

2026-13

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН УЛУТТУК ИЛИМДЕР АКАДЕМИЯСЫ
БИОЛОГИЯ ИНСТИТУТУ

К. ТЫНЫСТАНОВ АТЫНДАГЫ ЫСЫК-КӨЛ МАМЛЕКЕТТИК
УНИВЕРСИТЕТИ

Д 03.24.693 диссертациялык кеңеши

Кол жазма укугунда
УДК 634.5 (575.2) (04)

Бексбаева Мадина Омнрхановна

Казакстандын алтын кени бар аймактарынын микроценоздору жана
микробиологиялык ыкма менен кеңдерди эритүү аркылуу бөлүп алуу
технологиясынын натыйжалуулугун жогорулатуу

03.02.08 – экология
03.02.03 – микробиология

биология илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын
изденип алуу үчүн жазылган диссертациянын
авторсфераты

Бишкек – 2025

Иш Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Биология институтунун биогеохимия жана радиоэкология лабораториясында аткарылган.

Илимий жетекчилери: **Дженбаев Бекмамат Мурзакматович** биология илимдеринин доктору, профессор, КР УИАнын мүчө-корреспонденти, Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Биология институтунун биогеохимия жана радиоэкология лабораториясынын башчысы

Канаев Ашимхан Токтасынович биология илимдеринин доктору, профессор, Казакстан Республикасынын Аль-Фараби атындагы Казак улуттук университетинин биотехнология кафедрасынын профессору, Алматы ш.

Расмий оппоненттери: **Доолоткелдиева Тинатин Доолоткельдиевна**, биология илимдеринин доктору, профессор, К. И. Скрябин атындагы Кыргыз улуттук агрардык университетинин өсүмдүктөрдү коргоо кафедрасынын профессору

Джусупова Дария Бекайдаровна, биология илимдеринин доктору, профессор, Абай атындагы Казак улуттук педагогикалык университетинин география жана экология кафедрасынын профессору, Алматы ш.

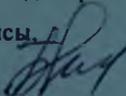
Жетектөөчү уюм: М. О. Ауэзов атындагы Түштүк Казакстан мамлекеттик университети, биология жана география кафедрасы (160012, Казакстан Республикасы, Шымкент ш, Тауке хан пр., 5)

Диссертацияны коргоо 2025-жылдын 29 - декабрында саат 14:00 до биология илимдеринин доктору (кандидаты) окумуштуулук даражасын коргоо боюнча Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Биология институту жана тең уюштуруучу К. Тыныстанов атындагы Ысык-Көл мамлекеттик университетине караштуу Д 03.24.693 диссертациялык кеңешинин отурумунда өткөрүлөт. Дареги: 720071, Бишкек ш., Чүй проспекти, 265а. Диссертацияны коргоо боюнча видеоконференциянын шилтемеси: <https://vc.vak.kg/b/032-lvf-co3-zie>

Диссертация менен Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Борбордук китепканасынан (720071, Бишкек ш., Чүй проспекти, 265а), К. Тыныстанов атындагы Ысык-Көл мамлекеттик университетинин китепканасынан (722200, Каракол ш., К. Тыныстанов кочосү, 26) жана <https://vak.kg> сайтынан таанышууга болот.

Автореферат 2025-жылдын 29 -ноябрында таркатылды.

Диссертациялык кеңештин окумуштуу катчысы,
биология илимдеринин кандидаты

 К. Дж. Бавланкулова

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу. Геохимиялык экологиянын борбордук проблемаларынын бири кени бар аймактардын микроорганизмдеринин геохимиялык иш аракетин изилдөө болуп саналат. Жаратылышта микроорганизмдердин геохимиялык кызматтарынын түрдүү болушунун натыйжасында экосистемадагы микроорганизмдердин жардамы менен жүрүп жаткан биогеохимиялык процесстердин 9 категориясын айырмалашат: [Мавжудова А. М. и др., 2005; Xing et al., 2021, Guo et al., 2024]. Алардын ичинен татаал эрий турган минералдардын кычкылдануу процессине айлануусу өзгөчө мааниге ээ, ал хемолитоавтотрофдуу бактериялар аркылуу ишке ашырылат, алар өз кезегинде өзгөрүлмө валенттүүлүккө ээ болгон элементтерди электрондордун донору катары энергетикалык максатта пайдаланышат. Алардын иш аракети менен жаратылышта кен байлыктардын пайда болушу жана бузулушу байланыштуу, минералдык элементтердин айлануусунун маанилүү этабын ишке ашыруу менен геохимиялык жана биологиялык процесстерди байланыштыруучу звено болуп саналат.

Өзгөрүлмө валенттүүлүккө ээ болгон элементтери бар минералдарды өзгөртүү жөндөмдүүлүгү кеңири практикалык колдонууга алып келди жана экологиялык биотехнологиянын өз алдынча бөлүгү болгон биогеометаллургиянын негизин түздү. Ошол себептен улам 50 жылдан ашуун убакыттан бери тиондук бактериялардын биохимиясын жана физиологиясын изилдөө жүргүзүлүп жатат. Бүгүнкү күнгө карата бул бактериялардын метаболизм жолдору жана алардын металлга туруктуулугу жакшы изилденди. Бул маселелерге салыштырмалуу алардын экологиясы анча изилденген эмес.

Темирди кычкылдандыруучу тион бактериялары экологиялык жактан даана ачыкталган адистер болуп саналат. Алар үчүн экологиялык чөйрө болуп сульфиддүү минералдардын кездешкен аймагы, кычкыл булак суулары кызмат кылат. Сульфиддүү булактардын көпчүлүк кездешкен аймактары аларда тиондуу жана коштоп жүрүүчү микроорганизмдердин таралуусу катары изилденген. Бирок, бири биринен алыста жайгашкан географиялык райондордун микробоценоздорун изилдөөлөр жокко эсе.

Жогоруда айтылгандарды эске алуу менен, түрдүү географиялык аймактагы сульфиддүү булактарда микроорганизмдердин экологиясын жана алардын геохимиялык иш аракетин изилдөө актуалдуу болуп эсептелет.

Диссертациянын темасын артыкчылыктуу илимий багыттар, ири илимий программалар (долбоорлор), билим берүүчү жана илимий мекемелер тарабынан жүргүзүүчү негизги изилдөө иштери менен байланышы. Илимий иш Казахстан Республикасынын 102 - «Илимий изилдөөлөрдү гранттык каржылоо» программасынын алкагында жүргүзүлгөн,

приоритети: «Хемолитотрофтуу бактериялардын активдүү ассоциациясын колдонуу менен туруктуу казак кен чыккан аймактардан баалуу металлдарды казып алуунун биохимиялык технологиясын иштеп чыгуу» мам каттоонун № 011500277.

Изилдөөнүн максаты. Чыгыш Казакстандын техногендик экосистемаларында микробиоценоздордун түзүмүнө жана санынын динамикасына антропогендик факторлордун таасирин баалоо жана кендерди микробиологиялык ыкма менен шакардоо технологиясынын натыйжалуулугун жогорулатуу.

Изилдөөнүн маселелери:

1. Чыгыш Казакстандын рудалык кендерине мүнөздүү микроорганизмдердин курамына таасир этүүчү физикалык-химиялык факторлордун маанисин сандык баалоо жана *Acidithiobacillus ferrooxidans* пайда болуу жыштыгын изилдөө;

2. Чыгыш Казакстандын алтын кендеринин микробиоценоздорунун температурасына сезондук динамиканы жана көз карандылыкты орнотуу;

3. Чыгыш Казакстандын бир катар кендеринен бөлүнүп алынган ассоциативдик жана орточо термофилдик өсүмдүктөрдү алуу ыкмасын иштеп чыгуу;

4. Сульфид рудаларынын негизги био-кычкылдануу процесси болгон бактериялык клетка маданиятынын активдешүү схемасын түзүү;

5. Бактериялык клетканын түрлөрүнүн сандык курамын жана прикладдык биотехнологиялык жана микробиологиялык изилдөөлөрдө жамааттын түзүлүшүнө жүргүзүлгөн молекулярдык-биологиялык изилдөөнү колдонуунун максатка ылайыктуулугун аныктоо.

Алынган жыйынтыктардын илимий жаңылыгы. Казакстандын алтын, техногендик кендеринин микробиоценоздорунун жана кен сууларынын саны жана курамы жөнүндө маалыматтар биринчи жолу алынган. Тион бактерияларынын санынын сезондук жана техногендик баскычтардан көз карандылыгы көрсөтүлгөн. Тион бактериялары менен кийинки тиосульфатты эритүү үчүн хемолитотрофдук бактерияларды колдонуу менен алтынды алуу процессинин интенсификациясынын шарттары аныкталды. Алтындын максималдуу алынышын камсыз кылуучу Тион бактериялары менен алтын рудаларын био-ылгоонун оптималдуу эко шарттары аныкталды. Темир кычкылдандыруучу бактериялардын өсүшүнө жана өнүгүшүнө химиялык кошулмалардын ар кандай концентрациясынын таасири аныкталды. Жакыр алтын-булчуң концентраттарын суюлтуу процесстерин активдештирүү шарттары аныкталды. Алтын камтыган рудалардын микробиоценозун, начар, алтын камтыган рудалардан алтынды бактериялык ылгоо реакцияларынын

кинетикалык параметрлерин изилдөөнүн жыйынтыктарынын негизинде рудаларды бактериялык-химиялык ачуу процесстеринин өтүү механизми белгиленген.

