

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті

ӘОЖ 606:550.7

Қолжазба құқығында

АХМЕТ АЙНАГҮЛ

**Оңтүстік Қазақстанның фосфорқұрамдас қалдықтарынан бағалы
компоненттерді биосілтсіздендірудің технологиясы**

6D070100 – Биотехнология

Философия докторы (PhD)
Дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Ғылыми кеңесшілері:
б.ғ.д., профессор Исаева А.У.
Радослав Панкиевич Dr.hab.,
профессор, Адам Мицкевич
университеті, Познань, Польша

Қазақстан Республикасы
Шымкент, 2023

МАЗМҰНЫ

АНЫҚТАМАЛАР	4
БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	5
НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	6
КІРІСПЕ	8
1 АНАЛИТИКАЛЫҚ ШОЛУ	13
1.1 Фосфор өндіруші және фосфор өңдеуші кәсіпорындардың экологиялық мәселелері	
1.2 Құрамында фосфоры бар қалдықтарды өңдеудің биотехнологиялық аспектілері	15
1.3 Техногенді және минералды шикізаттардан алынған металдарды биосілтісіздендіруде қолданылатын микроағзалар	17
1.3.1 Темір және күкірт тотықтырушы бактериялар	17
1.3.2 Биогeотехнологияда қолданылатын микромицеттер	21
1.3.3 Микроағзалардың альтернативті топтары	24
1.3.4 Биосілтісіздендіру технологиясы	26
2 ЗЕРТТЕУ НЫСАНЫ МЕН ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ	30
2.1. Зерттеу нысаны	
2.2 Зерттеу әдістері	
3 ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ МЕН ТАЛДАУЛАРЫ	40
3.1 Шымкент қаласындағы құрамында фосфоры бар қалдықтардың химия - минералогиялық сипаттамасы және биологиялық қасиеті	
3.1.1 Құрамында фосфоры бар қалдықтардың физико-химиялық және - минералогиялық сипаттамасы	41
3.1.2 Құрамында фосфоры бар қалдықтардың биологиялық қабілеттілігі	47
3.1.2.1 Құрамында фосфоры бар қалдықтардың тест-нысан ағзаларға уыттылығын бағалау	47
3.1.2.2. Құрамында фосфоры бар қалдықтардың мәдени өсімдіктерге әсерін зерттеу	56
3.2 Шымкент қаласында орналасқан құрамында фосфоры бар қалдықтардағы кен микроағзаларының таралу ерекшеліктері	61
3.3 Құрамында фосфоры бар қалдықтардан бағалы компоненттерді биосілтісіздендіру үшін перспективті микроағзаларды бөліп алу және сұрыптау	65
3.3.1 Автотрофты микроағзалар	66
3.3.1.1. Темір және күкірттің биогeохимиялық айналымының микроағзалары	66
3.3.2 Микромицеттердің морфологиялық сипаттамасы және идентификациясы	72
3.3.3 Азоттың биогeохимиялық айналымына қатысатын микроағзалар тобы	83
3.3.4 Гетеротрофты микроағзалардың морфoфизиологиялық сипаттамасы	89
4 Шымкент қаласындағы құрамында фосфоры бар қалдықтардан бағалы компоненттерді биосілтісіздендірудің технологиясын дайындау	93

4.1 Құрамында фосфоры бар қалдықтардан бағалы металдарды бөліп алуда моно-поликомпонентті микроағзалардың әсері	93
4.2 Құрамында фосфоры бар қалдықтардан бағалы компоненттерді биосілтісіздендірудің технологиясы	102
4.3 Шымкент қ. құрамында фосфоры қалдықтарды үйінділі биосілтісіздендіру технологиясының экономикалық тиімділігі	115
ҚОРЫТЫНДЫ	120
ӘДЕБИЕТТЕР	122
ҚОСЫМША А – Фосфор қалдықтары бойынша сынақталу актілері	138
ҚОСЫМША Б – <i>Chlorella. vulgaris</i> балдырының құрамында фосфоры бар қалдықтардың 10,0±0,9 % концентрациясында өсу динамикасы	140
ҚОСЫМША В – Құрамында фосфоры қалдықтардан бөліп алған микроағзалар колониялары	141
ҚОСЫМША Г – Құрамында фосфоры бар қалдықтарды химиялық талдау нәтижелері	145
ҚОСЫМША Д – Шымкент қ. құрамында фосфоры бар қалдықтардан металдарды бөліп алудың үш сатылы биосілтісіздендіру технологиясының сызбасы	147

АНЫҚТАМАЛАР МЕН ТҮСІНДІРМЕЛЕР

Батпақезуші (глиномьялка) –пластикалық күйдегі біртекті емес саз массаларын араластырып, гомогенизациялауға арналған жабдық.

Жүк көлігі (Самосвал) – өздігінен жүк түсіргіші бар жүк көлік, жүкті түсіру үшін тіркемесі өздігінен ашылып немесе жартылай тіркемесі механикалық иіліп жүк түсіретін көлік.

Конвейер – сусымалы, кесекті немесе жекелей жүктерді араластырып, үздіксіз тасымалдауға арналған жабдық немесе тасымалдаушы құрал.

Түйіршіктеу (Окомкование) – ылғалды майда ұсақталған материалдарды сфера пішінде түйіршіктерге келтіріп бөлшектеу үрдісі.

Шлак (қож) – метал өндірісінде бағалы компоненттерді тазартып алғаннан кейін қалған қалдық немесе жанама қалдық.

Шлам – ұнтақ тәрізді өнім, металдардың электролизі кезінде тұнба ретінде түзілетін құрамында бағалы металдары бар қалдық.

Штабел – қалдықтарды біркелкі қатарға орналастырып, дестелеп, кесілген пирамида тәріздес пішінде жинақтау.

Цементация – қосымша химиялық әсерді қолдана отырып, металдарды термиялық өңдеудің бір түрі.

БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

т	тонна
мл	Миллилитр , 10^{-3} л
мг	Миллиграмм, 10^{-3} г
мкм	Микрометр, 10^{-6} метра
г	грамм
кг	килограм
Кл/мл	1 мл клеткалар (жасушалар) саны
Кл/г	1 гр клеткалар (жасушалар) саны
Мг\л	Миллиграмм\литр
ppb	10^{-9}
КТБ/г	Колония түзуші бірліктер\г
МЕСТ	Мемлекеттік стандарт
ПТР	Полимеразды тізбекті реакция
pH	Ерітіндінің қышқылдылығы
ДНҚ	Дезоксирибоза нуклеин қышқылы
ЕПА	Ет пептонды агар
ЕПС	Ет пептонды сорпа
Т:С	Тығыздықтың сұйықтыққа қатынасы
°С	Цельсий бойынша температура
%	Пайыздық көрсеткіш
ҚФБҚ	Құрамында фосфоры бар қалдық
ҚФБШм	Құрамында фосфоры бар шлам
ҚФБШк	Құрамында фосфоры бар шлак
ANAT	<i>Aspergillus niger</i> ASIA және <i>Aspergillus tubingensis</i> ASPN штамдарынан құралған биоконсорциум;
NEMfos	Нитрифицирлеуші бактериялардың <i>Nitrosomonas europaeae</i> Nit1, <i>Methyloversatilis thermotolerans</i> MSO штамдарынан тұратын консорциум;
ТИАІ	Тион бактерияларының <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> ThIO1; <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> ThIO2 штамдары биомассасынан құралған консорциум;
СКЖЭ	Сирек кездесетін жер элементтер
СЕ	Сілтісіздендіретін ерітінді
ӨЕ	Өнімді ерітінді
ШРК	Шектік рұқсат етілген концентрация
ТЭН	Техникалық-экономикалық негіздемесі
ЖШС	Жауапкершілігі шектеулі серіктестік
АҚ	Акционерлік қоғам
қ	Қала
ж	жыл
АЕК	Айлық есептік көрсеткіш

