каолинов: в частности, разработке технологии обогащения каолинового сырья (Галямов В.Ш., 2014), способов обогащения каолинового сырья (Устинов И.Д., Мезенин А.О. и др., 2018), применению физико-химических методов обогащения каолинов (Еранская Т.Ю., Римкевич В.С., 2013, 2014), (Mohamed Chouafa et al., 2017), выщелачиванию титана из каолина (Ning Wang, Hannian Gu, 2018). Накоплены значительные данные о роли микроорганизмов в деградации силикатов (Бертелен Ж., 1985; Tazaki K., 1997). Проведены исследования по изучению действия органических кислот на минералы (Styriakova I., et al., 2003; Tuck V.A., 2006), участия микробных ферментов в растворении минералов (Platova R.G., 2006; Konhauser K.O., et al., 1994; Konhauser K.O., et al., 2002; Kyle J.E., Schroeder P.A., 2007). Изучено влияние роли силикатных бактерий на процесс формирования минералов (Яхонтова Л.К., 1985), в том числе есть работы, посвященные микробному удалению железа из минерального сырья (Deng S.B., et al., 2003; Kawano M., Tomita K., 2002; Konhauser K.O., Urrutia M.M., 1999).

Большинство из них касаются химических методов обработки каолинов и участия микроорганизмов в формировании силикатов, в то время как микробиологическим методам улучшения качества каолинового сырья уделяется меньше внимания.

Однако, Ангренский каолин уступает аналогичной продукции иностранного производства, что снижает его конкурентоспособность на мировых рынках. В частности, одним из основных требований покупателя бумажного каолина, является уровень его белизны. Белизна узбекского бумажного каолина АКС, составляет 78- 80%, в то время как на рынке, спросом пользуется каолин, уровень белизны которого составляет не менее 87%, как, например, у каолинов украинского и российского производства. Исходя из этого изучение применения микроорганизмов для повышения качества каолинов является актуальным направлением в современной микробиологии и биотехнологии.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного или научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ фундаментальных проектов Института микробиологии: ФА-А13-Т126 «Разработка биотехнологии обогащения первичных каолинов Ангреноского месторождения» (2009-2011 гг.) и хоздоговора №27/09 «Применение микроорганизмов для обогащения каолина и повышения его белизны» (2009 г.).

Цель исследования являлась разработка биотехнологии обезжелезнения и улучшения качества каолинов Ангреноского месторождения.

Задачи исследования:

скрининг и получение активной адаптированной культуры бактерий *Acidithiobacillus ferrooxidans*;

скрининг силикатных бактерий по способности синтезировать органические кислоты;

оптимизация питательной среды для культивирования гетеротрофных микроорганизмов;

лабораторные испытания по биовыщелачиванию первичных каолинов Ангреноского месторождения с использованием железобактериальных микроорганизмов;

проведение испытаний по биовыщелачиванию первичных каолинов Ангреноского месторождения с использованием двух стадийной схемы и обогащению каолинов марки АКС с использованием гетеротрофных микроорганизмов, проведение опытных испытаний по обогащению каолинов марки АКС;

Объектом исследования являлись первичный каолин Ангреноского месторождения, каолин марки АКС.

Предметом исследования служили железобактериальные бактерии *Acidithiobacillus ferrooxidans*, гетеротрофные микроорганизмы, изучение и подбор оптимальных условий и факторов, влияющих на процесс обогащения, и на этой основе разработка биотехнологии обогащения каолинов.

Методы исследований. При выполнении исследований были использованы классические микробиологические, химические, технологические, а также статистические методы исследования. Определение элементов и спектральный анализ исходного каолина и образцов каолинов после бактериального выщелачивания проводили в лаборатории физико-химических методов исследований Института минеральных ресурсов.

Научная новизна исследования:

показана возможность применения ацидофильных железобактериальных микроорганизмов для обогащения первичного каолина Ангреноского месторождения;

для доочистки каолина марки АКС применяется обогащение гетеротрофными микроорганизмами;

для обработки каолина Ангреноского месторождения предлагается двухстадийная схема обогащения первичных каолинов: 1 -стадия ацидофильные железобактерии, 2 стадия- обработка каолинов гетеротрофными микроорганизми;

для культивирования гетеротрофных микроорганизмов, разрушающих силикаты, предложена схема, предусматривающая первоначальное осаживание растительных отходов (повышение сахаристости), фильтрование и на полученной питательной среде культивирование гетеротрофных микроорганизмов.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

получена активная ассоциация железобактерий К-1, адаптированная к первичному каолину Ангреноского месторождения до Т:Ж=1:5;

получены активные биосинтетики органических кислот *Aspergillus niger* шт.2 и *Aspergillus terreus* шт.1; оптимизирована питательная среда для культивирования микроорганизмов на основе растительных отходов;

проведены испытания по обезжелезению первичных каолинов и каолинов марки АКС двух стадийным методом, с применением железобактерий и гетеротрофных микроорганизмов, что позволило уменьшить количество FeO и Fe₂O₃ и довести его содержание до <0,2% и 0,27 % (при исходном его содержании виде FeO 4,25 % и 0,98% Fe₂O₃);

Достоверность результатов исследования обосновывается тем, что каждый эксперимент исследований проведён не менее, чем в 3 повторностях, что позволило найти средний наиболее достоверный и стабильный результат. Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с помощью компьютерных программ STATISTICA 6.0 и стандартными методами расчета ошибок, средних, доверительных интервалов, стандартных отклонений.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научное значение полученных результатов в том, что проведен скрининг культур и отобрана активная ассоциация железобактерий *Acidithiobacillus ferrooxidans* К-1, которая адаптирована методом последовательной адаптации к первичному каолину Ангреноского месторождения при плотности пульпы 30%.

Практическая значимость полученных результатов то, что по способности синтезировать органические кислоты отобраны микроорганизмы *Aspergillus niger* шт.2 и *Aspergillus terreus* шт.1. Показано уменьшение содержания соединений железа из образцов каолина, подвергшихся бактериальному выщелачиванию, наблюдается заметное снижение окисных форм железа во всех опытных образцах.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов по разработке биотехнологии обогащения первичных каолинов Ангреноского месторождения:

Разработанная биотехнология по биовыщелачиванию первичных каолинов Ангреновского месторождения с использованием двух стадийной схемы (*Acidithiobacillus ferrooxidans* и гетеротрофных микроорганизмов) была внедрена на месторождении АО «Узбекуголь», участок-35 (Справка АО «Узбекистон темир йуллари» АО по добыче и сбыту угля «Узбекуголь» № 01-13/941 от 16 июля 2019г.). В результате биовыщелачивания образцов каолина дало возможность повысить качество первичного каолина.