Алынган жыйынтыктардын практикалык маанилүүлүгү. Руда кендериндеги микроорганизмдердин геохимиялык иш-аракеттерин изилдөөдөн алынган маалыматтар түстүү металлдарды эритүү практикасына таасирин тийгизет. Бул микроорганизмдер гидрометаллургияда металлдарды рудалардан жана аларды байытуу продуктуларынан эритүү процесстерин күчөтүү максатында биологиялык жана биотехнологиялык объект катары келечектүү. Маанилүү практикалык мааниге ээ болгон темир кычкылдандыруучу бактериялардын активдүүлүгүн жогорулатуунун ар кандай жолдорун изилдөө жана аныктоо боюнча изилдөөлөр, анткени бул микроорганизмдердин ишмердүүлүгүнө негизделген эко-технологиялык процесстин талаптарына жооп берген, техногендик экосистемаларда өсүмдүктөрдү узак убакыт бою активдүү кармал турууга мүмкүндүк берет.

Диссертациянын материалдары ТОО “ДАНИ-НАН – экспорт” тарабынан кенди микробиологиялык жол менен эритүү боюнча өндүрүштүк процедураларда колдонуу үчүн ишке ашырылган; “MIRAS” университетинин химия жана биология факультеттеринде лекцияларда, лабораториялык жана практикалык сабактарда билим берүү программаларында колдонулат.

Коргоого алып чыгуучу негизги жоболору:

1. *A. ferrooxidans* пайда болуу жыштыгы жана Чыгыш Казакстандын кен чыккан жерлерине мүнөздүү микроорганизмдердин курамына таасир этүүчү экологиялык (физикалык-химиялык) факторлордун маанисин сандык баалоо изилденди. Казакстанда кен чыккан жерлердин экологиялык-геохимиялык мүнөздөмөсү жана географиялык жайгашуусу негизделген;

2. Чыгыш Казакстандын алтын кендериндеги хемолитотрофтук бактериялардын микробоценоздорунун сезондук динамикасы, ошондой эле алардын айлана-чөйрөнүн температурасына көз карандылыгы аныкталды;

3. Хемолитотрофтук бактерияларды бөлүп алуу, гендердин нуклеотиддик тизмектеринин деңгээлинде алгачкы культураларды идентификациялоо 16S рРНК;

4. Сульфиддик минералдардын жана рудалардын биоалкализация процессине абиотикалык факторлордун таасири аныкталды;

5. Чыгыш Казакстандын кендеринен бөлүнүп алынган ассоциативдик жана орточо термофилдик өсүмдүктөрдү алуу ыкмасы иштелип чыкты.

Изилдөөчүнүн жеке салымы. Изденүүчүгө изилдөө багытын тандоодо, көйгөйдү аныктоодо, максаттарды жана милдеттерди коюуда,

эксперименталдык ыкмаларды иштеп чыгууда жана натыйжаларды жалпылоодо чечүүчү роль таандык.

Диссертациянын натыйжаларын апробациялоо. Изилдөө материалдары: IV Эл аралык Фараби окуусунун алкагындагы «Биотехнология, экология жана физика-химиялык биологиянын актуалдуу проблемалары» Эл аралык илимий-практикалык конференция, Алматы ш., 2017 - жылдын 6-7 - апрели (Алматы, 2017 - ж.); «Агроөнөр жай комплекси жана айыл чарба илимдери» I Эл аралык илимий-практикалык конференция Шымкент ш., 2017 - жылдын 17-18 - ноябры (Шымкент, 2017- ж.); «16-Ауэзовдук окуулар: «Төртүнчү өнөр жай төнкөрүшү: Казакстанды илим, билим жана маданият тармагында жаныландыруунун жаны мүмкүнчүлүктөрү» Шымкент ш., 2018 - жылдын 13-14 - апрели (Шымкент, 2018 - ж.); КР УИА химия жана фитотехнология институтунун уюшулгандыгынын 75 жылдыгына арналган «XXI-кылымдын босогосундагы инновациялык илим» аталышындагы Эл аралык илимий конференция, Бишкек ш., 2018 - жылдын 25-26 - октябры (Бишкек, 2018-ж.).

Диссертациялык иштин жыйынтыктарынын илимий эмгектерде чагылдырылышы. Диссертациянын темасы боюнча 11 илимий макала жарыяланган, анын ичинде: 1 макала - Web of Science маалыматтар базасында индекстелген журналда, 3 - Кыргыз Республикасынын Жогорку Аттестациялык Комиссиясы тарабынан бекитилген мезгилдүү басылмаларда, 5 - РИНЦ системасы боюнча индекстелген басылмаларда, 2 макала импакт-факторы 0,1ден кем эмес журналдарда жарыяланган.

Диссертациялык иштин түзүлүшү жана көлөмү. Диссертация 162 беттен турган компьютердик текстте берилген жана киришуу сөздөн, адабияттарга сереп салуудан, методология жана изилдөө методдору боюнча бөлүмдөн, автордун баштапкы изилдөөсү жана аны талкуулоо боюнча 4 бөлүмдөн, корутундудан жана практикалык сунуштардан турат. Библиографиялык тизмеде 160 шилтеме бар, алардын 55и англис тилинде. Иш 19 таблица жана 44 сүрөт менен иллюстрацияланган.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Киришүүдө изилдөөнүн актуалдуулугу, аны алып келүүнүн зарылдыгынын негиздемеси, максаты, милдеттери, илимий жаңылыгы, иштин практикалык мааниси, коргоого коюлган диссертациянын жоболору, ошондой эле диссертациянын структурасына тиешелүү маалыматтар берилген.

1-БАП. «Адабияттык талдоо». Бөлүмдө Казакстандын алтын кени жайгашкан аймактардын микробоценоздордун изилдөөнүн бардык этабын жана денгээлин толук чагылдырган, кенди бактериалдык ажыратып алууда

микроорганизмдердин жана өнөр жай технологияларынын ролу, металлдарды био ажыратып алууну изилдөөгө арналган чет өлкөлүк жана ата мекендик окумуштуулардын иштерине аналитикалык талдоо берилди.

2 - БАП. «Изилдөөнүн методологиясы жана ыкмалары»

Изилдөөнүн объектиси. Казакстандын Риддер-Соколь, Большевик кен аймагындагы хемолитотрофтук микроорганизмдердин жергиликтүү штаммдары.

Изилдөөнүн предмети. Чыгыш Казакстан кенинде жашаган хемолитотрофтуу микроорганизмдердин штаммдарынын экологиялык өзгөчөлүктөрү.

2.1. Изилдөөнүн ыкмалары. Бул ишти ишке ашыруу үчүн жалпы кабыл алынган микробиологиялык жана экологиялык изилдөө методдору колдонулган.

Хемолитотрофтук бактериялардын ар кандай топторун бөлүп алуу үчүн чыгыш Казакстандын Активдүү алтын кендери – Риддер-Сокольное жана Большевик тандалып алынган (2.1.1- сүрөт).



2.1.1-сүрөт – Казакстанда изилденген алтын кендеринин географиялык жайгашуу картасы

Таза культура катуу Агар 9к чөйрөнү колдонуу менен баса белгиленди.

Микроорганизмдердин саны жалпы кабыл алынган экологиялык метод аркылуу ар бир группага азыктануу чөйрөсүн таратуу жолу менен изилденди.

16S рPHK генин секвенирлөө жардамы менен микроорганизмдердин филогенетикалык абалын тандоо. Секвенирлөө Сэнгер методу боюнча «Eurogen» маркасынын фирмалык жабдыгында жүргүзүлдү. 16S рPHK гендеринин нуклеотиддик ырааттуулугунун алынган окшоштуктарынын алгачкы талдоосун BLAST серверинин жардамы менен жүргүзүштү. Ырааттуулуктарды калыпка келтирүү жана изилденип жаткан бактериялардын

филогенетикалык дарагын түзүү MEGA 6 программасынын пакетинин жардамы менен ишке ашырылды.

Ажыратып алынгандан кийинки кендин, эритмелердин жана кектердин химиялык курамы ТОО «КАЗАТОМПРОМ-СОРБЕНТ» ион алмашуу материалдарынын сыноо химия-технологиялык лабораториясында аныкталды. Рентгендик-фазалык анализ D8 Advance (BRUKER) дифрактометринде, нурлануу α -Cu жүргүзүлдү.