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

- СМК ЮКУ П 7. 37-2022 Положение о докторской диссертации
- МЕСТ 7.1-2003- СИБИД,. Библиографиялық жазба. Библиографиялық сипаттама. Құрастырудың ережесі мен жалпы талаптары.
- МЕСТ 7.32-2017 - Ғылыми-зерттеу жұмысы туралы есеп. Рәсімдеудің құрылымы мен ережелері.
- МЕСТ 14180-80- Сынамаларды іріктеу және дайындау әдістері, химиялық талдау және ылғалды анықтау.
- МЕСТ 3885-73- Реактивтер мен ерекше таза заттар. Қабылдау, сынауықтарда таңдау, мөлшерлеу, қораптау, тасымалдау мен сақтау.
- МЕСТ 12.1.004-91- Еңбек қауіпсіздігіне арналған стандарттар жүйесі. Өрттен сақтану қауіпсіздігі. Жалпы талаптар.
- МЕСТ 12.1.005-88 - Еңбек қауіпсіздігі стандарттарының жүйесі. Жұмыс аймағындағы ауаға қойылатын жалпы санитарлық-гигиеналық талаптар.
- МЕСТ 12.1.008–76- Еңбек қауіпсіздігі стандарттарының жүйесі. Биологиялық қауіпсіздік. Жалпы талаптар.
- МЕСТ 12.4.011-89- Еңбек қауіпсіздігі стандарттарының жүйесі. Жұмысшыларды қорғау құралдары. Жалпы талаптар және жіктеу.
- МЕСТ Р ИСО 7523-2016. Күміс, мышьяк, висмут, кадмий, қорғасын, сурьма, селен, қалайы, теллур және таллийдің анықтамалары. Электротермиялық атомизациямен атомды сінірудің спектрометриялық әдісі.
- ТҚНҚ 16.1:2.2:2.3.36-02. Топырақтың сандық химиялық талдауы.
- МЕСТ 14.1:2:4.140-98 - Атомдық абсорбциялық спектроскопия: талдау объектілері, орындалған стандарттар
- СТ РК ИСО 17294-2-2006. Су сапасы. Индуктивті плазмалы байланысқан масс-спектрометрияны қолдану (ISP-MS). 2 бөлім: 62 элементті анықтау.
- МЕСТ Р 58605-2019- Апатит кендері-өндірілген нефелин. Техникалық шарттар.
- МЕСТ Р 57758-2017- Ресурстарды үнемдеу. Қалдықтарды өңдеу. Зертханалық сынамадан аналитикалық ілмектерді дайындау.
- МЕСТ 31942-2012 (ISO 19458:2006). Микробиологиялық талдаулар жүргізу үшін сынамалар алу.
- МЕСТ 29169-91- Зертханалық шыны ыдыстар. Бір белгісі бар пипетакалар.
- МЕСТ 29224-91- Зертханалық шыны ыдыс. Сұйықтыққа арналған шыны зертханалық термометрлер. Қондырғы принциптері, құрастыру және қолдану.
- МЕСТ 25336-82 -Зертханалық шыны ыдыстар мен жабдықтар. Түрлері, негізгі параметрлері және өлшемдері.
- МЕСТ Р ИСО 14937-2012. Стерильдеу агентінің сипаттамаларын айқындауға және медициналық бұйымдарды әзірлеуге, валидациялауға және стерильдеу процесін ағымдағы бақылауға қойылатын жалпы талаптар.
- МЕСТ 6709-72- Дистилденген су. Техникалық жағдайлар.
- МЕСТ 24104-2001- Зертханалық таразы. Жалпы техникалық талаптар.
- МЕСТ 9284-75- Микропрепараттарға арналған заттық шынылар.

МЕСТ 13739-78- Микроскопияға арналған иммерсиялық май. Техникалық талаптары. Зерттеу әдістері.

КІРІСПЕ

Жұмыстың жалпы сипаттамасы. Диссертациялық жұмыс бағалы металдар кешенін алу үшін қалдықтарды қайта өңдеу шарттарын өзгерту кезінде пайдаланылатын микроағзалардың бөлінген белсенді штамдарынан үш композицияны құрастыра отырып, олардың негізгі физика-химиялық және биологиялық сипаттамаларын нақтылау арқылы Оңтүстік Қазақстанның құрамында фосфор бар қалдықтарынан бағалы компоненттерді биосілтісіздендіру технологиясын әзірлеу бойынша орындалған.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Қазақстанның елеулі экологиялық мәселелердің бірі өнеркәсіптік және техногендік қалдықтардың көп көлемде жинақталуы болып табылады. Қазіргі уақытта мемлекет аумағында 31,6 млрд тоннаға (т) жуық өнеркәсіптік қалдықтар, оның ішінде Оңтүстік Қазақстанда 150,8 млн. т астам полиметалл, 2,8 млн. т қорғасын-мырыш және 500 000 т астам құрамында фосфоры бар қалдықтар жинақталған [1]. Урбанизацияның белсенді үрдістері техногендік қалдықтарды сақтау орындарының біртіндеп қала шегіне жетуіне әкелді [2]. Су-жел эрозиялық үрдістердің нәтижесінде техногендік қалдықтар қоршаған ортаға және халықтың денсаулығына қауіп төндіретін көздерге айналды. Оңтүстік өңіріне жүргізілген медициналық зерттеулерде Шымкент қаласындағы құрамында фосфор бар қалдықтардың әсерінен токсиканттарды сақтау аймағына жақын тұратын адамдардың денесінде ретикулоцитоз және гипохромды анемия көрсеткіштері жоғарылағаны анықталған [3, 4].

Өнеркәсіптік техногендік қалдықтарды жоюдың көптеген технологиялары белгілі, олардың ішінде биотехнологиялық әдістер ең перспективалы болып табылады. Қазіргі уақытта техногендік қалдықтарды қайта өңдеуде Қытай, Франция, Пәкістан, Оңтүстік Америка, Ресей, Испания және Қазақстанда [5] тау-кен өнеркәсібінде қолданылатын биосілтісіздендіру технологиясы кеңінен қолданылуда [6]. Оңтүстік Қазақстанда Шымкент қаласының аумағында орналасқан құрамында фосфор бар қалдықтарды биосілтісіздендіру қоршаған ортаға тигізетін экологиялық әсердің алдын алып қана қоймай, олардан қосымша құнды компоненттерді алуға мүмкіндік береді.

Зерттеу мақсаты: Оңтүстік Қазақстанның құрамында фосфор бар қалдықтардан бағалы компоненттерді биосілтісіздендіру технологиясын дайындау.

Зерттеу міндеттері:

1. Шымкент қаласындағы құрамында фосфоры бар қалдықтардың физико-химиялық және минералогиялық, биологиялық қасиеттерін зерттеу;
2. Шымкент қаласында орналасқан құрамында фосфоры бар қалдықтардағы микроағзалардың таралу ерекшеліктерін зерттеу;
3. Құрамында фосфоры бар қалдықтардан бағалы компоненттерді биосілтісіздендіру үшін перспективті микроағзалардың жаңа штамдарын бөліп алу және сұрыптау;
4. Шымкент қаласындағы құрамында фосфоры бар қалдықтардан бағалы компоненттерді биосілтісіздендіру технологиясын әзірлеу.

Зерттеу нысаны: Оңтүстік Қазақстандағы Шымкент қаласының аумағында жинақталған құрамында фосфоры бар техногендік қалдықтар.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы

- Шымкент қаласының аумағында жинақталған құрамында фосфор бар шлактар мен шламдардың минералогиялық құрамында: псевдоволластонит, куспидин, мелилит, акерманит, ранкинит, фторапатит, флюорит, силикокарнотит, кальцит, кварц, феррофосфор болып табылатыны нақтыланды. Субстраттың құрамында шлақтың $1,0 \pm 0,1$ % концентрациясы тест-нысан ағзаларға ынталандырушы әсер етеді, ал $10,0 \pm 0,9$ % концентрациясы тест-нысан ағзалар үшін өлімге әкеледі. Гидробионттардың сезімтал түрлері *Scenedesmus quadricauda*, *S. protuberans*, *Synedra ulna*, *Rotatoria sallidina*, *Aeolosoma sp.*, *Nematoda sp.*, *Gammarus lacustris*, *Daphnia magna* биоиндикация мақсатында пайдалануға болатын индикатор ағзалар болып табылды.

- Шымкент қаласында орналасқан құрамында фосфор бар қалдықтардың микробтық популяциясы микромицеттер үлесінің басым болуымен, гетеротрофты, азоттұтқыш, денитрификациялайтын, күкіртті тотықтыратын, нитрификациялайтын бактериялардан және актиномицеттерден тұратыны анықталды. Микроағзалардың ең көп саны 10^7 - 10^8 кл / г 10-30 см тереңдікте шоғырланғаны анықталды, бұл газ-ауа режимінің, ылғалдылықтың және биогендік элементтердің оңтайлы параметрлерінің болуымен түсіндіріледі.