Способ биовыщелачивания железа из первичного каолина с использованием ассоциации микроорганизмов внедрено в работу АО «Узбекуголь», участок-35 (справка АО «Узбекистон темир йуллари» АО по добыче и сбыту угля «Узбекуголь» № 01-13/941 от 16.07.2019г.). В результате этого, получен продукт с содержанием FeO и Fe₂O₃ <0,2% (при исходном содержании FeO - 4,25 % и Fe₂O₃ - 0,98%).

Апробация результатов исследования. Результаты исследований были обсуждены на 13 республиканских и 7 международных научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 22 научных работ, из них 6 научных статей, в том числе 5 в республиканских и 1 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, изложены цель, задачи исследования, характеризуются объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, отмечено научное практическое значение работы, представлены данные о практическом внедрении результатов исследования, сведения о структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Характеристика каолинов, область их применения и микробиологическое обогащение**» дан подробный анализ современного состояния проблемы, приведена подробная характеристика каолинов и области их применения, систематизированы сведения, касающиеся микробиологического обогащения каолинов и микробного удаления железа из сырья.

Во второй главе диссертации «**Методы отбора бактерий для повышения качества каолинов, химический анализ каолинов и определение общей кислотности микроорганизмов**» приведены методы отбора микроорганизмов для использования в повышении качества каолинов. Приведен химический состав первичного каолина и каолина марки АКС,

использованных в работе. Приведен состав питательных сред, применяемых для культивирования микроорганизмов, использованных в работе.

В третьей главе диссертации «Скрининг бактерий *Acidithiobacillus ferrooxidans* и гетеротрофных микроорганизмов. Проведение лабораторных исследований по обогащению каолина по двухстадийной схеме» приведены результаты исследований по получению активных микроорганизмов для использования их с целью обезжелезнения и улучшения качеств каолинов Ангрэнского месторождения, проведению биовыщелачивания первичного каолина с использованием ассоциации железooksисляющих бактерий, оптимизации питательной среды для культивирования гетеротрофных микроорганизмов, биовыщелачиванию первичного каолина с использованием двухстадийной схемы, разработке принципиальной схемы обогащения каолина с использованием биотехнологических методов.

Скрининг бактерий *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Получение адаптированной культуры. В настоящее время выделены различные формы ацидофильных железooksисляющих микроорганизмов, участвующих в процессах разрушения сульфидных минералов. Однако доминирующим микроорганизмом в области биогидрометаллургии на протяжении многих лет является культура бактерий *A. ferrooxidans*. Для определения наиболее активной культуры бактерий был проведен скрининг культур, находящихся в коллекции группы биогетехнологии лаборатории водной и рудной микробиологии. Максимальная скорость окисления железа была у ассоциации К-1 и составляла 3,3 г/л в сутки, при этом полное окисление железа этим штаммом наблюдалось на 2-3 сутки (рис.1).

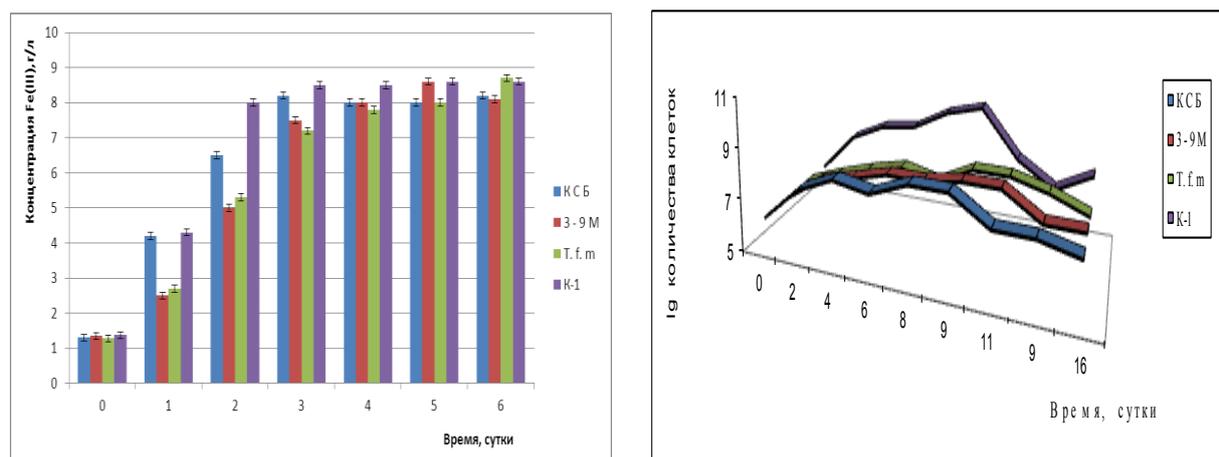


Рис. 1. Окисление железа и кинетика роста различных ассоциаций железooksисляющих бактерий при 30 °С в периодической культуре

Таким образом, на основании изучения геохимической активности различных ассоциаций *A. ferrooxidans*, для дальнейших исследований нами была отобрана ассоциация *A. ferrooxidans* К-1, обладающая высокой скоростью роста и окисления железа.

Получение адаптированной культуры. Одним из важных этапов развития микроорганизмов в гетерогенной среде является их адаптация к

исходному материалу, для чего нами использовался метод последовательной адаптации микроорганизмов, основанный на постепенном увеличении плотности гетерогенной среды. Ассоциация *A.ferrooxidans* К-1 была адаптирована к пульпе с содержанием Т:Ж начиная от 1:20 и до 1:5.

Проведение лабораторных исследований по обогащению каолина с использованием активной ассоциации железобактериальных микроорганизмов. Известно, что для получения фарфоровых изделий высокой степени белизны, их качество зависит от многих показателей и, в том числе, от соотношения окислов железа и титана. При содержании в фарфоре 0,5% Fe₂O₃, она не влияет на цвет черепка при отсутствии TiO₂, который будучи бесцветным, влияет на окраску изделий только в присутствии оксида железа. Таким образом, проблема обезжелезнения каолинов тесно связана с содержанием в продукте окиси титана, что учитывалось нами в проведении лабораторных опытов.

Модельные опыты были поставлены в конических колбах при содержании Т:Ж=1:7 с применением ассоциации бактерий *A.ferrooxidans* К-1. Продолжительность культивирования микроорганизмов составляла от 3 до 7 суток, исходное значение рН пульпы 2,0. В качестве твердой фазы использовался первичный каолин.