Материалды статистикалык иштетүү Microsoft Excel компьютердик программаларын колдонуу менен жүргүзүлдү, графикалык иллюстрациялар Microsoft Excel программалык пакеттерин колдонуу менен курулду, ал эми карта-схема Surfer-15 программасын колдонуу менен түзүлдү.

3-БАП. «Жекече изилдөөлөрдүн жыйынтыгы жана аларды талкуулоо»

3.1 Риддер-Сокольное алтын кенинин рудаларынын жана микробиоценоздорунун экологиялык жана геохимиялык мүнөздөмөлөрү

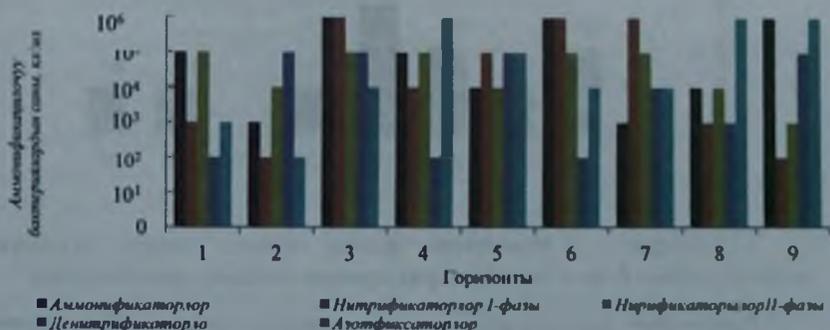
3.1.1 Риддер-Сокольное алтын кенинин азоттуу фиксациялоочу бактерияларынын микробиоценоздору. Тандалган горизонттордон шахта сууларында аммонификатор бактериялардын геоэкологиялык таралышы изилденген. Аммонификатор бактериялардын жалпы саны 101–104 клетка/мл чегинде болгон. Бактериялардын эң төмөнкү саны 50 жана 290 горизонттордон шахта сууларында байкалган, анда суу бир аз кычкыл (рН 5,8). Бул горизонтто Риддер-Сокольный шахтасынын жаракалуу суулары жер астындагы суунун сиңүү зонасы катары классификацияланат.

Аммонификациялоочу бактериялардын жалпы саны 101-104 кл / мл (сүрөт. 3.1.1.1). Бактериялардын эң аз саны 50 жана 290 горизонттордогу шахта сууларында байкалган, мында суу бир аз кислоталуу (рН 5,8) чөйрөгө ээ. Бул горизонтто Риддер-Соколь кенинин жарака кеткен суулары шайма зонанын жер астындагы сууларына кирет. Суулуу горизонттогу гидрохимиялык шарттар табигый жаратылыш факторлору менен аныкталат – суу жайгаштыруучу тектердеги сууда эрүүчү туздардын камтылышы (химиялык-минералогиялык курамы), алардын өткөрүмдүүлүгү жана жер астындагы сууларды чыпкалоо ылдамдыгы.

90, 330 горизонтторунун шахталык сууларынын иондук-туздуу курамы тоо тектеринин минералдык массасын эритүү жана эритүү процесстеринин эсебинен түзүлөт (Силикаттардын гидролитикалык ажыроо продуктулары, сульфиддердин кычкылдануусу жана карбонаттардын көмүр кычкыл газынын бузулушу). Интенсивдүү суу алмашуунун натыйжасында суулуу горизонтто тузсуз аз минералдашкан суулар, иондук курамы боюнча гидрокарбонаттуу кальций-натрийлүү, нейтралдуу же чоңдугу боюнча начар щелочтуу рН, кургак

калдыгы 0,2–0,4 г/дм³ түзүлөт. Мындай суу чөйрөсүндө аммонификациялоочу бактерия клеткаларынын саны 10⁴ кл/млге чейин жетет. Калган горизонттордогу сууда аммонификаторлордун саны 10²–10³ кл/мл. изилдөө мезгилинде суулар негизинен нейтралдуу жана бир аз щелочтуу реакцияга ээ болгон (рН 7,5–8,2).

Руданын денесин түзгөн тоо тектеринин ар кандай түрлөрүндө азот циклине катышкан бактериялардын физиологиялык топторунун анализи 3.1.1.1 сүрөттө келтирилген. Аммонификаторлор, 1-жана 2-фазадагы нитрификаторлор, денитрификаторлор жана азотту бекитүүчү микроорганизмдер эске алынган. Жалпысынан алганда, бактериялардын бул топтордун өкүлдөрүнүн саны 10²–10⁷ КОЕ/г. чейин өзгөрдү.



3.1.1.1-сүрөт – Риддер-Соколь алтын кенинин рудалык денесиндеги

азоттун айлануусуна катышкан аммонификациялоочу бактериялардын саны

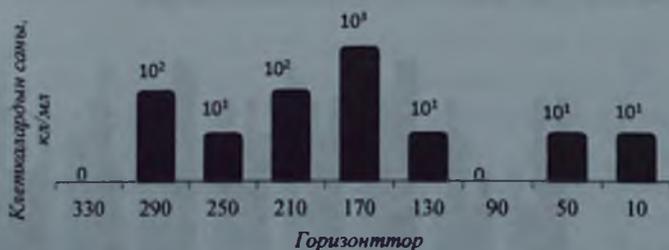
Эскертүү: Кен ишканасынын горизонтторун ырааттуу номерлөө - 1-330; 2-290; 3-250; 4-210; 5-170; 6-130; 7-90; 8-50; 9-10

Аммонификациялоочу бактериялардын эң көп саны жогорку алевролит-кумдук калыңдыктагы кумдуктун сынамыктарында (3), кремнийлүү түзүлүштөрдө (6) жана бурчтук-чополуу аргиллитте (9) белгиленген жана 10⁶ КОЕ/г. түзгөн. Терригендик-чөкмө тектерде (1) жана кызылов бырышуу зонасынын горизонтундагы рудаларда (4) аммонификаторлордун саны 10⁵ КОЕ/г чейин жеткен. Калган изилденген сынамыктарда алардын саны 10³ жана 10⁴ КОЕ/г. Белгилүү болгондой, биринчи фазадагы нитрификаторлор аммонийди азот кислотасына чейин кычкылдандырууну (NH₄⁺ → NO₂⁻) экинчи фазага – азот кислотасын азот кислотасына которууну (NO₂⁻ → NO₃⁻) ишке ашырат. I-фаза нитрификаторлорунун максималдуу саны пробаларда байкалат № 3,6,7 - 10⁶ КОЕ/г. Калган пробаларда алардын саны 10²–10⁴ КОЕ/г. чегинде өзгөргөн. № 1, 3, 4, 6, 7 калган үлгүлөрдөгү 10⁵ КОЕ/г санында 10³–10⁴ КОЕ/г түзөт.

3.1.2 Риддер-Сокольное алтын-мышьяк кенинин

тиобактерияларынын микробеценоздуру. Тион бактериялары *A.ferrooxidans* негизинен чөйрөнүн бир аз кислота реакциясы бар сууда кездешкен (pH 5,0-5,5). Эң көп *A.ferrooxidans* горизонттун шахталык сууларынын үлгүлөрүндө 170 белгиленген, саны 10^3 кл/мл суу чегинде, ошондой эле 210 жана 290 горизонттордун рудниктик сууларында 10^2 кл/мл сууга чейин болгон (сүрөт-3.1.2.1).

90 жана 330 горизонт сууларында Тион бактериялары табылган жок, бул кен сууларынын нейтралдуу реакциясына жана кендердин абадагы кычкылтек менен кыска байланышына байланыштуу.



3.1.2.1-сүрөт – Изилденип жаткан кендин шахта сууларындагы *Acidithiobacillus ferrooxidans* бактерияларынын санынын көрсөткүчтөрү.

T.thiooxidans бактерияларынын жаратылышта таралышы бул бактериялар химоавтотрофук өсүш үчүн колдонгон кыскарган күкүрт кошулмаларынын болушунан көз каранды. Токтоп турган суулардын санынын таралышынын экологиясын изилдөө жана аталган кендин тамчысы *T.thiooxidans* бактериялык клетканын түрлөрүнүн өкүлдөрү начар кислоталуу суу чөйрөсүндө табылган (pH 5,0-5,5). Мындай чөйрөдө бактериялык клетканын саны 10^1 - 10^2 кл/мл чейин жеткен.рудалык дененин температурасы горизонттун тереңдигинин жогорулашы менен 12ден $6,5$ °C чейин төмөндөй тургандыгы, pH 5,5-7,5 ке чейин өзгөрөөрү аныкталган.



3.1.2.2-сүрөт – Изилденип жаткан кендин шахта сууларындагы *T. thiooxidans* бактерияларынын санынын көрсөткүчтөрү.