- Құрамында фосфор бар қалдықтардан сұрыптық және скринингтік жұмыстар нәтижесінде биосілтідендіруге қолдануға перспективалы микроағзалардың жаңа штамдары бөлініп алынды және таксономиялық түрде *Aspergillus niger* ASIA, *A.tubingensis* ASPN, *A. terreus* JOM, *A. flavus* AsZ, *A. flavus* AsF, *Sulfobacillus thermosulfidooxidans* ST, *Galionella capsiferriiformans* TS, *Pseudomonas stutzeri* NJA, *Methyloversatilis thermotolerans* MSO, *Ralstonia pickettii* ASA, *R. pickettii* TS2, *Zoogloea resiniphila* NS1; *Acinetobacter sp.* NAO ретінде анықталған.

- Микроағзалардың жаңа штамдары негізінде қалдықтардан бағалы компоненттерді іріктеп алуға қабілетті микробтық консорциумдар жасалды: консорциум TIAI теміртотығатын бактериялардан *Acidithiobacillus ferrooxidans* ThIO1, *A. ferrooxidans* ThIO2 тұрады және Zn, Al, Mn, Rb металдарды бөліп шығарады; консорциум ANAT микромицеттер *Aspergillus niger* ASIA пен *A.tubingensis* ASPN құрастырылған және Cu, Ag, V, Ru, Mo, Ba, Zr иеталлдарды бөліп шығарады; консорциум NEMfos- нитрификаторлар *Nitrosomonas europaeae* Nit1 және *M. thermotolerans* MSO құрастырылған және Ce мен La бөліп шығарады.

- TIAI, ANAT және NEMfos микробтық консорциумдарын пайдалана отырып, Шымкент қаласындағы құрамында фосфоры бар қалдықтарды биосілтідендірудің үш сатылы технологиясы өнделді, олар қалдықтардың бастапқы физико-химиялық сипаттамаларына байланысты жеке немесе дәйекті түрде пайдаланып қалдықтардан $85,2 \pm 7,8\%$ дейін бағалы металдарды шығара алады.

Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар:

- Құрамында фосфор бар қалдықтардың минералогиялық құрамы псевдоволластонит, куспидин, мелилит, акерманит, ранкинит, фторапатит, флюорит, силикокарнотит, кальцит минералдардан тұратындығы нақтыланды.

- Құрамында фосфор бар қалдықтардың субстраттағы $1,0 \pm 0,1$ % концентрациясы тест-өсімдіктеріне ынталандырушы әсер етеді және морфометрикалық көрсеткіштерін $23,1 \pm 2,0$ % ұлғайтады, қалдықтар концентрациясының $10,0 \pm 0,9$ % дейін артуы барлық тест-нысан ағзаларға леталдық әсер етеді, құрамында фосфор бар шлам шлакқа қарағанда улы болып табылды.

- Құрамында фосфор бар қалдықтардың микрофлорасы $46,7$ % микромицеттерден, $40,8\%$ бактериялардан, оның ішінде: гетеротрофты, азоттұтқыш, нитрификациялайтын, денитрификациялайтын, күкіртті тотықтырғыш, бактериялар және $8,8\%$ актиномицеттерден тұрады.

- Биогeотeхнологиялық мақсаттары үшін перспективалы микроағзалардың 12 жаңа штаммы анықталды, олардың таксономиялық тиесілігі ПТР-талдау әдісімен айқындалды.

- Микроағзалардың жаңа штамдарының негізінде TIAI, ANAT, NEMfos консорциумдары дайындалды, оңтайлы өсіру жағдайында құрамында фосфор бар қалдықтардан бағалы компоненттерді іріктеп биосілтiсiздендiруге қабiлеттiлiгi жоғары болды.

- Микробтық консорциумдарды пайдалана отырып, құрамында фосфоры бар қалдықтарды биосілтiздендiрудiң өнделген үш сатылы технологиясын қолдану қалдықтардың бастапқы физика-химиялық сипаттамаларының вариациясына байланысты, олардан $85,2 \pm 7,8$ % дейін бағалы металдарды алуға ықпал етеді.

Зерттеу нәтижелерінің теориялық және практикалық маңыздылығы. Зерттеу нәтижелерінің теориялық маңыздылығы құрамында фосфор бар токсиканттарға тест-өсімдіктер мен гидробионт ағзалардың реакциясы туралы; қалдықтарды сақтау орындарында микроағзалардың таралу ерекшеліктері туралы; құрамында фосфор бар шлактар мен шламдардың микробтық популяциясының анықталған құрылымы; ПТР-талдау арқылы анықталған микроағзалардың оқшауланған және сипатталған жаңа штамдары және олардың таксономиялық сипаттамалары туралы мәліметтерден тұрады.

Зерттеу нәтижелерінің практикалық маңыздылығы биогeотeхнология үшін перспективалы микроағзалардың жаңа штамдарын алу болып табылады; әртүрлі техногендік немесе минералды қалдықтардан бағалы компоненттердің концентраттарын алу үшін жеке немесе бірлестіріп пайдалануға болатын TIAI, ANAT, NEMfos дайындалған микробтық консорциумдары; Қазақстан аумағында құрамында фосфоры бар әртүрлі қалдықтарды қайта өңдеу мақсатында пайдалану үшін үш сатылы биосілтiздендiрудiң технологиясы ұсынылуы болып табылады. Өнделген үш сатылы биологиялық сілтiсiздендiру технологиясының тиімділігі "Қайнар" ЖШС өндірістік кәсіпорнында (А Қосымшасы) сынақ актісімен расталды.

Диссертациялық жұмыстың негізділігі мен сенімділік дәрежесі. Ғылыми нәтижелердің сенімділігі мен дәлдігі қалдықтардың физика-химиялық және биологиялық сипаттамаларын бағалау үшін сыналған әдістерді қолдана отырып және үлкен көлемдегі сынамаларды пайдалана отырып анықталады. Алынған мәліметтердің нәтижелері ұқсас зерттеулердің нәтижелерімен салыстырмалы бағалау негізінде дәлелденді. Диссертациялық жұмыста ұсынылған нәтижелер кемінде үш рет қайталанған көпжылдық зерттеулер барысында алынды және статистикалық өңдеу әдістерін дисперсиялық және корреляциялық-регрессиялық талдауларды қолдана отырып статистикалық өңделді, мұнда эксперименттерді жүргізудің дәлдік деңгейі зерттелетін іріктеменің айтарлықтай ықтималдығы және алынған нәтижелердің сенімділігі анықталған. Сонымен қатар, зерттеу нәтижелері оларды графикалық деректер ретінде жобалау үшін Excel компьютерлік бағдарламасының көмегімен өңделді. Жоспарланған зерттеу жұмыстары мен биотехнологиялық тәжірибелерді орындау мақсатында арнайы сертификатталған әдістер, зертханалар мен ҚР стандарттары қолданылды. Зерттеу барысында пайдаланылған жабдықтар мен материалдар нормативтік-техникалық құжаттардың талаптарына сәйкес келеді.

Диссертация нәтижелерін апробациялау. Зерттеу жұмысының негізгі нәтижелері келесі халықаралық конференцияларда талқыланды: «Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации» (XXIII халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция. Пенза: қ., 2019 ж.), «Уезов оқулары-17: әлемдік кеңістіктегі ғылым мен руханилықтың жаңа импульстері» (Халықаралық ғылыми тәжірибелік конференция, Шымкент қ., 2019ж.), «Биоалуантүрлілік пен биотехнологияның өзекті мәселелері» (Халықаралық ғыл.-тәжір. конф., Нұр-сұлтан қ., 2019 ж.), «Научное сообщество студентов. Междисциплинарные исследования»: ХСІХ студенттердің халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясы (Новосибирск қ., 2020ж.).

Зерттеу тақырыбы бойынша жарияланымдар. Диссертацияның негізгі нәтижелері 13 баспа жұмыстарында ұсынылған, олардың ішінде, халықаралық Scopus мәліметтер базасына кіретін журналдарда 1 мақала, ҚР ҒЖБМ білім беру саласында бақылау бойынша Комитетімен ұсынылған басылымдарда 3 мақала, халықаралық конференциялар жинағында 7 мақала, 2 тезис жарыққа шықты.

Диссертанттың жеке үлесі. Автор әдеби деректерді іздестірді және талдады, өндірістік жағдайда зертханалық зерттеулер мен кеңейтілген сынақтар жүргізді, алынған алғашқы тәжірибелік деректерді статистикалық түрде өңдеді, диссертация тақырыбы бойынша жарияланымдар дайындады, диссертациялық жұмысты дайындап және рәсімдеді.