Полученные результаты исследований показали, что наиболее полно процесс обезжелезнения проходит в течение семи суток культивирования микроорганизмов в плотной пульпе. Также следует отметить, что обработка бактериями не сказывается на содержании TiO₂ (табл. 1).

Таблица 1

Изменение состава каолина в процессе культивирования ассоциации *A. ferrooxidans* К-1

Наименование соединений	Концентрация веществ, %			
	Исход.	После бактериальной обработки		
		3 суток	5 суток	7 суток
SiO ₂	56,48	52,54	52,54	54,47
Fe ₂ O ₃	0,98	0,76	0,5	0,5
Fe O	4,25	1,44 после промывки 0.98	1,13 после промывки 0.98	0,9 после промывки 0.78
TiO ₂	0,5	0,5	0,5	0,5
Al ₂ O ₃	24,2	29,73	25,7	26,9
MgO	0,8	0,77	0,7	0,6
MnO	0,44	0,20	0,40	0,30
CaO	0,6	0,05	0,05	0,05
Na ₂ O	0,06	0,44	0,44	0,44
K ₂ O	0,13	0,05	0,05	0,05
P ₂ O ₅	0,09	0,08	0,1	0,1
S _{общая}	0,09	0,15	0,69	0,78

Проведенные исследования показали, что во всех исследуемых вариантах проходит снижение содержания железа, особенно это заметно по

содержанию FeO, которое после 7 суток культивирования и промывки кека бактериального выщелачивания соляной кислотой снижается до 0,78%, а содержания Fe₂O₃ доходит до 0.5%.

Однако в процессе окисления железа отмечается повышение рН среды, что приводит к выпадению в осадок гидроокислов трехвалентного железа, что значительно ухудшает процесс, так как требуется дополнительная промывка кека выщелачивания соляной кислотой.

В связи с этим мы снизили исходное значение рН бактериальных растворов до 1,7 и 1,5. При обработке каолина бактериальными растворами в течение 7 суток концентрация железа снижается до тех же показателей, однако, без дополнительной обработки соляной кислотой (рис.2).

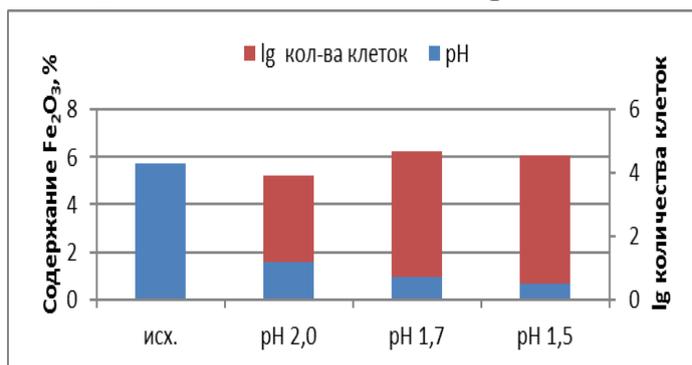
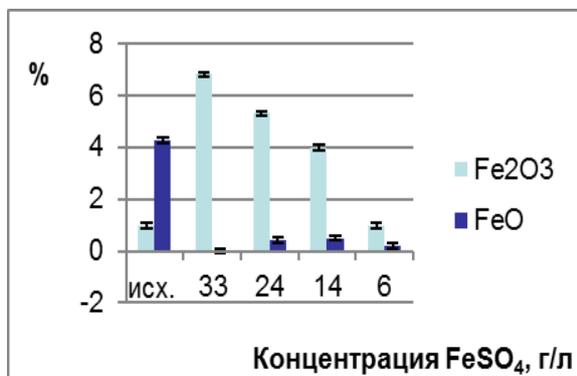


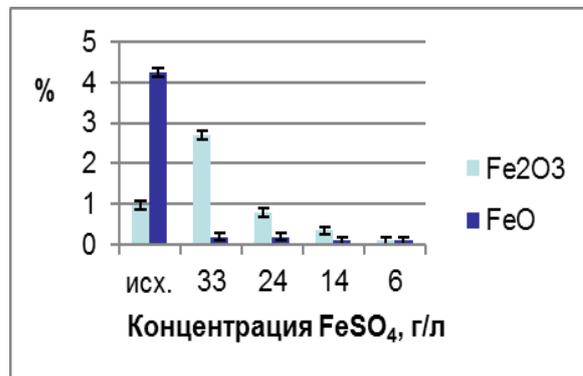
Рис. 2. Процентное содержание Fe₂O₃ и количество микроорганизмов в каолинах, обработанных бактериальными растворами при различных значениях рН.

Следует отметить, что чем больше железа в исходной среде культивирования бактерий *A.ferrooxidans*, тем больше его осаждается на поверхности обрабатываемого каолина. В связи с этим нами проведены исследования по обработке первичного каолина с различным содержанием FeSO₄·7H₂O: 33, 24, 14 и 6 г/л. Опыты проводились как с частичной заменой жидкой фазы (до 20%) свежей питательной средой, так и без разбавления питательной средой.

Лучшие результаты показаны при обработке культуральной жидкостью ассоциации К-1, выращенной на средах с содержанием железного купороса 14 и 6 г/л. В этих опытах содержание Fe₂O₃ снижается до 0,35-0,1 % и FeO до 0,1 %. Отмечается, что при обработке бактериями без разбавления питательной средой наблюдается повышение содержания Fe₂O₃ за счет его переосаждения, чего можно избежать разбавлением питательной средой, где переосаждение наблюдается только при обработке с содержанием железа 33 (рис.3).



без разбавления



с разбавлением

Рис.3. Изменение содержания железа после обработки первичного каолина железooksисляющими микроорганизмами ассоциация К-1

Биовыщелачивание каолина марки АКС с использованием ассоциации железooksисляющих бактерий. Полученные положительные результаты по биовыщелачиванию первичного каолина явились предпосылкой проведения биовыщелачивания каолина марки АКС с использованием ассоциации железooksисляющих бактерий. Модельные опыты были поставлены в условиях, отработанных на первичном каолине - при содержании Т:Ж=1:5 с применением ассоциации бактерий *A.ferrooxidans* К-1, исходное значение рН пульпы 1,5. В качестве твердой фазы использовался каолин марки АКС. Опыты проводились с частичной заменой жидкой фазы (до 20%) свежей питательной средой. Предварительное культивирование бактерий осуществлялось на среде 9К с содержанием $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ - 6 г/л и 3 г/л.