Ошондой эле, кен сууларында ар кандай горизонттордо тиондук бактериялардын болушу жана алардын жашоо-тиричилигинин экологиялык шарттарынын мүнөздөмөсү кен чыккан жерде Риддер-Соколдук тиондук бактериялар рудалык минералдардын кычкылдандыргычтары катары чыгат деп эсептөөгө негиз берет. Хемолитоавтотрофук бактериялардын *A.ferrooxidans* жана *T.thiooxidans* – Кычкылдануу-калыбына келтирүү процесстеринин негизги көрсөткүчтөрүнүн бири катары молчулугу жана таралуу схемасы боюнча маалыматтарды талдоодо, бул бактериялардын өкүлдөрү кен сууларында сейрек жана аз санда кездешкен. Горизонттун тереңдигинин жогорулашы менен *A.ferrooxidans* саны кыйла азайган, ошол эле *T.thiooxidans* бөлүштүрүлүшү шахта сууларынын төмөнкү горизонтторунда күкүрттүн болушу менен аныкталган. Тион бактерияларынын таралуу диапозону чөйрөнүн алсыз кислота реакциясы менен да мүнөздөлөт.

3.1.3 Риддер-Сокольное кендеринин микробиоценоздорунун санынын түзүлүшүнө жана динамикасына антропогендик факторлордун таасири. Сапрофиттик микроорганизмдер Риддер-Сокольное алтын кениндеги микроорганизмдердин эң кенири таралган тобу болуп саналат. Мисалы, алардын шахта сууларындагы саны 3,8ден 108,4 миң клетка/см³ге чейин, ал эми рудада Одон 6,1 миң клетка/см³ге чейин болгон жана негизинен бактериялык клеткалар менен кездешкен. Микроскопиялык козу карындар жана актиномицеттер да көп кездешкен, бирок бир топ аз санда. Бул кенде хемолитотрофук бактериялардын ар кандай топтору (*Acidithiobacillus*, *Sulfolobus*, *Leptospirillum* жана *Acidiplasma*) бар, алар жагымдуу шарттарда сульфид рудасын кычкылдандырууга жөндөмдүү.

3.2 Большевик алтын-мышьяк кени чыккан аймактагы хемолитотрофтуу бактериялардын экологиясы

3.2.1 Большевик алтын кенинен алынган руданы биошаймалуушуна ар кандай физикалык-химиялык факторлордун таасири. Бул иште алгачкы жолу «Большевик» кен чыккан аймагындагы жегич алтын-мышьяктуу кенди аныкталган оптималдуу параметрлеринде кайрадан иштетүү үчүн күкүрттүүкычкыл ажыратып алуунун комбинацияланган бактериалдык-химиялык технологиясы сунушталды. Изилдөөнүн жыйынтыгында алтынды эритмеден бөлүп алуу ажыроо чөйрөсүнүн (40°C) температурасынын жогорулашынан көз каранды эместиги аныкталды. Бактериянын ацидофилдүү культурасынын өсүү жана өнүгүүсү үчүн оптималдуу болгон температурасынын диапозону 20 дан 30°C чейин болушу жетиштүү. Алынган маалыматтар түрдүү температурада алтынды бөлүп алуу көрсөткүчүн жакшыртуу үчүн маанилүү жана жетиштүү болуп саналат.

Аталган изилдөөнүн максаты болуп алтынды бөлүп алуунун температурадан көз карандылыгын аныктоо жана био ажыроо үчүн кендин оптималдуулугун тандоо эсептелет.

Экспериментти ишке ашыруу үчүн Большевик кен чыккан аймагынын тектери төмөнкү курамда г/т менен пайдаланылды: Au – 2,9; Fe – 3,4; Cu - 0,02; S – 1,2; As- 0,91. Изилдөөнүн объектилери *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Acidithiobacillus acidocaldulans* жана *Acidiplasma sp.* культуралары болду. Процесстин узактыгы 24, 48 жана 72 саатты түздү. Алынган маалыматтар 3.2.1.1 - таблицада келтирилди.

3.2.1.1-таблица – Большевик кен чыккан аймагынан алтынды бөлүп алууда температуранын таасири

Ажыратып алуунун узактыгы, саат	Au кендеги алгачкы курамы, %	Тектин дандуулугу, класс боюнча, мм	Температура °C	Алтынды бөлүп алуу, %		
				№1 культуралык ассоциация менен	№2 культуралык ассоциация менен	Культуранын ассоциациясыз көзөмөлү
24	2,9	0,074	20	85,0	94,5	12,9
			30	78,0	92,4	27,8
			40	25,0	14,2	54,7
48	2,9	0,074	20	86,0	94,6	13,3
			30	78,0	94,6	27,9
			40	31,2	22,5	63,2
72	2,9	0,74	20	88,4	94,9	15,6
			30	78,1	94,8	31,4
			40	39,1	27,6	66,6

Ошондой эле, Большевик алтын-мышьяктуу кен чыккан аймактын тектери көп түрдүү тектен жана зыяндуу минералдар менен шартталган татаал заттык курамдан турат. Иште берилген маалыматтарда көрсөтүлгөндөй, температуранын болжол менен 20-30°C жогорулашы алтынды биоажыратып алуу процессине оң таасир этет. Биохимиялык тиосульфаттык ажыратып алуу үчүн оптималдуу болуп 20-30°C саналат. Процесстин узактыгы 8-12 саатка чейин кыскартуусу мүмкүн.

Алтынды синирүү үчүн ылайыктуу эриткичти тандоо үчүн эксперименттерде эки баскычтуу процесс колдонулган. Биринчи этапта руда *A. ferrooxidans* жана *Acidiplasma sp.* (1-ассоциация) жана *A. caldulans* жана *Acidiplasma sp.* (2-ассоциация) камтыган моно- жана ассоциативдик бактериялык культуралар менен сиңирилген.

3.2.1.2-таблицада аралаш культуралар темирди, айрыкча био синирүүнүн алгачкы 24 саатында, күчтүүрөөк кычкылдандырышы көрсөтүлгөн. Бул артыкчылык кийинчерээк сакталат, бирок төмөндөтүлгөн деңгээлде, анткени темирди био синирүү учурунда кычкылдануу процесстеринде темир тынымсыз керектелет. Бактериялардын концентрациясы алгачкы 24 сааттын ичинде эки-

үч эсеге төмөндөйт, андан кийин калыбына келет, ал эми *Acidiplasma* sp. варианттары менен байланышкан *A. ferrooxidans* жана *A. caldulans* сандары моноварианттарга салыштырмалуу жогору.

3.2.1.2-таблица – Большевик кенинен алынган руданы алууда моно жана ацидофилдик бактериялардын аралаш культураларында Fe³⁺ топтолушунун активдүүлүгү

Культуралар	Биошаймалушунун узактыгы (суткалар)	pH	Темирдин концентрациясы, г/л	
			Fe ³⁺	Fe ²⁺
<i>A. ferrooxidans</i>	1	2,0	7,4	0
	3	2,0	5,8	0
	5	2,0	5,8	0
<i>A. caldulans</i>	1	1,8	6,2	0
	3	2,0	5,0	0
	5	2,0	6,6	0
<i>Acidiplasma</i> sp.	1	2,0	5,8	0
	3	2,0	6,2	0
	5	1,6	8,2	0
Ассоциация 1	1	2,0	8,4	0
	3	1,8	6,4	0
	5	1,6	6,6	0
Ассоциация 2	1	2,0	8,6	0
	3	1,8	6,8	0
	5	1,5	6,8	0

3.2.2 Моно жана аралаш культуралардын руданын уулуу элементтерине (күкүрт, мышьяк) туруктуулугун текшерүү.

Моно- жана аралаш культуралардын күкүрт кошулмаларына туруктуулугун текшерүү үчүн төмөнкү SO₄²⁻ концентрациялары колдонулган: 5,0, 10,0 жана 14,0 г/л, 5 күн бою. Сыналган бардык микроорганизмдердин ичинен бул токсикант *Acidiplasma* sp.ге эң күчтүү таасир эткен. 3-5 күн бою өстүрүлгөндө, күкүрт кошулмалары андан ары кычкылданууга дуушар болот жана бактериялык титр калыбына келет. Бирок, ассоциативдик культуралар бул процесстерде ийгиликтүүрөөк. Ошентип, 15,0 г/л күкүрт кислотасынын катышуусунда *A. ferrooxidans* эксперименттин 5 күнүндө монокультурада 102 клетка/мл топтогон, ал эми *Acidiplasma* sp. менен бирге 1010 клетка/мл топтогон. 3.2.2.1 жана 3.2.2.2 таблицаларында көрсөтүлгөн моно- жана аралаш дарылоодогу күкүрт кошулмаларынын ацидофилдик бактериялардын санына тийгизген таасирин талдап, күкүрт кислотасынын 5,0 г/л концентрациясы бул көрсөткүчкө дээрлик эч кандай таасир этпейт деген тыянак чыгарууга болот. Бирок, күкүрт кошулмаларынын курамынын андан ары көбөйүшү, айрыкча, процесстин алгачкы 24 саатында терс таасирин тийгизет.