Жұмыстың ғылыми-зерттеу бағдарламалармен байланысы

Диссертациялық жұмыс қайталама шикізаттан өнім ала отырып, қалдықтарды қайта өңдеу секторын дамытуға бағытталған Қазақстан Республикасының ғылымын дамытудың басым бағытына сәйкес орындалды. Құрамында фосфор бар қалдықтардан сирек-жер элементтерін биосілтісіздендіру бойынша диссертациялық зерттеулер ҚР БҒМ № 1969/ГФ4 "Қазақстанның

оңтүстігіндегі полиметалл, фосфор бар және қорғасын-мырыш қалдықтарынан лантанды, церийді және неодимді биологиялық сілтісіздендірудің тәсілін әзірлеу" (2015-2018жж.) грантын және М. Әуезов атындағы ОҚУ «Экология және биотехнология» ҒЗИ "Ұтымды ресурс үнемдеуші технологиялар" ғылыми тақырыбы бойынша жүргізілді.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, аналитикалық шолудан, зерттеу нысандары мен әдістерін сипаттайтын тараудан, зерттеу нәтижелерін талдайтын тараудан; қорытындыдан, 5 қосымшадан, 212 ұсынылған пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Диссертация 147 беттен тұрады, 60 сурет пен 13 кестемен көркемделген.

1 АНАЛИТИКАЛЫҚ ШОЛУ

1.1 Фосфор өндіруші және фосфор өңдеуші кәсіпорындардың экологиялық мәселелері

Фосфатты кендердің қоры әлем бойынша 58 елде есепке алынады, оның ішінде ең негізгілері Америка, Марокко, Қытай, Ресей, Мексика, Қазақстан болып табылады. Фосфор өндірісінің нәтижесінде қатты, сұйық және газ тәрізді қалдықтар түзіледі. Фосфор шлактары $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{P}_2\text{O}_5$ жүйесін құрайтын күрделі поликомпонентті жүйе. Радиобелсенділік дәрежесі «Радиациялық қауіпсіздік нормалары» талаптарына сәйкес және радиациялық фактор бойынша шектеу жоқ, кез-келген құрылыс нысанында пайдалануға жарамды. Фосфорлы қалдықтар температураның құбылуынан, атмосфераның, қысымның және ылғалдың әсерінен біртіндеп майда шаң-тозаңдарға айналып, HF (фтор сутек) және PH_3 (фосфин) түрінде улы газдар бөледі. Қалдық құрамындағы фторидтер мен фосфиндер суда тез еріп, жерасты және жер үсті су көздерін ластайды. Ал Тараз қаласында (қ.) жер асты суларында фтордың мөлшері 8,2 -8,4 мг/л құраған, ол шектік рұқсат етілген концентрациядан (ШРК) 8 есе жоғары. Су құрамында 1-2 мг/л мөлшері адамдар мен үй жануарларының тістері мен сүйіктерінің флюорозын туындатады [7]. Америкалық зерттеулерде жалпы фосфордың 1/10 бөлігі ғана мал шаруашылығында азық ретінде қолданылатыны айтылған. Ауыл шаруашылық жұмыстарында фосфаттардың тек 3/10 бөлігі топырақта қалады да, қалған 6/10 бөлігі су көздеріне түседі. Жалпы фосфаттар құрамында кездесетін фосфор балдырлар дамуының негізгі белсенді элементі болып табылады, оның су қоймаларында мөлшерінің артуы эвтрофикация үрдісін туғызады, салдарынан су көздерінде биогенді элементтердің мөлшері артады. Антропогендік әсерден болған ретсіз эвтрофикациядан цианобактериялар көбейіп, олардан адам мен жануарлар ағзасына қауіпті токсиндер бөлінеді, салдарынан оттегі жетіспеушілігі туындап балықтар қырылады. Фосфаттар химия, металлургия, тамақ, балық өңдеу және жеңіл өнеркәсіп кәсіпорындарының қалдықтары мен ағын суларында болуы мүмкін. PO_4^{3-} жуғыш заттардың құрамында жұмсартқыш зат ретінде, ал тағам өнеркәсібінде қопсытқыш, E340, E451 консерванттары ретінде қолданылады. Тұрмыстық және өндірістік ағын суларды фосфаттардан тазартудың заманауи және тиімді әдістерін қолдану маңызды орын алады. Құрамында фтор мен фосфор қосылыстары бар тозаңдар көз, тыныс жолдарының ауруларын тудырады, жүрек-тамыр жеткіліксіздігіне ұшыратып, бүйрек, бауыр және асқазан қызметін зақымдайды. Фосфор адам ағзасында энергия алмасуы мен биохимиялық үрдістің негізгі көзі болғанымен, тіндер мен мүшелерде фосфордың артық жинақталуының жағымсыз әсерлері көп. Адам ағзасында фосфор сыртқа бүйрек арқылы шығарылады, ағзада артық бейорганикалық фосфаттың жинақталуы, созылмалы бүйрек ауруын тудыратын, минералды алмасудың бұзылысына әкеліп соқтырады. Бүйрек дисфункциясы ағзаны мезгілінен бұрын қартаю секілді өзгерістерге ұшыратады. Сонымен қатар, қан сарысуында фосфор мөлшерінің артық жинақталуы, жүрек- қан-тамыр, тамырлар мен клапандардың кальцификациясы, миокард гипертрофиясы сияқты аурулардың клиникалық белгілерінің пайда

болуымен байланысты. Кейбір фосфаттар, әсіресе органикалық заттар өте улы болып келетіндіктен, ағза PO_4^{3-} уланған кезде, әсіресе ауыз қуысына түссе тегіс бұлшықеттер мен бронхтардың құрысуы пайда болады, асқазан-ішек жолдары қызметінің нашарлауымен қатар, бездердің сөл бөлінісі күрт жоғарылайды. Қан қысымы мен импульсінің төмендеуінен перифериялық бұлшықеттер тырысады. Ересек адам үшін фосфаттың өлімге әкелетін дозасы дене салмағының әр килограммына (кг) шамамен 1 г құрайды [8].

Кен өндірісін пайдалану мен дамытудағы технологиялық прогресс экологиялық жағдайдың нашарлауына әкеліп соқтыратыны анық. Еліміздің кен өндірісінен туындаған экологиялық ахуал үлкен экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуді талап етеді. Ел Президенті Қ. Ж. Тоқаевтың «Сындарлы қоғамдық диалог - Қазақстанның тұрақтылығы мен өркендеуінің негізі» 2019 ж. Қазақстан халқына арнаған Жолдауында экологиялық мәселелерге, экологиялық саясатты жақсартуға арналған бағыттарға тоқталды [9]. Қазіргі кездегі әлемдік экологиялық ахуалдың нашарлауы ең өзекті мәселеге айналуына байланысты, 2021 ж. бастап Қазақстанның ірі кәсіпорындарының келтірілген зардаптарын жоюға міндеттейтін Экологиялық кодекс күшіне енді [10].

Қоршаған ортаның ластану мәселесі әсіресе ірі қалалар мен өнеркәсіптік агломерацияларға тән. Қазақстан территориясында 20 млрд.т өндірістік қалдықтар мен тұрмыстық қалдықтар жинақталған. Өнеркәсіптік қалдықтар, оның ішінде улы қалдықтар, осы уақытқа дейін тиісті экологиялық нормалар мен талаптарды сақтамай, әртүрлі жинақтағыш қоймаларда жиналып, сақталып келген. Соның салдарынан көптеген аймақтардың топырағы, жер асты және жер үсті сулары қатты ластануға ұшыраған. Тау-кен өнеркәсібінің дамуы қорашаған ортамен қатар, топырақ жамылғысын бұзады, Қазақстан Республикасында (ҚР) жер асты қазбаларының көпшілігі жер бетіне жақын орналасқандықтан (Екібастұз қоңыр көмірі, Жезқазған мыс кендері және т.б.) ашық әдіспен, карьерлік қазба жұмыстары арқылы алынады, өндірістің бұл түрі тиімді, арзан болғанымен, табиғи ландшафттың бұзылысына әкеледі [11].