Полученные результаты по содержанию элементов в кеке выщелачивания отображены в таблице 2. Как видно из полученных данных, при обработке культуральной жидкостью ассоциации К-1, выращенной на средах с содержанием железного купороса 3 г/л, содержание Fe_2O_3 снижается более чем в 3 раза. Также отмечается снижение содержания FeO до 0,24%. Содержание титана практически не изменяется.

Таблица 2

Результаты химического анализа кека БВ после обработки каолина марки АКС железooksисляющими микроорганизмами ассоциация *A.ferrooxidans* К-1 (с разбавлением)

Наименование соединений	Содержание веществ, %							
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	CO ₂	SO ₃
Исходное	52.44	0,82	0.43	0,56	34.0	0.65	0.66	0.28
6г/л FeSO ₄	47.8	0,35	0,27	0,5	43.0	0,7	0,22	0,47
3г/л FeSO ₄	56.0	0.27	0.24	0.55	31.3	0.3	0.56	0.08

Таким образом, экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что снижение содержания железа в исходной среде культивирования и частичная замена биораствора на свежую питательную среду, заметно увеличивает возможности применения ассоциации железooksисляющих микроорганизмов К-1 для биообогащения каолинов различных марок.

Скрининг гетеротрофных бактерий и определение способности бактерий синтезировать органические кислоты. Известно, что после обработки тионовыми железooksисляющими бактериями происходит образование на поверхности многих минералов довольно прочных пленок гидроокислов железа. Оттирка от них возможна как за счет абразивного действия, так и в присутствии различных органических кислот или соляной кислоты, причем применение последней очень эффективно. Однако применение соляной кислоты требует значительных расходов (кислотоустойчивое оборудование и природоохранные мероприятия). В связи с этим применение микроорганизмов, способных синтезировать органические кислоты, способствует эффективному растворению вторичных

образований железа в виде выпавших гидроокислов железа после обработки ассоциацией железозакисляющих микроорганизмов.

В процессах деструкции силикатных и алюмосиликатных минералов участвуют представители различных физиологических групп микроорганизмов. Это и автотрофные микроорганизмы родов *Acidithiobacillus*. Среди гетеротрофных микроорганизмов активными в деструкции силикатных минералов являются представители микроскопических грибов, относящиеся к родам *Aspergillus*, *Fuzarium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Trichoderma*, а также бактерии родов *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Proteus*. Как известно, многие из этих микроорганизмов являются активными продуцентами органических кислот, полисахаридов, а также активных комплексообразователей, что, очевидно, можно связать с активизацией процессов деструкции силикатных минералов в присутствии микроорганизмов и предположить косвенность механизма микробиологической деструкции минералов. Вместе с тем, из проведенных до настоящего времени исследований не ясно, как влияют условия культивирования на количество и состав этих метаболитов, имеющиеся данные разрознены и порой противоречивы. Задача наших исследований заключалась в установлении влияния условий культивирования на свойства культуральной жидкости, свидетельствующей о накоплении метаболитов.

Исходя из вышеизложенного, в коллекции лаборатории были отобраны различные штаммы микроорганизмов, обладающие способностью к синтезу органических кислот. Данные микроорганизмы исследовались нами на способность синтезировать органические кислоты как на питательной среде, так и на среде с добавлением каолина (табл.3).

Таблица 3

Способность микроорганизмов к образованию органических кислот

№	Наименование микроорганизмов	Количество органических кислот, мг-экв/л	
		На питательной среде	На среде с каолином
1.	<i>Aspergillus niger</i> шт. 1	42,24 ± 0,04	30,0 ± 0,05
2.	<i>Aspergillus niger</i> шт. 2	<u>52,48 ± 0,02</u>	<u>50,4 ± 0,04</u>
3.	<i>Aspergillus niger</i> шт. 3	29,31 ± 0,03	17,12 ± 0,03
4.	<i>Aspergillus niger</i> шт.4	12,9 ± 0,02	13,6 ± 0,02
5.	<i>Aspergillus terreus</i> шт. 1	<u>35,1 ± 0,04</u>	<u>28,5 ± 0,03</u>
6.	<i>Aspergillus terreus</i> шт. 2	19,3 ± 0,02	18,9 ± 0,04
7.	<i>Bacillus subtilis</i> шт. К-9	8,9 ± 0,02	9,9 ± 0,05
8.	<i>Bacillus subtilis</i> шт. КС-1	11,4 ± 0,01	11,8 ± 0,02
9.	<i>Bacillus mucilaginosus</i> шт. I-1	7,8 ± 0,01	7,7 ± 0,01
10.	<i>Bacillus mucilaginosus</i> шт. I-2	<u>7,7 ± 0,02</u>	<u>9,9 ± 0,03</u>
11.	<i>Bacillus mucilaginosus</i> шт. I-3	7,7 ± 0,04	9,9 ± 0,05
12.	<i>Bacillus subtilis var.mycoides</i>	8,1 ± 0,02	9,5 ± 0,01
13.	<i>Bacillus megaterium</i>	7,8 ± 0,04	7,7 ± 0,04
14.	<i>Bacillus sp.</i>	7,7 ± 0,05	7,7 ± 0,03
15.	<i>Penicillium orizae</i>	19,7 ± 0,03	17,1 ± 0,01

16.	<i>Trichoderma harzianum</i> шт. 24	$12,0 \pm 0,01$	$13,7 \pm 0,04$
17.	<i>Trichoderma harzianum</i> шт. 4	$12,4 \pm 0,04$	$11,3 \pm 0,03$

Исследуемые нами микроорганизмы обладали различной степенью активности в отношении синтеза органических кислот. Наиболее активными оказались штаммы *Aspergillus niger* шт. 1 и шт.2, а также и *Aspergillus terreus* шт. 1 и шт. 2, которые были отобраны для следующих экспериментов.

Проведенные исследования по накоплению органических кислот в динамике установили, что максимальное его количество на элективной среде Чапека-Докса проявляется на 3-4 сутки культивирования и составляет 64 мг-экв/л для *Aspergillus niger* шт. 2 и 33 мг-экв/л для *Aspergillus terreus* шт. 1 (рис. 4).