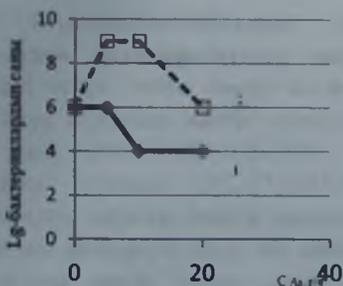
3.2.2.1-таблица – Күкүрт кошулмаларынын ацидофилдик бактериялардын монокультураларынын санына тийгизген таасири

Бактериялар	Байкоо жүргүзүүнүн узактыгы, (суткасы)	Lg – бактериялардын саны, кл/мл			
		Контроль	SO ₄ ²⁻ концентрациясы г/л,		
			5,0	10,0	15,0
<i>A. ferrooxidans</i> алгачкы титр 10 ⁶ кл/мл	1	4	4	0	0
	3	4	4	1	1
	5	10	10	10	2
<i>A. caldulus</i> алгачкы титр 10 ⁶ кл/мл	1	3	2	0	0
	3	4	8	5	2
	5	10	10	10	4
<i>Acidiplasma sp.</i> алгачкы титр 10 ⁶ кл/мл	1	3	2	1	1
	3	3	4	3	2
	5	10	10	10	6

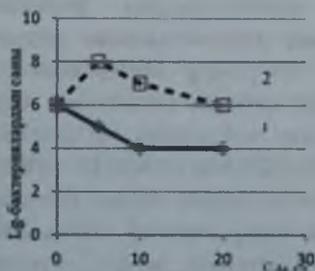
3.2.2.2-таблица – Күкүрт кошулмаларынын ацидофилдик бактериялардын ассоциативдик культураларынын санына тийгизген таасири

Ассоциациялар	Бактериялар	Байкоо жүргүзүүнүн узактыгы, (суткасы)	Lg - бактериялардын саны, кл/мл			
			Контроль	SO ₄ ²⁻ концентрациясы г/л,г/л		
				5,0	10,0	15,0
1	<i>A. ferrooxidans</i> алгачкы титр 10 ⁶ кл/мл	1	3	3	0	0
		3	5	6	5	1
		5	10	10	10	10
	<i>Acidiplasma sp.</i> алгачкы титр 10 ⁶ кл/мл	1	3	1	1	1
		3	3	5	1	1
		5	10	10	10	10
2	<i>A. caldulus</i> баштапкы титр 10 ⁶ кл/мл	1	7	3	0	0
		3	7	8	8	1
		5	10	10	10	9
	<i>Acidiplasma sp.</i> алгачкы титр 10 ⁶ кл/мл	1	6	6	0	0
		3	7	8	6	1
		5	10	10	10	9

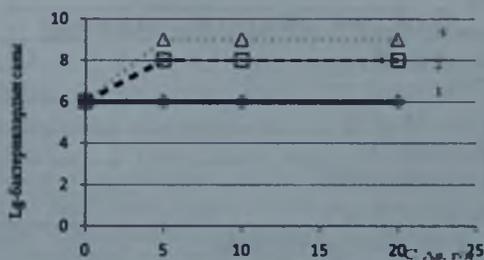
Моно жана аралаш культуралардагы бактериялардын санына мышьяктын таасири боюнча салыштырмалуу маалыматтар 3.2.3.1, 3.2.3.2 жана 3.2.3.3 сүрөттөрүндө көрсөтүлгөн.



3.2.3.1-сүрөт – Моно (1) жана ассоциативдик (2) культуралардагы *A. ferrooxidans* санына мышьяк кошулмасынын концентрациясынын таасири



3.2.3.2-сүрөт – Моно (1) жана ассоциативдик (2) культуралардагы *A. caldualans* санына мышьяк кошулмасынын концентрациясынын таасири



3.2.3.3-сүрөт - Монокультурада (1), №1 (2) жана № 2 (3) ассоциацияларында мышьяк кошулмасынын концентрациясынын *Acidiplasma sp.* санына тийгизген таасири.

Изилденген бардык культуралар ассоциациялык культураларда чоң ийгиликтерди көрсөтүштү. Андан тышкары, *Acidiplasma sp.* учурунда *A. caldualans* менен ассоциацияланганда жогорку натыйжалар байкалган. Аралаш культуралардын мышьякка туруктуулугунун жогорулашын бактериялар тарабынан өндүрүлгөн темирдин концентрациясынын жогорулашынан улам анын тезирээк детоксикацияланышы менен түшүндүрсө болот.

3.2.4 Руданын негизги алтын камтыган минералдарынын (арсенопирит, пирит) деградациялык активдүүлүгүн аныктоо. Биоселочдоо жана андан кийинки тиосульфатты сиңирүү учурундагы фазалык курамды салыштырмалуу изилдөө кенди теренирээк иштетүү үчүн байланышкан культураларды колдонуунун артыкчылыгын көрсөттү. Андан тышкары, ацидофильдик бактериялар менен иштетилген руда үлгүлөрүндө гидратталган ярозиттин болушу руданы андан ары иштетүүнү жеңилдетет, анткени ал руданы чөкмө темир кычкылдары менен булгабайт.

3.3 *Acidithiobacillus ferrooxidans* биошаймаланышынан кийин Большевик алтын-мышьяк рудасынын рентгенофазалык касиеттерин изилдөө. Үлгүлөрдү бактериялык-химиялык ыкма менен жууп тазалоодо, Большевик кенинин желденүүчү кыртышынан алтын камтыган рудалардын үлгүлөрүндө кездешкен галлюзит-10Å $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ жана иллит $\text{K}_{0.75}(\text{H}_3\text{O})_{0.25}\text{Al}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}((\text{H}_2\text{O})_{0.75}(\text{OH})_{0.25})_2$ сыяктуу минералдар биринчи жолу жарым сандык рентген фазалык анализ аркылуу ачылган. Руда материалы темир, кремний жана алюминийге бай экени жана анын минералдык түзүлүшү негизинен кварц, мусковит жана иллит менен көрсөтүлгөнү аныкталган (3.3.1-таблица).

3.3.1-таблица – *A. ferrooxidans* био-шаймаланышынан кийин Большевик алтын-мышьяк рудасынын рентгенофазалык курамы

Аты	Формуласы	S-Q
Quartz, syn	SiO_2	70,0
Hydronium Jarosite	$(\text{K}_{0.84}(\text{H}_3\text{O})_{0.16})\text{Fe}_{2.73}(\text{SO}_4)_2((\text{OH})_{5.19}(\text{H}_2\text{O})_{0.81})$	10,9
Pyrite, cuprian, syn	$(\text{Cu}_{0.4}\text{Fe}_{0.6})\text{S}_2$	4,2
Iron Titanium Oxide	FeTiO_3	3,2
Pyrite, arsenian	$\text{Fe}(\text{S}_{0.99}\text{As}_{0.01})_2$	3,1
Halloysite-10 anstrom	$(\text{OH})_8\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_3$	2,3
Muscovite-1M, syn	$\text{KA}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$	2,2
Chloritoid-M	$\text{FeAl}_2\text{SiO}_5(\text{OH})_2$	2,1
Illite	$\text{K}(\text{AlFe})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	2,1

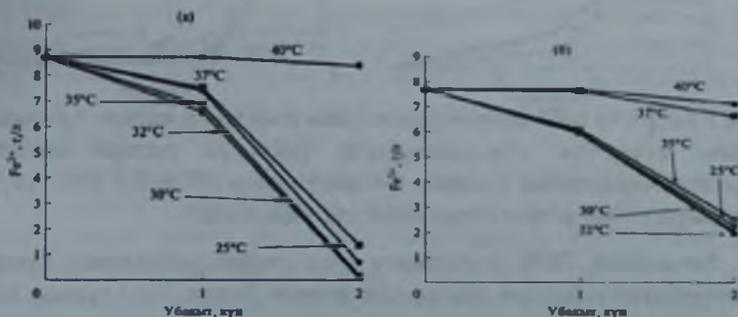
Рентген-фазалык анализде алтындын курамы кычкылданган рудаларда жетишерлик жогору, ал эми сульфиддүү рудаларда анын аздыгы, мурда жүргүзүлгөн анализдердин жыйынтыктарына дал келбегендиктен, анын рудаларда таралышынын бирдей эмес экенин көрсөтүп турат. Изилденүүчү руданын физикалык-механикалык касиеттерин изилдөөдө анын туруктуулугун күбөлөндүрүүчү касиеттер табылган. Бул "-0,044 мм" фракциясынын жогорку мазмуну, демек, ылай бөлүкчөлөрү, чыпкалоо коэффициенти төмөн.