ҚР Экология, геология және табиғи ресурстар министрлігінің 2019 ж. Ұлттық баяндамасындағы мәліметтер бойынша елімізде Ақтөбе облысы бойынша кен өндірісі қалдықтары 46 198,77 мың т, Атырау облысында қауіпті қалдықтар көлемі 469,085 мың т, ал Тараз қаласының аумағында 10 жыл ішінде «Қазфосфат» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінде (ЖШС) 11 млн т астам өндіріс қалдықтары (фосфогипс), жалпы Жамбыл облысы бойынша 2019 ж. «Қаратау» ЖШС филиалының өндіріс көлемінің ұлғаюына байланысты, фосфогипс түріндегі өнеркәсіптік қалдықтар 2019 ж. 13 318,6 мың т жеткен, 2018 ж. 10 822 мың т құраған. Сондай-ақ экологиялық ахуалы нашар аймақтардың бірі Қызылорда облысы бойынша өндірістік қалдықтар көлемі 116,0 мың т, ал Солтүстік Қазақстанда 1 400,0 мың т өнеркәсіптік қалдықтар түзілген екен. Түркістан облысында өндірістік қалдықтар Кентау қалалары және Созақ ауданының аумағында орналасқан тау-кен өндіріс орындарының қалдықтары тіркелген [2 285 - 457 б.]. Шымкент қаласы бойынша «Оңтүстік-Полиметалл» АҚ мен бұрынғы

Шымкент фосфор зауытының қалдықтары жиналған аймақтар экологиялық тұрғыдан қарағанда үлкен мәселе туындатып отыр [12].

Қазақстан фосфор қоры бойынша әлемде 4-ші орынға ие ел. Елімізде 4 млрд. т құрамында фосфоры бар кен қорлары бар, сонымен бірге 15 млрд. т құрамында фосфоры бар кен қоры бар деп болжанады. Қазақстанда сары фосфор өндірісімен айналысатын ЖШС "Казфосфат" 1999 ж. 27 қазанында құрылған, әлем бойынша сары фосфор өндірісімен айналысатын 4 ел бар, ол Америка Құрама Штаттары (АҚШ), Қытай Халық Республикасы (ҚХР), Нидерланды, Қазақстан. Елімізде фосфор өндірісінен қалған қалдықтар 535, 084 мың. т түйіршікті фосфор шлактары, 927, 032 мың т аршылған тау жыныстары жинақталған екен, оның ішінде фосфогипс, түйіршікті шлактар, шлам, феррофосфор, сульфидты мышьяк пен қорғасындар әртүрлі қажеттеліктерге қарай пайдаланылған. Жалпы фосфор тау-кен өндірісінде 142 307,16 мың. т қалдық, оның ішінде техногенді минералды түзілістер – 41 499,4 мың. т құрайды екен, 2015 ж. мәлімет бойынша «Казфосфат» ЖШС 1872 т «тарихи шлам қалдықтары» шығарылып, қайта өңделіп, одан 220 т сары фосфор қосымша жинақталады. Шымкент қорғасын зауытының улы өндіріс қалдықтары 2345,91 мың.т, бұрынғы Шымкент фосфор зауытының улы қоймаларда сақталған улы қалдықтар көлемі 2069,415мың.т құраса, ал 50 мың.т жуық түйіршікті шлам қалдықтары ашық аспан астында жинақталып жатыр [13].

Сонымен еліміздегі фосфор және басқа кен өндірісі қалдықтары ресурстарын қайта өңдеу саласындағы дәстүрлі технологиялардан басқа озық технологиялармен алмастыру экологияның жаңа стандарттарына қол жеткізуді қамтамасыз етеді. Кен және кен қалдығын қайта өңдеудің заманауи технологияларын жетілдіріп, барлық кен өндіру кәсіпорындарда тек экологияға зиянсыз өндіріс түрін енгізу қажет. Ең өзекті мәселелердің бірі –зиянды қалдықтардан пайдалы өнімдер алып, кәдеге жарату, залалсыздандыру. Зиянды қалдықтар көбінесе экологиялық нормалар мен талаптарға сәйкес сақталмайтын әртүрлі жинақтағыштарда жинақталып, сақталады, нәтижесінде көптеген аймақтардың жер асты және жер үсті сулары қарқынды ластануға шалдыққан.

1.2 Құрамында фосфоры бар қалдықтарды өңдеудің биотехнологиялық аспектілері

Әлем бойынша фосфор өндірісімен айналысатын елдер қатарында Индия, Бразилия, Германия, Бельгия, Пакистан, Турция, Франция және Қазақстан да бар. Фосфор қалдықтарының құрамында сирек кездесетін жер элементтердің (СКЖЭ) үлесі мол. Әлемдік нарықта СКЖЭ деген сұраныстың артуы, қазіргі заманғы өнеркәсіп үшін минералды, техногендік қалдықтарды игерудің, тау – кен өндірісінің күрт өсуіне әкелді. Осыған орай микроағзалар негізіндегі биотехнологиялық әдістерді меңгерудің маңызы жоғары, оған дәлел бола алатын зерттеулер ретінде фосфогипстердің құрамынан күкірттотықтырушы *Acidithiobacillus thiooxidans* бактериясының H_2SO_4 тотықтыра отырып, Nd -98 %, Се -60 %, La -58 %, Y – 62 % бөліп шығарған. Қоршаған ортада СКЖЭ құрамының артуы экожүйеге әсер етумен қатар, төмен сортты минералдар құрамынан СКЖЭ бөліп алуға мүмкіндік береді [14, 15]. Қазіргі таңда техногендік

қалдықтармен қатар, ауылшаруашылық қалдықтарын биосілтісіздендіру арқылы құрамынан металдарды бөліп алады, соның бірі Jin H. et al. [16] ауыл шаруашылық қалдықтарынан СКЖЭ бөліп алған. Фосфор өндірісінен қалған біріншілік және екіншілік қалдықтардан металдарды бөліп алуда, биосілтісіздендіру үрдісіне қатысатын микроағзалар ішінде *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Erwinia*, *Agrobacterium*, *Flavobacterium*, *Enterobacter*, *Micrococcus*, *Thiobacillus*, *Acetobacter*, *Clavibacter*, *Serratia* және *Streptomyces* бактериялары белсенді бола алады [17]. Фосфор қоры бойынша Қазақстан әлемде 4-ші орынға ие, еліміздің Оңтүстік өңірлерінде жатқан фосфор қалдықтарының құрамы СКЖЭ бай [18]. Тау-кен металлургиясында бактериалды технологиясын қолдану мен оның жүру үрдісін Г. И. Каравайко зерттеген [19]. Қазіргі таңдағы зерттеулерде заманауи әдістерді қолдана отырып, биосілтісіздендіру технологиясын моделдеу, одан әрі жетілдіру ұсынылады [20]. Xiufang Gao [21] әріптестерімен бірге биологиялық сілтісіздендіруде CiteSpace бағдарламасын қолдану арқылы зерттеу нүктелеріндегі микроағзалардың көрсеткіші мен басқа да нысандарды жоғары дәлдікпен анықтаудың мүмкіндіктерін көрсеткен. Reed D. et al. [22] фосфор қалдықтарынан металдарды сілтісіздендіруде қолданылған *G. oxydans* мен микромицеттер глюкоз қышқылы мен басқа да органикалық қышқылдарын өндіру арқылы металдарды бөліп шығаруы артатынын айтады. Фосфор және оның қосылыстарында *Halobacterium salinarium*, *H. distributum*, *Brevibacterium*, *Acetobacter xylinum* микроағзалары мен басқа да микроағзалар тіршілік етуге бейім келген [23]. Сульфидты кен құрамында ацидофилды және мезофилды бактериялардың аралас түрлерін құрайтын *A. ferrooxidans*, *A. thiooxidans*, *A. caldus*, *Leptospirillum ferrooxidans*, *Sulfobacillus thermotolerans* микроағзалар тобы кездесетіні белгілі. Тыңайтқыш ретінде өндірілген фосфор шикізаттарынан апатит концентраттары СКЖЭ негізгі көзі, оларды бөліп алуда гетеротрофты микроағзалар тобы пайдаланылған [24 - 26].

Фосфор өндірісінің қалдықтарынан СКЖЭ бөліп алуда *A. ferrooxidans*, *A. thiooxidans*, *A. caldus*, *L. ferrooxidans* бактерияларынан басқа кейбір фосфат қышқылды бактериялардың *Enterobacter*, *Erwinia*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Clavibacter*, *Thiobacillus*, *Agrobacterium*, *Acetobacter*, *Burkholderia*, *Serratia*, *Flavobacterium*, *Streptomyces* сияқты бактериялар тобы кейбір минералдарды ыдыратып, метал бөлініп шығуына әсерін тигізеді [27 – 32]. СКЖЭ биосілтісіздендіру арқылы алуда электр және электр құрылғыларының қалдықтарынан да бөліп алуға болады [33, 34]. Makinen J. et. al. [35] зерттеу жұмыстарында фторapatитты кендердің құрамынан уранды 89 % дейін бөліп шығарған микроағзалар композициялары да қолданылған.