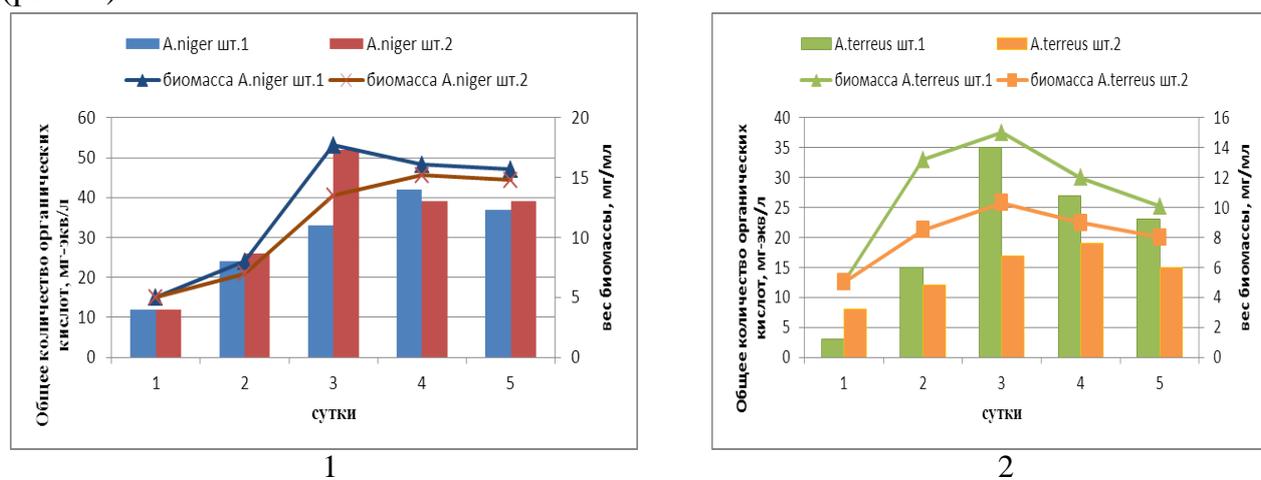


Рис. 4. Динамика накопления органических кислот и биомассы культурами *Aspergillus niger* (1) и *Aspergillus terreus* (2)

Оптимизация питательной среды для культивирования гетеротрофных микроорганизмов. Одна из особенностей микроорганизмов - их необычная зависимость от условий окружающей среды. Известно, что соотношение и количество компонентов питательной среды могут оказать большое влияние на рост микроорганизмов и их способность к синтезу различных метаболитов, в частности органических кислот. Нами был предпринят поиск дешевых компонентов питательной среды для культивирования гетеротрофных микроорганизмов – различных растительных отходов и предлагается оригинальный подход для культивирования гетеротрофных микроорганизмов с использованием растительных отходов.

В качестве растительных отходов нами были взяты отработанная биомасса высших водных растений и растительная масса кукурузы. Были приготовлены питательные среды на основе минеральной среды Мандельса с содержанием растительных отходов 2, 3 и 4%, на которых культивировались отобранные нами микромицеты *Aspergillus niger* шт.2 и *Aspergillus terreus* шт.1.

Полученные результаты свидетельствуют, что максимальная активность проявляется при 3% растительной биомассы кукурузы и 3-4% отработанной биомассы высших водных растений (табл. 4,5).

Таблица 4

Влияние содержания ВВР на накопление органических кислот

Наименование микромицетов	Количество органических кислот, мг-экв/л			
	1%ВВР	2%ВВР	3%ВВР	4%ВВР
<i>Aspergillus niger</i> шт.2	<u>19,2±0,04</u>	20,4±0,02	<u>35,0±0,05</u>	27,0±0,01
<i>Aspergillus terreus</i> шт.1	<u>14,0±0,03</u>	22,0 ± 0,05	<u>31,0±0,02</u>	31,0±0,01

Таблица 5

Влияние содержания растительная биомасса кукурузы на накопление органических кислот

Наименование микромицетов	Количество органических кислот, мг-экв/л			
	1% растительная биомасса кукурузы	2% растительная биомасса кукурузы	3% растительная биомасса кукурузы	4% растительная биомасса кукурузы
<i>Aspergillus niger</i> шт.2	<u>17,0 ± 0,03</u>	19,0 ± 0,05	<u>27,0 ± 0,02</u>	22,0 ± 0,025
<i>Aspergillus terreus</i> шт.1	<u>12,0 ± 0,04</u>	15,0 ± 0,02	<u>19,0 ± 0,01</u>	20,0 ± 0,04

Биовыщелачивание первичного каолина с использованием двухстадийной схемы. Лабораторные опыты по биовыщелачиванию первичного каолина с использованием двухстадийной схемы проводились по следующей схеме:

1 стадия - содержание Т:Ж=1:5 с применением ассоциации бактерий *A.ferrooxidans* К-1, исходное значение рН пульпы 1,5. В качестве твердой фазы использовался первичный каолин. Опыты проводились с частичной заменой жидкой фазы (до 20%) свежей питательной средой. Предварительное культивирование бактерий осуществлялось на среде 9К с содержанием $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ - 6 г/л. Соответственно этому вносилась свежая питательная среда с соответствующим содержанием железа. Время культивирования 2 -3 суток.

2 стадия - Отмытый одним раствором воды кек БВ заливался в соотношении 1:1 раствором микромицетов с содержанием органических кислот до 25 мг-экв/л. Полученная смесь ставилась на перемешивании также в течение двух суток.

Проведенный силикатный анализ кеков БВ, представленный в таблице 6, показывает, что в период 1 стадии за 2 суток произошло заметное снижение FeO с 4,25% до менее 0,2%, однако наблюдается переосаждение окисных форм железа и, соответственно, его увеличение с 0,98% до 1,12%, что неблагоприятно сказывается на качестве продукта. Дальнейшая двухсуточная

обработка кека БВ культуральной жидкостью микромицетов позволила снизить содержание Fe_2O_3 до 0,27%.

Кроме того, обработка первичного каолина по двухстадийной схеме с использованием на первой стадии ассоциации железоокисляющих микроорганизмов и на второй стадии гетеротрофных микроорганизмов позволяет снизить содержание железа.