3.4 *A. ferrooxidans* TFV жана TFBK бактерияларынын культурасына абиотикалык факторлордун тийгизген таасирин изилдөө

3.4.1 *A. ferrooxidans* TFV жана TFBK бактериялардын эки валенттүү темирдин кычкылдануусуна температуранын таасири. Температуранын *A. ferrooxidans* TFV жана TFBK штамдарынын физиологиялык активдүүлүгүнө тийгизген таасири эки валенттүү темирдин кычкылдануу ылдамдыгы менен бааланган. Тажрыйбаларды жүргүзүүдө ар бир штамдын болжол менен 107 клетка/мл медиага эмделди.

3.4.1.1-сүрөттө изилденген *A. ferrooxidans* бактериялык культураларынын темирдин кычкылдануусуна температуранын таасири көрсөтүлгөн. Алынган натыйжалар изилденген бактериялык культуралардын оптималдуу

температуралык диапазондоруна окшош экендигин көрсөттү. Эки культура үчүн тең темирдин эң жогорку кычкылдануу ылдамдыгы 30–32°C температурада байкалган. 25°C жана 35°C температурада кычкылдануу процесси бир аз гана жайыраак болгон. 40°C температурада кычкылдануу активдүүлүгү дээрлик жок болгон.

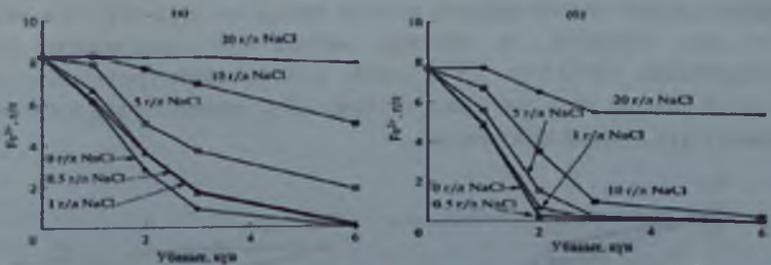


3.4.1.1- сүрөт – *A. ferrooxidans* штаммдарынын TFV жана TFBK бактериялык культуралары менен ар кандай температурада эки валенттүү темир иондорунун кычкылдануусу.

Эскертүү: а – TFV бактериялык культурасы менен кычкылдануу учурунда чөйрөдөгү эки валенттүү темир иондорунун концентрациясынын өзгөрүшүнүн динамикасы, б – TFBK бактериялык культурасы менен кычкылдануу учурунда чөйрөдөгү эки валенттүү темир иондорунун концентрациясынын өзгөрүшүнүн динамикасы.

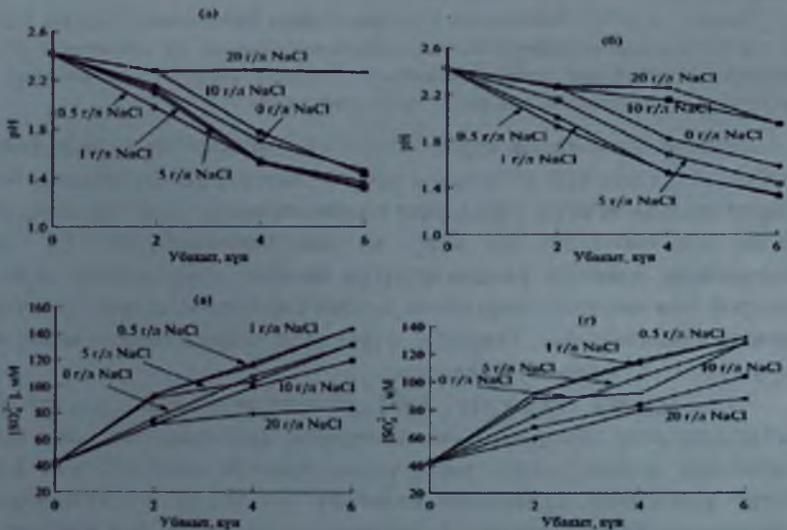
Алынган маалыматтар мурда белгиленген маалыматтарды тастыктайт, ага ылайык, *A. ferrooxidans* штаммдары өсүүнүн жогорку температуралык чегинде айырмаланышы мүмкүн: айрымдары термотолеранттуулукту көрсөтүп, 40°Cге жакын температурада өсө алат, ал эми башкалары 35–37°C жогору ысытылганда жашоого жөндөмдүүлүгүн жоготот. *A. ferrooxidans* облигаттуу автотроф болгондуктан, энергиянын жалгыз бир булагы катары эки валенттүү темирди пайдалана алат. Тажрыйба жүргүзүүдө чөйрөгө болжол менен ар бир штаммдын 10^7 кл/мл инокуляцияланды.

3.4.1.2-сүрөттө чөйрөдөгү NaCl концентрациясынын *A. ferrooxidans* бактерияларынын темирдин кычкылдануусуна тийгизген таасирин изилдеген изилдөөнүн жыйынтыктары көрсөтүлгөн. Алынган маалыматтарга ылайык, натрий хлоридинин курамынын көбөйүшү изилденген эки культурада тең кычкылдануу процесстеринин басаңдашына алып келет, бул алардын тузга сезгичтигин көрсөтөт.



3.4.1.2-сүрөттө NaCl концентрациясынын изилденип жаткан *A.ferrooxidans* штаммына күкүрттүн кычкылдануусуна тийгизген таасири көрсөтүлдү. Келтирилген маалыматтар жогорку концентрацияда (10,0-20,0 г/л) күкүрттүн кычкылдануусун эки штамм менен бирге ингибациялайт.

A. ferrooxidans TFBK культуранын үчүн натрий хлоридинин күкүрттүн кычкылдануусуна тийгизген таасири айкыныраак болгон. NaCl курамы 10,0 г/л болгондо, реакция ылдамдыгынын байкаларлык төмөндөшү байкалган: алты күндөн кийин 0,0 жана 5,0 г/л NaCl бар чөйрөдөгү сульфаттын концентрациясы болжол менен 130 мМ түзгөн, ал эми 10,0 г/л болгондо болжол менен 100 мМ түзгөн (3.4.1.3-сүрөт).



3.4.1.3-сүрөт. NaCl түрдүү концентрациясында элементтүү күкүрттүн *A.ferrooxidans* TFV жана TFBK менен кычкылдануусу

Эскертүү: а- TFV штаммы менен күкүрттүн кычкылдануу процессиндеги рН чөйрөнүн өзгөрүүсү; б- TFBK штаммы менен күкүрттүн кычкылдануу процессиндеги рН чөйрөнүн өзгөрүүсү; в- TFV штаммы менен күкүрттүн кычкылдануу процессиндеги сульфаттын чөйрөдө өзгөрүүсү; г- TFBK штаммы менен күкүрттүн кычкылдануу процессиндеги сульфаттын чөйрөдө өзгөрүүсү

Ошентип, күкүрттү штамм менен кычкылдандырууда эки валенттүү темирге караганда натрийдин хлориди менен азыраак өлчөмдө жүргүзүлөөрү аныкталды. Бул мурда алынган маалыматка, темирди хлорид менен *A.ferrooxidans* штамм менен кычкылдандыруу күкүрттү кычкылдандырууга караганда төмөнкү концентрацияда ишке ашаары тууралуу маалыматка дал келет. Жалпысынан, алынган маалыматтарда көрсөтүлгөндөй, изилденген штаммдар NaCl туруктуу келет, ага салыштырмалуу мурда изилденген түрдүн өкүлдөрү мисалы *A.ferrooxidans* DSM 14882^T 3,5 г/л NaCl ингибацияланган жана 7 г/л NaCl концентрацияда туруктуу бере алган эмес. Иште көрсөтүлгөндөй, *Acidithiobacillus* түрүндөгү штаммдар филогенетикалык жакындыгына карабастан ЭТЦ компоненттери боюнча айырмаланып турат.

Жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн жыйынтыгын талдоо жана аны башка изилдөөчүлөрдүн жыйынтыгы менен салыштырууда *A.ferrooxidans* түрүнүн кенири диапазондогу шартка туруктуулугун далилдей алды.

Микроорганизмдердин филогенетикалык абалы 16S рРНК генинин секвенирлөөсү менен аныкталган. Секвенирлөө Sanger ыкмасын колдонуу менен Eurogen компаниясынын менчик аспабында жүргүзүлдү. Алынган 16S рРНК генинин ырааттуулугунун баштапкы окшоштук анализи BLAST серверин колдонуу менен жүргүзүлдү. Изилденген бактериялар үчүн ырааттуулукту тегиздөө жана филогенетикалык даракты түзүү MEGA 6 программалык пакетин колдонуу менен жүргүзүлдү.

Үч бактериялык культураны аныктоо 16S рРНК генинин фрагментинин түз нуклеотиддик ырааттуулугун аныктоо, андан кийин эл аралык GeneBank маалымат базасына сакталган ырааттуулуктар менен нуклеотиддик идентификацияны аныктоо жана шилтеме бактериялык культуралардын нуклеотиддик ырааттуулугу менен филогенетикалык дарактарды түзүү аркылуу ишке ашырылды (3.4.1.4-сүрөт).