Минералды шикізат ресурстарын өңдеуде ішкі және сыртқы нарықтың сұранысын ескеріп, барлық кен өндіру кәсіпорындарында тек зиянсыз экологиялық өндіріс технологияларын енгізу қажет. Соңғы уақыттарда тау-кен саласында қалыптасқан экологиялық ахуал биотехнологияның қарқынды дамуына жол ашып, бірқатар өзекті мәселелерді шешуді талап етеді. Өйткені көптеген сыртқы ортада, ашық аспан астында жинақталған түрлі санаттағы техногендік, өндірістік қалдықтар қоршаған ортаға жан-жақты теріс әсер етіп, зардабын

тигізуде. Кез-келген санаттағы қалдықтарды экологиялық тұрғыдан қайта кәдеге жаратуда микроағзалар кешенін пайдаланудың маңызы жоғары және ол қалдықтар биотехнология үшін шикізат базасы болып табылады.

1.3. Техногенді және минералды шикізаттардан алынған металдарды биосілтісіздендіруде қолданылатын микроағзалар

1.3.1 Темір және күкірт биогеохимиялық айналымын тудыратын бактериялар

Тау-кен орындарында сульфидті минералдардың, күкірт пен темірдің тотығуында тионды бактериялар мен бірқатар термофильды микроағзалар кең таралған. Кен қалдықтарында немесе кенді үйінділерде ыдырату үрдістері H_2SO_4 немесе көп жағдайда *Thiobacillus ferrooxidans*, *T. thiooxidans*, *T. thioparus*, *L. ferrooxidans*, *S. thermosulfidooxidans* т.б. бактериялары арқылы жүзеге асырылады. Кен үйінділерінде қалыпты 20-30 °C немесе 2-15 °C төмен температуралы кен орындарында тионды бактериялар кездеседі. Кен қалдығын немесе минералды шикізаттардан металдарды бактериалды сілтісіздендіру арқылы ыдыратуда теміртотықтырушы, күкіртқышқылды бактериялар тобы кеңінен қолданылады, солардың ішінде ең маңызды туыс өкілдерінің бірі *Thiobacillus* туысы жатады. *Thiobacillus* туысының бактерияларын *Pseudomonadales* қатарына жатқызады, *T. ferrooxidans*, *T. thiooxidans*, *T. thioparus*, *T. acidophilus* (*T. organoparus*) деген өкілдері көп кездеседі. Туыс өкілдерінің морфологиялық пішіні жағынан біртекті, спора түзбейтін, грам теріс, жасуша пішіндері таяқша тәрізді, ұзындығы 1-3 мкм, диаметрі 0,5 - 0,8 мкм құрайтын организмдер тобы. Термофилды түрлерінен басқасы полярлы талшықтары арқылы қозғалғыш келеді. Тионды бактериялардың ішінде автотрофты, миксотрофты және литогетеротрофты түрлері де кездеседі. Олардың түрлік деңгейдегі таксономиясы физиологиялық белгілеріне қарай ажыратылды, бактериялардың органикалық заттарға, қышқылдылыққа және температураға қатынасына негізделген. Микроағзалардың көмегімен арсенопирит, пирит минералдары құрамынан биосілтісіздендіру арқылы Ag мен Au 90 % дейін бөліп алуға болады. Бактериялар қорғасын–мырыш кендерінің қалдықтары құрамынан Cu, Zn, Cd бөліп алада да жоғары белсенділік көрсетеді. Ал уранды жер асты және жер үсті сілтісіздендіруде *T. ferrooxidans* қолдану тиімді. Екіншілік минералдардан, мысалы халькозин, борнит құрамынан мыс, ваннадий, уранды сілтісіздендіруде *T. ferrooxidans* бактериясының темірді тотықтыру қызметі арқылы жүзеге асады. Кен қалдықтарын бактериалды сілтісіздендіру үрдісінде тек тионды, күкірт және сульфат тотықтырушы бактериялар тобымен шектелмейді [36]. *T. ferrooxidans*. бактериясы кен сулары мен кен қалдықтарынан оңай бөлінеді. Fe^{2+} темір қосылған тығыз және сұйық қоректік орталарда жақсы дақылданады. Жасуша пішіні таяқша тәрізді, спора түзбейді, қозғалғыш келеді. 1997 ж. бері *T. ferrooxidans* *Acidithiobacillus ferrooxidans* деп идентификацияланды, кен және кен қалдықтары құрамынан металдарды биосілтісіздендіру технологиясында кеңінен қолданылатын бактерия болып табылады және ол туралы қазіргі таңда көптеген зерттеулер кездеседі [37,

38]. *A. ferrooxidans* қышқылды ортада қарқынды жұмыс жасайды, Fe^{2+} , Cu^+ , Sn^{2+} , U^{4+} басқа метал иондарын 20- 40 °С температура аралығында, рН 1-5 ортасында тотықтыру қабілетіне ие. *A. ferrooxidans* бактериясының физиологиялық, биохимиялық ерекшеліктерін зерттегендер Камалов М.Р., Илялетдинов А.Н. еңбектерінен де көре аламыз [39, 40]. *A.ferrooxidans* металдарды сілтісіздендіруде СКЖМ мен ауыр, түсті металдарды бөліп шығару қабілеттері жоғары болатынымен сипатталады [41, 42]. Зерттелген бактериялардың ішінде *A. ferrooxidans* бактериялары Ni, Al, Mo, V, Cu, Zn және Cr металдарын сілтілеп және металдармен ластанған жерлерді қалыпқа келтірудегі маңыздылығы бар [43 - 45].

T. thiooxidans. Сульфидті және күкірт қышқылды кен орындарында жақсы таралған және оңай бөлінеді, орта рН 1,0-1,5 дейін түсіреді, ортада күкіртті тотықтыру қабілетін ортаның лайлану дәрежесіне қарай анықтайды. *T. thiooxidans* қарапайым күкіртті, тиосульфатты, сульфитті, тетратионатті, антимонитті және сфалеритті 5- 40 °С температура аралығында, рН 0,5-5,0 тотықтыру қабілетіне ие болатынын әдебиет көздерінде сипаттайды [46]. Қазіргі таңда *A. thiooxidans* деп идентификацияланады. Dante Trivisany et al. [47] *A. thiooxidans* бактериясына геномдық, филогенетикалық талдаулар жүргізіп, ауыр метал иондарына төзімділігін, минералдарға бактерия жасушаларының қосылуын, цистеин биосинтезіне қатысатын ақуыздарды кодтайтын гендерін бөліп, секвенирлеу жүргізген.

Жалпы кен өндірісінің микробтық технологиясында микроағзалар ассоциациясын пайдалану тиімді. Автотрофты жағдайда бактериялардың монокультурасына қарағанда синтрофты бактериялардың ассоциациясы сульфидты минералдарды қарқынды тотықтырады, оларды *L. ferrooxidans*, *A. ferrooxidans*, *A. acidophilus*, *A.thiooxidans*, *S. thermosulfidooxidans*, *B. lacticogenes* құрайды. Рогатых С.В. Шануч мыс кен орындарында *A. thiooxidans*, *A. ferrooxidans*, *A. caldus*, *A. ferrivorans*, *A. disulfidooxidans*, *S. acidophilus*, *S. thermosulfidooxidans*, *F.acidiphilum*, *F. acidarmanus*, *F. cupricumulans* микроағзалары таралғанын көрсетіп, ол микроағзалардың жекелеген тобына ПТР талдауы арқылы биосілтісіздендіруге қатысатын микроағзалар қауымдастығының белсенді жұмысының тиімділігін анықтайды [48, 49].

Тион бактерияларының тағы көп таралған өкілдерінің бірі – *A.thioparus*. Бұл бактерияларды алғашқылардың бірі болып зерттеген Соколова Г.А., ол 1902 жылы Натансон Неополит шығанағының тұнбасынан минералды ортада дами алатын бактерияларды бөліп алады да, *A. thioparus* морфологиялық және физиологиялық ерекшеліктерін зерттеуде әртүрлі зерттеушілер қарама-қайшы нәтижелер алды. *A. thioparus* орта рН бейтарап және әлсіз сілтілі орталарында тіршілік ете алатын микроағзаларға жатады, әсіресе жұмыс істеу қарқындығына орта рН 5-9,8±0,9 аралығы оңтайлы әсер етеді. Күкіртті, тиосульфатты, полиатионатты және бірқатар сульфидты минералдарды тотықтыруға қабілетті келеді.

T. acidophilus (T. organoparus) – кен құрамынан алғашқы рет Г.Е. Маркосян (1976) бөліп алып *T. organoparus* деп атап, сипаттаған. Ал Гуэй мен Сильвер *T.*

ferrooxidans бактериясының музейлі дақылдарынан бөліп алады да *T. acidophilus* бактериясы ретінде сипаттайды. *T. acidophilus* бактериясы тиобацилл туысының жаңа түрі ретінде идентификацияланады. Морфологиялық сипаттары: колониялары глюкоза қосылған қатты қоректік орталарда пішіні домалақ, крем түсті, диаметрі 1-2 мм дейін, майда колонияларының өсетіні туралы сипатталады.