Таблица 6

Результаты химического анализа кека БВ после обработки первичного каолина ассоциацией К-1 (с разбавлением) - 1 стадия и микроорганизмами, образующими органические кислоты - 2 стадия

Наименование соединений	Содержание веществ, %							
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	CO ₂	SO ₃
Исходное	56,48	0,98	4,25	0,5	24,2	0,69	3,52	0,05
1 стадия	58,93	1,12	<0,2	0,5	28,3	<0,5	<0,5	0,21
2 стадия	56,3	0,27	<0,2	0,5	13,2	<0,5	<0,5	0,07

Биовыщелачивание каолина марки АКС с использованием гетеротрофных микроорганизмов. Модельные опыты по биовыщелачиванию каолина марки АКС с использованием гетеротрофных микроорганизмов были поставлены в конических колбах при содержании Т:Ж=1:5 с применением гетеротрофных микроорганизмов. В качестве твердой фазы использовался каолин марки АКС. Предварительное культивирование бактерий осуществлялось на экспериментальной среде с добавлением растительных остатков. Каолин марки АКС обрабатывали отфильтрованным раствором культуральной жидкости с содержанием органических кислот до 25 мг-экв/л в течение 2 суток. Как видно из полученных данных, содержание Fe_2O_3 снижается более чем в 3 раза (табл. 7).

Таблица 7

Результаты химического анализа кека БВ после обработки каолина марки АКС культуральной жидкостью гетеротрофных микроорганизмов

Наименование соединений	Содержание веществ, %							
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	CO ₂	SO ₃
Исходное	52,44	0,82	0,43	0,56	34,0	0,65	0,66	0,28
После БВ	52,5	<0,2	<0,2	0,5	13,2	<0,5	<0,5	0,07

Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о выносе соединений железа из образцов каолина, подвергшихся бактериальному выщелачиванию, т. е. наблюдается заметное снижение окисных форм железа во всех анализируемых образцах.

Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что обработка биораствором увеличивает возможности применения

растительных остатков и гетеротрофных микроорганизмов для биообогащения каолинов различных марок.

Разработка принципиальной схемы обогащения каолина с использованием биотехнологических методов. На основании проведенных испытаний разработан технологический регламент и принципиальная схема биообогащения каолина (рис. 5). Данная схема включает в себя две стадии микробиологической обработки первичных каолинов.

Первая стадия включает в себя обработку исходного продукта железooksисляющими микроорганизмами, которые, в результате бактериально-химических реакций, протекающих в среде, окисляют железо и переводят его в растворимую форму. Культивирование железooksисляющих бактерий должно осуществляться на модернизированной среде, содержащей в качестве энергетического источника $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в количестве, не превышающем 6 г/л. Обработка бактериальными растворами железooksисляющих микроорганизмов проводится при pH 1,5.

После обработки железooksисляющими микроорганизмами осуществляется слив жидкой фазы и осаждение твердой фазы. Обратная вода направляется на последующее культивирование железooksисляющих микроорганизмов.

Вторая стадия включает в себя обработку кека БВ (каолинового продукта) гетеротрофными микроорганизмами. Предварительное культивирование гетеротрофных микроорганизмов будет осуществляться на средах с растительными отходами, т.е. на бедных средах, без внесения дорогостоящих компонентов.

Затем следует обработка культуральной жидкостью гетеротрофных бактерий, содержащей органические кислоты, которые наиболее эффективно и мягко удаляют железо из сырья.

Обработка каолинового продукта гетеротрофными бактериями происходит при начальном pH среды 4 и температуре 28-30° С.

На заключительном этапе, после отделения бактериального раствора и осаждения твердой фазы, следует его дополнительная промывка и получение продукта, соответствующего марки каолинов для производства керамических изделий по ГОСТ 21286-82 и марок КФ-2 и КФ-3.

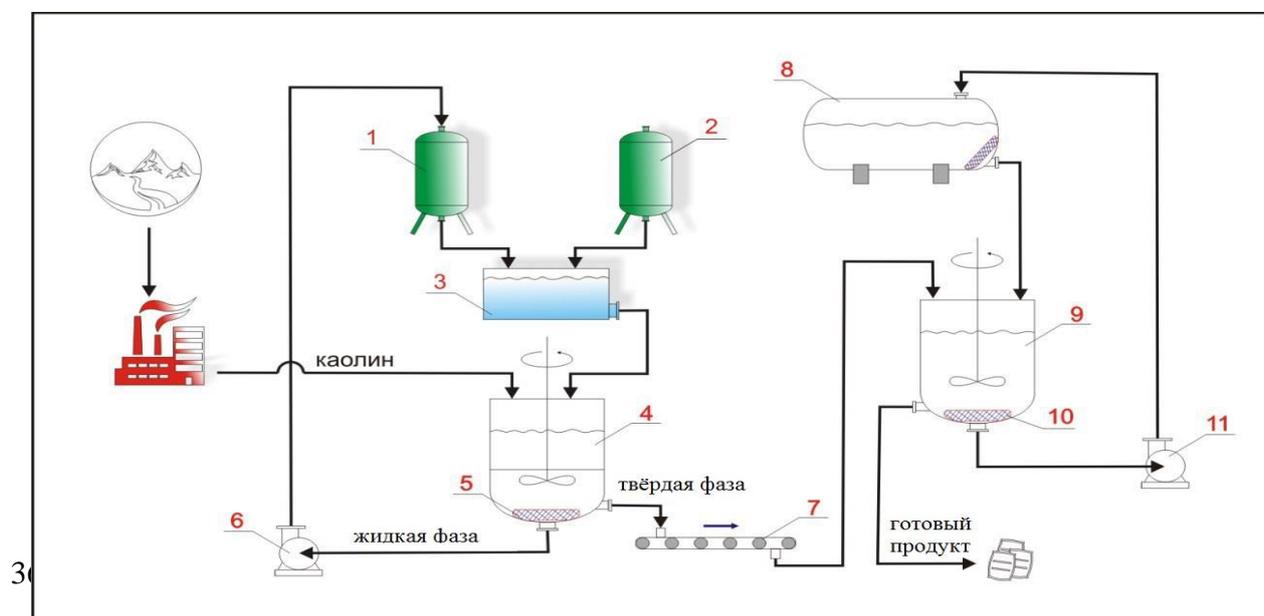


Рис. 5. Принципиальная схема биообогащения каолина

1) культуральная жидкость ассоциации бактерий *A.ferrooxidans* К-1; 2) питательная среда; 3) культивирование железоокисляющих бактерий; 4) микробиологическая обработка каолинов; 5) слив жидкой фазы и осаждение твердой фазы; 6) мотор; 7) лента; 8) культивирование гетеротрофных микроорганизмов; 9) обработку кека БВ (каолинового продукта) гетеротрофными микроорганизмами; 10) отделения бактериального раствора и осаждения твердой фазы; 11) мотор

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных результатов диссертационной работы на тему «Разработка биотехнологии обогащения первичных каолинов Ангреноского месторождения» представлены следующие выводы:

1. По скорости роста и окислению железа отобрана ассоциация железоокисляющих бактерий К-1, состоящая из *Acidithiobacillus ferrooxidans*, которая адаптирована методом последовательной адаптации к первичному каолину Ангреноского месторождения до соотношения Т:Ж=1:5.