3.4.1.4-сүрөт. –16S rRNA генин ДНК фрагментинин амплификациясынын ПЧР продуктуларынын электрофореграммасы.

3.4.1.4 -сүрөттө көрсөтүлгөндөй бардык 12 үлгүдө молекулярдык массасы болжол менен 800 п.н. болгон спецификалык фрагменттер амплификацияланган. ПЧР продуктуларды байланышпаган праймерлерден тазалоо Exonuclease I (Fermentas) методун пайдалануу менен жана жегич фосфатазаны (Shrimp Alkaline Phosphatase, Fermentas) жүргүзүлдү.

3.4.2 *Acidithiobacillus ferrooxidans* ассоциациялык культуралардын демэкологиясы жана бактериялардан эффективдүү культураларды алуу жолдору. Изилденген бактериялык топтордун саны жана активдүүлүгү боюнча маалыматтарды талдоо менен, изилденген кендердеги негизги кычкылдандыруучу-калыбына келтирүүчү агенттердин активдүүлүгү төмөн деген тыянак чыгарууга болот. Ошондуктан, рентгендик фазалык анализдин маалыматтары рудаларда кычкылданган фазалар сейрек кездешерин көрсөтүп турат. Алтын камтыган негизги минералдар болгон пирит менен арсенипириттин ажыроосун күчөтүү үчүн, бул минералдарды ажыроодо хемолитотрофтук бактериялардын активдүүлүгүн жогорулатуу зарыл.

Изилденген кендерден алынган рудалардын кайра иштетүүгө жогорку туруктуулугун эске алуу менен, *Acidithiobacillus acidocaldarius* жана *Acidiplasma* sp. штамдарын камтыган аралаш культура иштелип чыккан. *Acidithiobacillus acidocaldarius* штаммы бир айдын ичинде азык чөйрөсүндөгү металлдын жогорку концентрациясына бир нече субкультуралар аркылуу ырааттуу түрдө ылайыкташтырылган. Ошентип, Казакстандагы бир катар кендерден бөлүнүп алынган ассоциативдик культураларды алуу ыкмасы иштелип чыккан жана эки валенттүү темирдин өсүү жана кычкылдануу ылдамдыгынын жогорулашы менен мүнөздөлгөн орточо термофилдүү *Acidithiobacillus ferrooxidans* жана *Acidiplasma* sp. туруктуу популяциясы алынган.

КОРУТУНДУ

1. Хемолитотрофтук *A. ferrooxidans* бактерияларынын пайда болуу жыштыгы 9K Silverman жана Lundgren чөйрөсүндө ырааттуу субкультуралоо учурунда аныкталган. Бардык бөлүнүп алынган 14 культура тазаланып, алардын саны 10^6 кл/млге, ал эми активдүүлүгү үч сутка ичинде 5,0–6,0 г/л Fe^{2+} денгээлине жеткени аныкталды. Темирдин жогору концентрациясына эки жума адаптациялангандан кийин бактериялардын саны 10^7 кл/млге, активдүүлүгү 7,0–9,0 г/л Fe^{2+} ге чейин өстү. Эң жогорку көрсөткүчтөр TFV жана TFBK культураларында байкалды.

2. Алтын камтыган кен орундарындагы микробеценоздордун сезондук динамикасы жана алардын температурага көз карандылыгы аныкталды. Температуранын жогорулашы Большевик кенинин рудасынан алтынды бөлүп алууда биохимиялык жана химиялык процесстерди олуттуу түрдө күчөтөрү көрсөтүлдү. Биохимиялык тиосульфаттык биошаймалоо үчүн оптималдуу температура 20–30 °C болуп, процесстин узактыгы 8–12 саатка чейин кыскартылат.

3. Чыгыш Казакстандын кен орундарынан бөлүнүп алынган ассоциативдүү культураларды алуу ыкмасы иштелип чыгып, өсүү ылдамдыгы жогору жана эки валенттүү темирди интенсивдүү кычкылдатуу касиетине ээ

болгон орточо термофилдүү *A. ferrooxidans* жана *Acidiplasma sp.* бактерияларынын туруктуу популяциясы алынды. *A. ferrooxidans* бактерияларынын концентрациясы 10^9 кл/млге жетип, баштапкы тирүү заттын көлөмүнөн 1000 эсе ашты.

4. *Acidiplasma sp.* бактерияларынын активдешүүсү сульфиддүү кендердин биоокисленүүсүндөгү негизги этап болуп саналары жана ал *Acidithiobacillus* тукумундагы бактериялардын активдешүүсү менен тыгыз байланышта экени аныкталды. Алтынды биохимиялык ыкма менен биошаймалоо үчүн оптималдуу технологиялык параметр катары майдалоо классы 0,074 мм болгон шартта пульпанын тыгыздыгы 33,3 % деп белгиленди.

5. 16S rRNA генинин фрагментинин түз нуклеотиддик ырааттуулугун аныктоо ыкмасы менен бактериялардын 3 культуранына молекулярдык-генетикалык идентификация жүргүзүлдү. Кен орундарынан бөлүнүп алынган хемолитотрофтук бактериялардын ассоциацияларын упордуу кенерди биошаймалоодо жана Чыгыш Казакстандын кендерин кайра иштетүүдө асыл металлдарды бөлүп алууда пайдалануунун жогорку перспективалуу экени аныкталды

ПРАКТИКАЛЫК СУНУШТАР

Алтын камтыган жана алтын-мышьяк рудаларын биошаймаланышынан алууда Чыгыш Казакстандагы кендерден (Риддер-Сокольное, Большевик) бөлүнүп алынган хемолитоавтотрофтук микроорганизмдердин жергиликтүү штаммдарын колдонуу сунушталат, анткени алар жергиликтүү геохимиялык шарттарга жогорку ыңгайлашууну жана рудалык денелердеги уулуу элементтерге туруктуулукту көрсөтөт.

Диссертациялык иштин натыйжалары «ДАНИ-НАС Экспорт» ЖЧКсында илимий-техникалык документация (нускоочу, жобо, технологиялык карталар), микробиологиялык жуурууну колдонуу боюнча өндүрүштүк регламенттер, тоокен өндүрүшүндө биотехнологияны колдонууда кадрлардын квалификациясын жогорулатуу түрүндө ишке ашырылган.

Диссертациянын материалдары Мирас университетинде "Микробиология жана вирусологиянын негиздери" курстары боюнча лекциялар учурунда окуу процессинде ишке ашырылган жана колдонулат.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН ТЕМАСЫ БОЮНЧА ЖАРЫЯЛАНГАН ЭМГЕКТЕРДИН ТИЗМЕСИ:

1. Percolation bioleaching the gold from ores of Kazakhstan [Tekst]/ A. A. Konyshbayeva*, A. T. Kanayev, M. S. Kurmanbeyeve, M. O. Bekebayeva, at all

- //Journal of Biotechnology. – 2016.- P. 231-239. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/305737614>
2. Бекебаева, М.О. Выявление наиболее оптимальной степени измельчения руды для эффективного извлечения золота микробиологическим методом [Текст] / М. О. Бекебаева, А. Канаев, К. Баймырзаев [и др.] // Вестн. Каз. нац. ун-та. Сер. экологическая. – 2017. – №2 (51). – С. 103-113. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bulletin-ecology.kaznu.kz/index.php/1-eco/article/view/771/715>
 3. Бекебаева, М.О. Эффективное использование микробиологического метода очистки экологической системы Казахстана [Текст] / М. О. Бекебаева, А. Канаев // Материалы I Междунар. науч.-практ. конф. «Агропромышленный комплекс и сельскохозяйственные науки», Шымкент, 17-18 нояб., 2017 г. – Шымкент, 2017. – С. 137-140.
 4. Бекебаева, М. О. Особенности химического состава руд месторождения Риддер-Сокольное [Текст] / М. О. Бекебаева, А. Т. Канаев // «Актуальные проблемы биотехнологии, экологии и физико-химической биологии» в рамках IV Международных Фарабиевских чтений, Алматы, 6-7 апр., 2017 г. – Алматы, 2017. – С. 111-113.
 5. Бекебаева, М. О. Микробиологическая оценка золотоносного месторождения Риддер-Сокольное [Текст] / М. О. Бекебаева // Труды Междунар. науч.-практ. конф. «Ауэзовские чтения – 16: «Четвертая промышленная революция: новые возможности модернизации Казахстана в области науки, образования и культуры». – Шымкент, 2018. – С. 186-189.
 6. Bekebayeva, M. O. Аккумуляция тяжелых металлов эндемичными растениями хребта Каратау [Текст] / М. О. Бекебаева, К. М. Баймырзаев, А. Т. Канаев [и др.] // Изв. Нац. АН Кырг.Респ. – 2018. – № 5. – С. 89-95.
 7. Bekebayeva, M. O. Assessment of the state of the dominant vegetation species of anthropogenic disturbed areas of the southern slope of the Karatau ridge [Текст] / Bekebayeva M. O., Kanaev A. T., Tokseyt D. E. // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2019. – № 1. – С. 38-43. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_38250476_18086984.pdf
 8. Бекебаева, М. О. Влияние антропогенных факторов на состав и структуру растительных сообществ [Текст] / М. О. Бекебаева, А. Т. Канаев // Вестник современных исследований. – Омск, 2019. – № 2/12 (29). – С. 7-13. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37126771>
 9. Бекебаева, М. О. Влияние оптимальных параметров температуры и размера частиц на процесс биовыщелачивания золота из золото-мышьяковистой руды месторождения «Большевик» [Текст] / М. О. Бекебаева, А. Т. Канаев, А. С.