T. intermedius миксотрофты тион бактерияларына жатады. Ол тиосульфат, күкіртсутек және күкірттен өзге кейбір органикалық қосылыстарды да тотықтыру қабілетіне ие.

T. novellus бактериялары толықтай гетеротрофты алмаса алады. *T. perometabolis* бактериялары автотрофты өсуге қабілетсіз келеді, температурасы 50-55 °С, рН-1,5-2,2 деңгейін құрайтын орталарда жұмыс істеуге қабілетті деп сипатталады [50- 52].

Қазіргі зерттеулерді зерделей келе, *Thiobacillus* туысы өкілдерін жекелей емес, кешенді түрде бір кен орындарынан бөліп алып, қауымдасқан бір туысқа жататын микроағзаларды метал бөліп алуда пайланудың тиімділігі туралы ғылыми зерттеулер кездесетіні белгілі. Сондай жұмыстардың бірін Хайнасова Т.С. [53] алғаш рет Шануч мыс-никель кен орнының кешенді минералды-микробиологиялық зерттеулерінде ацидофильді микроағзалардың ассоциацияларын бөліп алып, микроағзалар қауымдастығының тотығу-тотықсыздандыру динамикасын зерттеді. Сонымен бірге Д.В.Четверикова зерттеулерінде алғаш рет *A. ferrooxidans* пен *Ferroplasma sp.* дақылдарының көмегімен перколяциянды қондырғыларда мысты-мырыш кен қалдықтарынан мырыш пен мысты алудың биологиялық технологиясын ұсынып, бактериялардың мырыш, мыс, никель, кобальт және марганец иондарына жоғары төзімділікке ие болатындығы айтылады [54, 55].

Leptospirillum туысы. Жасуша пішіндері вибрион, спирал пішінді, псевдокок түрінде болады. Спора түзбейді, Fe^{2+} қосылған силикагел қосылған орталарда майда, темір түске боялған тәрізді колониялар түзеді. Аэробтар. Сульфидты кен орындарында кең таралған. Туыстың бір ғана өкілі белгілі *Leptospirillum ferrooxidans*.

Fe^{2+} , S^0 және сульфидті минералдарды рН 1,7-3,5 жағдайында, 60 °С температурада қышқылдайтын прокариотты микроағзалар қатарына *Sulfobacillus* туысының өкілдері де жатады. Олардың жасушалары таяқша пішінді, ұштары үшкір немесе домалақ келеді, қозғалмайды, грам оң, жұптасқан немесе қысқа тізбектер түрінде болады, жасуша пішіндері кокка пішінді, сына тәрізді, түйреуіш түрінде де болады. Туыстың негізгі өкілдерінің бірі *Sulfobacillus thermosulfidooxidans*, оның *S. thermosulfidooxidans subsp. thermotolerans*, *S. thermosulfidooxidans subsp. asporogenes* түршелері кездеседі. Бұлардан басқа Fe^{2+} , S мен сульфидты минералдарды қышқылдауға *Sulfolobus* және *Acidianus* архебактерия туыстарының өкілдері де қабілетті. Олардың жасуша пішіндері сфера тәрізді болып келеді, дұрыс емес пішінді, қозғалыссыз. Термофилды аэробтар, 70-75° С температурада, рН 2,0-3,0 орта жағдайында өсуге қабілетті. Факультативті автотрофтарға жатады. Кен құрамында кездесетін қышқылды жағдайда металдарды тотықтыруға қабілетті микроағзалардың тағы бір

туыстарының бірі *Sulfolobus* туысы. Туыс өкілдерінің колониялары тегіс, жылтыр, пигмент түзбейді. жасуша пішіндері сфера тәзді, псевдококкалар. Қозғалмайды, талшықтары болмайды, спора түзбейді. Грам теріс. Аэробты. рН 1,5-5 ортада тек күкіртті ғана тотықтыра алады. *Sulfolobus* туысының *S. acidocaldarius*, *S. solfataricus*, *S. brierley* деген өкілдері кездеседі [56, 57].

Металдарды биосілтісіздендіру үрдісінде тек тион бактериялары ғана емес, бұл үрдісте бірнеше микроағзалар кешенін пайдаланудың тиімділігі жоғары. Кешенді микроағзалар тобын пайдалануда түрлі деңгейдегі қалдықтардың құрамынан түсті металдарды биосілтісіздендіруде, тіпті көмір күлінен Al, Ni, Zn, Cu, Cd және Cr алу үшін *A. ferrooxidans* пайдаланумен қатар, *A. thiooxidans*, *L. ferrooxidans* және *Sulfolobus* spp. бактериялары металдарды бөліп алуда қолданылған [58- 62]. Jarno Mäkinen et. al. [63] *A. ferrooxidans*, *A. thiooxidans*, *A. caldus*, *L. ferrooxidans* және *S. thermotolerans* бактериялар штамдарының уран мен фосфор бөліп алуда белсенді жұмыстарын анықтайды, басқа да зерттеулерде *A. ferrooxidans* пен *A. thiooxidans* белсенділігін биосілтісіздендіру технологиясы арқылы дәлелденген. Сондай-ақ *S. thermosulfidooxidans*, *A. caldus*, *Acidiplasma* sp., *A. ferrivorans*, *L. ferriphilum* қолдану арқылы мыс пен мырыш 200 тәулікте сұйық ерітіндіде 53,9 % - 67,5 % артқан [64- 68], бактерияларды ыстық су көздерінен, Исландияның солтүстік-батысындағы Мивам өзені суларынан бөліп алынған. Бұлардың кейбір түрлері күкіртті 50 °С температурада тотықтыруға қабілетті келген. *Acidithiobacillus* spp. қышқыл шахталарда жиі кездеседі, олардың кендердегі күкірт пен темірді тотықтыруға және қышқыл ортаға бейімделу қабілеті жоғары және микробиологиялық тотығу үрдісінде ең белсенді микроағзалар тобына жатады [69–74]. Т.С Хайнасова [75] микроағзаларды иммобилиздеуде олардың тотықтыру қабілеттері артатынын, иммобилизацияланған микроағзаларды қолдану арқылы биосілтісіздендіру үрдісінде жоғары нәтижеге қол жеткізілетінін көрсеткен өз мақаласында, тасымалдағыштарға бекітілген микроағзалар жасушасы жоғары тығыздықта, ерітіндідегі бос биомассамен салыстырғанда Fe^{2+} Fe^{3+} тотықтыруы айтарлықтай жоғары жылдамдықта жүргенін айтады. Сондай-ақ биосілтісіздендіруді әртүрлі тәжірибелер нұсқасын қою арқылы моделдеудің де ерекшеліктерін көрсетіп, артықшылықтарын алға тартқан зерттеулер кездеседі [76]. Ацидофилді бактериялар тек кен құрамында ғана кездеспейді, олар теңіз сулары мен өзен-көлдерінің де микрофлоралық құрамын да байытады, мысалы теңіз суынан бөлініп алынған *A. thiooxidans* бактериясы былғары өндірісі қалдықтары құрамынан Cr бөліп алуда *Acidiphilium cryptum*, *S. acidophilus*, *Alicyclobacillus cycloheptanicus*, *Rhodotorula mucilaginosa* бактерияларымен салыстырғанда екі есе жоғары көрсеткіш берген [77, 78]. Сульфат тотықтырғыш, ацидофилды бактериялардың *L. ferriphilum*, *L. ferrooxidans*, *S. thermosulfidooxidans*, *A. ferrooxidans*, *A. thiooxidans* сирек жер элементтері мен бағалы, түсті металдарды минерализациялану үрдісіндегі рөлі мен маңызы туралы көптеген зерттеулерде зерттеліп келеді [79, 80]. Көбінесе кен орында кең таралған бұл микроағзалар өзен, көл, теңіз суларында скжм мен радиоактивті элементтерді бактериалды бөліп алуда да қолданылған [81- 84]. Мезофильді және ацидофильді бактериялар