2. Проведен скрининг микроорганизмов по способности синтезировать органические кислоты. Определено, что максимальную активность проявили микроскопические грибы *Aspergillus niger* шт.2 и *Aspergillus terreus* шт.1.

3. Оптимизирована питательная среда для культивирования микроорганизмов на основе растительных остатков.

4. Испытания по обезжелезнению первичных каолинов двух стадийным методом позволили уменьшить количество FeO и Fe₂O₃ и довести его содержание до <0,2% и 0,27 % (при исходном его содержании в виде FeO 4,25 % и 0,98% Fe₂O₃).

5. Лабораторные испытания по обезжелезнению каолинов марки АКС только силикатными микроорганизмами позволили снизить содержание FeO и Fe₂O₃ и довести его содержание до < 0,2% (при исходном его содержании в каолинах марки АКС в виде FeO 0,43 % и 0,82 % Fe₂O₃).

6. На основе проведенных испытаний разработан лабораторный регламент биообогащения каолина и принципиальная схема обогащения каолина с использованием биотехнологических методов.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.02/30.12.2019.B.38.01 AT THE INSTITUTE OF MICROBIOLOGY**

INSTITUTE OF MICROBIOLOGY

ISMATOV AZAMAT MUYDINZHONOVICH

BIOTECHNOLOGICAL ENRICHMENT OF ANGREN KAOLINS

03.00.12 –BIOTECHNOLOGY

**DISSERTATION'S ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY
(PHD)OF BIOLOGICAL SCIENCES**

Tashkent – 2020

Subject of this dissertation for a degree of Doctor of Philosophy (PhD) has been registered under no. B2017.1.PhD/B41 by the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan

The doctoral dissertation has been conducted at the Institute of Microbiology.

The abstract of the dissertation is posted in three (Uzbek, Russian, English (abstract)) languages on the website of the Scientific Council (microbio@academy.uz) and on the website «Ziynet» information and educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor: **Zaynitdinova Lyudmila Ibrahimovna**
Doctor of sciences in biology, Professor

Official opponents: **Ismoilov Zafar Fayzullaevich**
Doctor of sciences in biology

Mirzarakhmetova Dilbar Tukhtamuratovna
Doctor of sciences in technology

Leading organization: **Andijan State University**

The defense of the dissertation will take place on «25» february 2020 at 10⁰⁰ the meeting of the Scientific Council DSc.02/30.12.2019.B.38.01 of Institute of Microbiology (Address: 100128, Tashkent, 7B A.Kadyri str., conference hall of the Institute of Microbiology. Phone: (+99871) 241-92-28, (+99871) 241-71-98, Fax: (+99871) 241-92-71.

The dissertation has been registered at the Information Resource Centre at the Institute of Microbiology under № ____ (Address: 100128, Tashkent, 7B A.Kadyri str. Phone: (+99871) 241-92-28, (+99871) 241-71-98, Fax: (+99871) 241-92-71, e-mail: microbio@academy.uz).

The abstract of the dissertation is distributed on «__» _____ 2020.
(protocol at the register № _____ dated by «__» _____ 2020).

Aripov Takhir Fatikhovich
Chairman of the scientific council awarding scientific degrees, Dr.Sc.B., Professor, Academician

Juraeva Rokhila Nazarovna
Scientific secretary of the scientific council awarding scientific degrees, PhD, Senior researcher

Gulyamova Tashkhan Gafurovna
Chairman of the scientific seminar under the scientific council awarding scientific degrees, Dr.Sc.B., Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work consists in the iron removal of kaolin Angren deposits and the creation of biotechnology to improve their quality.

The object of the research work is the primary kaolin of Angren deposits and kaolin of AKS brand.

Scientific novelty of the research is as follows:

The possibility of using acidophilic iron oxidizing microorganisms to enrich primary kaolins of the Angren deposit has been revealed;

The methods are substantiated for enrichment of kaolin of the AKS brand with heterotrophic microorganisms for purification from iron;

A two-stage scheme was improved to enrich the primary kaolin of Angren deposits: 1) stage - treatment with acidophilic iron-oxidizing bacteria and 2) stage - heterotrophic microorganisms;

A scheme of primary saccharification (increase in sugar content) was developed for filtering plant waste during the propagation of heterotrophic microorganisms that destroy silicate and the multiplication of heterotrophic organisms in the formed nutrient medium.

Implementation of research results into practise:

Based on scientific results on the development of biotechnology to enrich primary kaolins of the Angren field:

The developed biotechnology for bioleaching primary kaolins of Angren deposit using a two-stage scheme (*Acidithiobacillus ferrooxidans* and heterotrophic microorganisms) was introduced in the field of Uzbekugol joint-stock company, site-35 (Reference of Uzbekistan Temir Yullari JSC for mining and marketing of coal No. Uzbekugol 01-13 / 941 dated July 16, 2019). As a result of bioleaching of kaolin samples, it made it possible to improve the quality of primary kaolin.

A method of bioleaching iron from primary kaolin using an association of microorganisms was introduced into the work process of Uzbekugol joint-stock company, site-35 (certificate of Uzbekiston Temir Yollari JSC for mining and marketing of coal Uzbekugol No. 01-13 / 941 dated 07/16/2019) . As a result of this, a product was obtained with the content of FeO and Fe₂O₃ <0.2% (with the initial content of FeO - 4.25% and Fe₂O₃ - 0.98%).

The structure and volume of the dissertation. The structure of the thesis consists of introduction, 3 chapters, conclusions, references and appendix. The volume of the thesis is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Зайнитдинова Л.И., Куканова С.И., Бойко Г.Г., Исмаев А.М., Лобанова И.В. Микробное обезжелезнение первичных каолинов Ангреновского месторождения. Горный вестник Узбекистана. 2010, №40, С.80-82 (04.00.00 №3).
2. Зайнитдинова Л.И., Куканова С.И., Бойко Г.Г., Исмаев А.М. Микробиологической облагораживание каолинов Ангреновского месторождения. Доклады Академии Наук РУз, Ташкент. 2010, №4, С.82-85 (03.00.00, № 2).
3. Зайнитдинова Л.И., Куканова С.И., Исмаев А.М. Двухстадийное обогащение каолинов. Горный вестник Узбекистана. 2011, №4(47), С.38-40 (04.00.00 №3).
4. Исмаев А.М., Зайнитдинова Л.И., Куканова С.И., Скрининг микроорганизмов – биосинтетиков органических кислот для обработки каолинов с целью улучшения качества. UNVERSIVM: ХИМИЯ И БИОЛОГИЯ. Москва. Научный журнал. Выпуск: 11(65). Ноябрь 2019 С.18-23 (02.00.00 №2).
5. Исмаев А.М., Мавланова С.А. Анрен қазилмасидаги иккиламчи каолинларни биологик суюқликда ажратиб олиш, Наманган давлат университети илмий ахборотномаси. 2019, №2, 82-86 бет (03.00.00, № 17).
6. Исмаев А.М. Анрен қазилмасидаги иккиламчи каолинларни биологик суюқликда ажратиб олиш. Наманган давлат университети илмий ахборотномаси. 2019. №6, 173-178 бет (03.00.00, № 17).