Спабекова, К. М. Токпаев // Евразийское научное объединение. – М., 2021. – № 5-2 (75). – С. 71-75. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_46200537_68462045.pdf

10. Бекебаева, М. О. Определение численности микроорганизмов в золотоносных месторождениях Казахстана [Текст] / М. О. Бекебаева, А.Т. Канаев // Евразийское научное объединение. – М., 2021. – № 5-2 (75). – С. 76-77. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_46200538_31601540.pdf
11. Бекебаева, М. О. Изучение микробоценозов золотоносных месторождений Риддер-Сокольное и Большевик и повышение эффективности технологии выщелачивания руд микробиологическим методом [Текст] / Дженбаев Б. М., М. О. Бекебаева, А. Т. Канаев // The scientific heritage (Будапешт). – 2024. – № 133 (133) (2024) – С. 40-48. То же: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zenodo.org/records/10866563>

Бекебаева Мадина Омирхановнанын «Қазақстандын алтын кени бар аймактарынын микробоценоздору жана микробиологиялык ыкма менен кендерди эритүү аркылуу бөлүп алуу технологиясынын натыйжалуулугун жогорулатуу» деген темада 03.02.08 – экология жана 03.02.03 – микробиология адистигтери боюнча биология илимдеринин кандидаты илимий даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: Хемолитотрофтук микроорганизмдер, топтоочу культуралар, идентификация, ассоциативдик культуралар, биошаймалоо.

Изилдөөнүн объектилери: Казакстандын Риддер-Сокольное жана Большевик кендеринин рудалык тулкусунда кенири таралган хемолитотрофтук микроорганизмдердин жергиликтүү штамдары.

Изилдөөнүн предмети: Чыгыш Казакстандагы кендердин хемолитотрофтук микроорганизмдеринин аборигендик штамдарынын экологиялык өзгөчөлүктөрү.

Изилдөөнүн максаты: Чыгыш Казакстандын техногендик экосистемаларында микробоценоздордун түзүлүшү жана сандык динамикасына антропогендик факторлордун таасирин баалоо жана кендерди микробиологиялык ыкма менен биошаймалоо технологиясынын натыйжалуулугун жогорулатуу.

Изилдөөнүн ыкмалары: Жалпы кабыл алынган микробиологиялык жана экологиялык.

Изилдөөнүн натыйжасы жана жаңылыгы: биринчи жолу Казакстандын алтын-кен, техногендик аймактарындагы шахта сууларынын жана кендердин

микробоценоздорунун курамы жана саны жөнүндө маалыматтар алынды. Тиондук бактериялардын санынын мезгилдик жана техногендик өсүү баскычынан көз карандылыгы көрсөтүлгөн. Хемолитотрофтук бактерияларды пайдалануу аркылуу, жана андан кийинки тиосульфаттык эритүү үчүн тиондук бактериялардын жардамында алтынды бөлүп алуу процессин күчөтүүнүн шарттары аныкталды. Алтынды максималдуу ажыратып алууну камсыздоо үчүн кендерди тиондук бактерияларды пайдаланып, биологиялык эритип бөлүп алуунун оптималдуу шарттары аныкталды. Темир-кычкылдандыруучу бактериялардын өсүүсүнө жана өрчүүсүнө түрдүү концентрациядагы химиялык бирикмелердин таасири такталды. Алтын кармаган кендердин микробоценоздорун изилдөөнүн жана алтынды бактериалдык бөлүп алуу реакцияларынын кинетикалык параметрлеринин натыйжаларынын негизинде кендердин бактериалдык-химиялык табуу процесстеринин жүрүү механизмдери такталды.

Колдонууга сунуштар: алынган материалдар, хемолитотрофтук бактериялардын өндүрүштүк баалуу ассоциативдик культуралары Казахстандын аймактарында кендерди бөлүп алуу үчүн ийгиликтүү колдонуусу ыктымал.

Колдонуу тармагы: экология, биогеохимия, тоо-кен өнөр жайы.

РЕЗЮМЕ

диссертации Бекебаевой Мадины Омирхановны на тему: «Микробоценозы золотоносных месторождений Казахстана и повышение эффективности технологии выщелачивания руд микробиологическим методом» на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальностям 03.02.08 – экология и 03.02.03 – микробиология.

Ключевые слова: Хемолитотрофные микроорганизмы, накопительные культуры, идентификация, ассоциативные культуры, биовыщелачивание.

Объекты исследования: Аборигенные штаммы хемолитотрофных микроорганизмов, распространенные в рудном теле месторождении Казахстана: Риддер-Сокольное и Большевик.

Предмет исследования: Экологические особенности аборигенных штаммов хемолитотрофных микроорганизмов месторождений Восточного Казахстана.

Цель исследования: Оценка влияния антропогенных факторов на структуру и динамику численности микробоценозов в техногенных экосистемах Восточного Казахстана и повышение эффективности технологии выщелачивания руд микробиологическим методом.

Методы исследования: Общепринятые микробиологические и экологические.

Полученные результаты и их новизна: Впервые получены данные о численности и составе микробиоценозов руд и шахтных вод золотоносного, техногенного месторождений Казахстана. Показана зависимость численности тионовых бактерий от сезонных и техногенных стадий. Определены условия интенсификации процесса извлечения золота с использованием хемолитотрофных бактерий для последующего тиосульфатного выщелачивания с помощью тионовых бактерий. Определены оптимальные условия биовыщелачивания золотоносных руд с помощью тионовых бактерий, обеспечивающих максимальное извлечение золота. Установлено влияние различных концентраций химических соединений на рост и развитие железоокисляющих бактерий. Определены условия активизации процессов выщелачивания бедных золото-мышьяковых концентратов. На основе результатов исследования микробиоценоза золотосодержащих руд, кинетических параметров реакций бактериального извлечения золота из бедных, золотосодержащих руд установлен механизм протекания процессов бактериально-химического вскрытия руд.

Рекомендации по использованию: Полученные материалы, производственно-ценные ассоциативные культуры хемолитотрофных бактерий могут быть использованы для выщелачивания руды на месторождениях Казахстана.

Область применения: экология, биогеохимия, горнодобывающая промышленность,

SUMMARY

of the dissertation of Madina Bekebayeva Omirkhanovna on the «Microbiocenoses of gold-bearing deposits of Kazakhstan and increasing the efficiency of leaching technology of ores by microbiological method» for the degree of Candidate of Biological Sciences on specialty 03.02.08 – ecology and 03.02.03 – microbiology

Key words: chemolithotrophic microorganisms, accumulative cultures, identification, associative cultures, bioleaching.

Objects of the research: aboriginal strains of chemolithotrophic microorganisms, common in the ore body of the Kazakhstan deposit: Ridder-Sokolnoe, Bolshevik.

Subject of the research: ecological features of native strains of chemolithotrophic microorganisms in the deposit of East Kazakhstan.

Objective of the research: assessment of the influence of anthropogenic factors on the structure and dynamics of the number of microbiocenoses in man-made ecosystems of East Kazakhstan and improving the efficiency of ore leaching technology by microbiological method.

Methods of the research: conventional microbiological and environmental.

The results and novelty: for the first time, data were obtained on the number and composition of microbiocenoses of ores and mine waters of the gold-bearing, technogenic deposits of Kazakhstan. The dependence of the number of thionic bacteria on seasonal and technogenic stages is shown. The conditions for the intensification of the gold extraction process using chemolithotrophic bacteria for the subsequent thiosulfate leaching using thionic bacteria were determined. Optimal conditions for bioleaching of gold-bearing ores using thionic bacteria, ensuring maximum gold recovery, are determined. The influence of various concentrations of chemical compounds on the growth and development of iron-oxidizing bacteria has been established. The conditions for the activation of leaching processes of poor gold-arsenic concentrates are determined. Based on the results of the study of the microbiocenosis of gold-bearing ores, the kinetic parameters of the reactions of bacterial gold extraction from poor gold-bearing ores, the mechanism of the processes of bacterial-chemical opening of ores has been established.

Recommendation for implementation: obtained materials, production-valuable associative cultures of chemolithotrophic bacteria, which can be successfully used for leaching ore at the deposits of Kazakhstan.

Area of implementation: ecology, biogeochemistry, mining industry.