II бўлим (2 часть; II part)

7. Zaynitdinova L.I., Kukanova S.I., Ismatov A.M., Lobanova I.V., Purification of Kaolin of Different Grades with Application of Silicate Microorganisms, Biochemistry and Biotechnology: Research and Development, Nova Science Publishers, Inc., New York. 2012. P. 163-166.
8. Зайнитдинова Л.И., Куканова С.И., Исмаев А.М., Лобанова И.В. Улучшение технологических свойств каолинов с помощью микроорганизмов. Вестник КазНУ, Серия биологическая, Алматы. 2011, №2 (48) часть 2, С.109-111.
9. Зайнитдинова Л.И., Куканова С.И., Исмаев А.М. Возможности применения отработанной биомассы для биообогащения каолинов. Труды Института микробиологии Национальной Академии наук Азербайджана. 2012, том 10, № 1, Баку, «ELM», С.112-115.
10. Зайнитдинова Л.И., Куканова С.И., Бойко Г.Г., Кяро В.А., Исмаев А.М. Микробиологическое обогащение каолинов Ангреновского месторождения. Четвертый Московский международный конгресс

- «Биотехнология: состояние и перспективы развития», Москва, 12-16 марта, 2007, Часть 2, С.341.
11. Зайнитдинова Л.И., Куканова С.И., Бойко Г.Г., Исмаев А.М., Лобанова И.В. Микробиологическое обогащение Ангренинских каолинов. IV Съезд микробиологов Узбекистана, Ташкент, 9-10 октября 2008 г., С. 36.
 12. Зайнитдинова Л.И., Куканова С.И., Исмаев А.М., Хужакулов А.П. Биотехнология обогащения различных промпродуктов. *Umumiy va Noorganik Kimyo Institutiga 75 yil*, сборник, Том II, Ташкент, 2008, С.322-325.
 13. Зайнитдинова Л.И., Куканова С.И., Бойко Г.Г., Исмаев А.М., Хужакулов А.П. Микробное обезжелезнение первичных каолинов Ангренинского месторождения. Пятый Московский международный конгресс «Биотехнология: состояние и перспективы развития», Москва, 16-20 марта, 2009, Часть 2, С. 350-351.
 14. Зайнитдинова Л.И., Куканова С.И., Исмаев А., Хужакулов А.П., Лобанова И.В. *Acidithiobacillus ferrooxidans* в процессе обезжелезнения каолина. АН РУз, Материалы Республиканской научной конференции «Проблемы современной микробиологии и биотехнологии», посвященной памяти академика А.Г.Халмуратова в связи с 70-летием, 23 октября 2009 года, Ташкент, 2009, С. 20-21.
 15. Зайнитдинова Л.И., Исмаев А., Куканова С.И., Лобанова И.В. Микроорганизмы-продуценты органических кислот в процессах обогащения каолинов. АН РУз, Материалы Республиканской научной конференции «Проблемы современной микробиологии и биотехнологии», посвященной памяти академика А.Г.Халмуратова в связи с 70-летием, 23 октября 2009 года, Ташкент, 2009, С. 21-22.
 16. Зайнитдинова Л.И., Куканова С.И., Исмаев А. Биотехнологические аспекты обогащения каолинов. В сб. тезисов Международной научной конференции «Актуальные проблемы развития биоорганической химии», Ташкент, 20-21 сентября, 2010, С.149.
 17. Зайнитдинова Л.И., Куканова С.И., Исмаев А.М., Лазутин Н.А., Лобанова И.В. Обогащение каолинов различных марок с применением силикатных микроорганизмов. VI Московский Международный конгресс «Биотехнология: состояние и перспективы развития», Часть 2, Москва, 21-25 марта 2011г., С.341-342.
 18. Исмаев А.М., Лобанова И.В., Зайнитдинова Л.И., Куканова С.И. Микроорганизмы – продуценты органических кислот в процессах обогащения каолинов. Тез. Докладов конференции молодых ученых, посв. Памяти акад. С.Ю.Юнусова, 17 марта, Ташкент-2011, С.92.
 19. Зайнитдинова Л.И., Исмаев А.М., Куканова С.И. Бактериальное обогащение каолинов по двухстадийной схеме. Материалы научно-практической конференции «Инновационные технологии горно-металлургической отрасли» Навои, 21 октября, 2011, С.151-153.

20. Зайнитдинова Л.И., Куканова С.И., Исмаев А.М. Микробиологическое обогащение серых вторичных каолинов Ангренского месторождения. V Съезд микробиологов Узбекистана, 12-13 октября, Ташкент, 2012, С. 19.
21. Зайнитдинова Л.И., Куканова С.И., Исмаев А.М. Биовыщелачивание Ангренского каолина марки АКС с использованием силикатных микроорганизмов. VII Московский Международный конгресс «Биотехнология: состояние и перспективы развития», Россия, Москва, 19-22 марта, 2013, С. 193-194.
22. Исмаев А.М., Лобанова И.В. Акс каолин маркаси таркибидаги қолдик темир концентрациясини биотехнологик усуллар билан камайтириш. Материалы Международного Симпозиума «Микроорганизмы и биосфера» MICROBIOS – 2015, 25-27 ноября, 2015 г. Ташкент, с. 128-129.

Босишга рухсат этилди: 11.02.2020 йил
Бичими 60x84 ¹/₁₆. «Times New Roman»
гарнитурада рақамли босма усулда чоп этилди.
Шартли босма табоғи 2.75. Адади 100. Буюртма № 16-02

“IMPRESS MEDIA” MChJ босмаҳонасида чоп этилди.
Тошкент шаҳри, Қушбеги кўчаси, 6-уй.