мен архей микроағзалардың консорциумын қолдануда сульфидті минералдардан Co, Cu және басқа да бағалы металдарды биосілтiсiздендiруде, *A. ferrooxidans* және *A. thiooxidans* негiзiнде жасалған микробтық консорциумын қолданудан 13 күнде 91% кобальт, 57% мыс бөліп алған [85]. In situ жағдайында *S. thermosulfidooxidans* бактериясының әртүрлі рН режимінде, қышқылдылықты арттырған сайын атомдық күштің микроскопиясы арқылы бақылағанда бактериялар жасушасында стресстік жағдайлар туындайтыны байқалған, жасуша құрылымы, физиологиялық, биохимиялық ерекшеліктері зерттелген. Ацидофилды микроағзалардың биосілтiсiздендiрудегi маңызын көптеген шетелдiк зерттеулерде көрсетiлген [87 - 89]. Ал отандық ғалымдардан Канаев А.Т. биосілтiсiздендiру бойынша алтын, уран және т.б. кен орындарының микроағзаларын бөліп алып, олардың металдарды бөліп алудағы белсенділіктері мен қабілеттерін зерттеген және басқа да кен орындарының сипаттамасын да жасаған [90, 91]. Жаппар Н. К. және бірлескен авторлар еңбектерінде термофильді бактериалардың консорциумы негiзiнде жүргiзiлген зерттеулер бойынша инновациялық патент алып, биосілтiсiздендiру үдерiсiндегi микроағзалардың топтарын сипаттайды [92 -94]. Биосілтiсiздендiру саласында Исаева А.У. жетекшілігімен жүргiзiлген еңбектер де көптеген кен орындары мен кен қалдықтарының құрамын сілтiсiздендiру бойынша зерттеу нәтижелері өндiрiстiк мақсатта қолданылып келеді [95]. ҚазақАлтын және Қазақмыс бактериалды сілтiсiздендiруге өтуді жоспарлаған, «BioGeoТес» отандық компаниямен бірлескен жұмыстар атқаруды жоспарлағаны туралы мәлімет берген [96]. Ал осы металдарды биосілтiсiздендiру үрдісі арқылы бөліп алуда тек ацидофилды бактериялар ғана емес, сонымен қатар басқа да микроағзалардың топтары қосымша немесе бірлескен түрде қатысып отыратынын зерттеулер дәлелдеген [97, 98].

1.3.2 Биогeотeхнологияда қолданылатын микромицеттер

Микромицеттер табиғатта кеңінен тараған микроағзалар тобы. Қазіргі таңда оның 120-дан астам түрі белгілі, микромицеттердің морфологиялық–биохимиялық ерекшеліктері сипатталып, анықталған [99]. Кейбір силикатты және алюминий силикатты минералдардың ыдырауына микроағзалардың көптеген топтары қатысады, олардың арасында автотрофты (*Thiobacillus sp.*, *A. thioparus* және т. б.), гетеротрофты (*A. niger*, *Bacillus megaterium*, *B. musilaginosus*), топырақ микроағзаларының популяциясы, симбиотикалық қыналар және т. б. қатысады. Зең саңырауқұлақтары өндiрiстiк маңыздылығы жоғары ағзалар қатарына жатқызылады. Мысалы кен және кен қалдығы құрамынан металдарды, оның ішінде алтынның тұндырылып, жинақталуы бактериялармен қатар микромицеттердің көмегімен жүзеге асады. 200 °С температурада кептірілген *A. niger* биомассасы 40 г\л құрғанда алтын концентрациясы 4 тәулікте 100 % тұндырылған. Сорбициялық қабілеті жағынан зең саңырауқұлақтары белсендірілген көмірден, ион алмасушы шайырлардан 10-12 есе жоғары сіңіреді [100-103]. Металдарды сорбициялау қабілеттілігімен қатар металдарды ерітіндіге немесе қатты зат құрамында биосілтiсiздендiрiп бөліп шығаруда да микромицеттердің де қабілеті жоғары. *A. niger* Ach1 штаммы полиметалды кен

қалдықтары құрамынан Ti - 409,616 мкг/кг, Ag -18,697 мкг/кг; V - 29,768 мкг/кг бөліп шығарған [104].

Aspergillus туысының түрлерін биотехнологияда түрлі мақсаттарға пайдаланылатыны белгілі, соның ішінде кен өндірісі және кен қалдығын қайта өңдеуде микробиологиялық сілтісіздендіруде кеңінен пайдаланылып, тиімді нәтижелер беретіні туралы зерттеулер жеткілікті [105]. Шумилова Л. П. өз әріптесімен микромицеттерден әсіресе *Penicillium* минералдарды субстарттарды ерітіп, металдардың босап шығуында үлкен маңызды рол атқарғанын дәлелдеген [106]. Биотехнологияда микромицеттерді биосілтісіздендіру арқылы металдарды бөліп алуда кеңінен қолданылып келеді. M. Valix et al. [107] өз зерттеулерінде *A. niger* және *P. funiculosum* штамдарының көмегімен латеритті кендер құрамынан никельді 36 %, кобальт 54 % және темірді 76 % тікелей биосілтісіздендіру арқылы алса, Yang Qu қызыл балшықтардан металдарды бөліп алуда *A. niger* ерекшелігін көрсетеді [108], Oktay Bayat et al. [109] бор кен орындарынан зерттеуде колеманиттен бор қышқылын алу үшін химиялық және биологиялық сілтісіздендіру әдістерін салыстыра отырып, саңырауқұлақтардың ең оңтайлы параметрлері мен оңтайлы жағдайларын көрсетіп, t 25±2 °C, 21 тәулікте, инокуляттағы *A. niger* 3 × 10⁷ /КОЕ кл/л титрі, 12,95 г/л В₂О₃, 6,60 г/л Са және 0,087 г/л Mg бөліп алғанын көрсеткен. Ал Payam Rasoulnia et al *A. niger* ваннадий мен никелді күл қалдықтарынан биологиялық жолмен сілтісіздендіруде қолданып, шайқалтқыштарда арнайы колбаларда және арнайы биореакторларда ашыту үрдісін туындатып өсіру арқылы тәжірибелер қояды, нәтижесінде шайқалтқышта колбада өскен *A.niger* ваннадий мен никелді 97 % және 50 % бөліп шығарады, ал арнайы биореакторларда ашыту процесін жүргізу арқылы қойылған нұсқаларда 100 % V және 33 % Ni анықталған. Микромицеттердің органикалық қышқылды түзу үрдістері олардың белсенділігіне әсерін беретінін көрсеткен [110]. Түрлі үлгідегі ауыл шаруашылық қалдықтарды және құрамында сілтілі металдар, хлор, кремний және басқа да элементтер болатын энергетикалық дақылдарды қайта өңдеп, биосілтісіздендіру арқылы микромицеттер *Fusarium oxysporum* , *A. niger* және *Burkholderia fungorum* бактерияларын пайдалану арқылы сілтісіздендіруді жүргізген, нәтижесінде пайдаланылған үш микроағзалардың ішінде *A. niger* 48 сағат ішінде көптеген элементтерді 80% бөліп шығарып, ең тиімді деп танылған, биосілтісіздендіруде салыстырмалы түрде ыңғайлы болғаны айтылады. *A. niger* жағдайында K (85 %), Cl (90 %), Mg (60 %) және P (70 %) белсенді бөліп шығарған, Ning Zhanga et al. басқа бірлескен авторлар [111] көрсеткен жұмыстан микромицеттердің түрлі деңгейдегі қалдықтарды қайта өңдеуде пайдалануға жарамды екенін байқауға болады.

Pinzari, Flavia және оның әріптестері [112] көрсеткен жұмыста сілтісіздендіруден кейінгі электронды сканерлеу микроскопиясы арқылы саңырауқұлақтардың белсенділігін көрсетеді, саңырауқұлақтардың мицелийлерімен бірге кальций оксалатының ине тәрізді кристалдары түзіліп, конидиалды бастарында шырышты, тор түзілген. Қоданылған микромицеттер *Acremonium*, *Diploospora rosea* т.б. жіпшелі саңырауқұлақтардың штамдары пайданылғанын көрсеткен. Заманауи талаптарға сай қазіргі таңдағы

микробицеттердің көмегімен қалдықтарды биосілтісіздендіруде Falguni Patel мен Lakshmi өз зерттеулерінде электронды құрылғы қалдықтарынан биосілтісіздендіру арқылы тау-кен өндірісінің ағынды суларынан бөлініп алынған *A. fumigatus* A2DS штаммы арқылы 30 °C температурада мыс (Cu) 58,7 % пен никельдің 32 % (Ni) шығарған, ал 40 °C температурада (61,8 % Cu және 27,07 % Ni) жеткен, целлюлоза тығыздығы 0,5 % (62 % Cu және 42,37 % Ni) және 1 % инокуляттарда (58 % Cu және 32,29 % Ni) алынғанын зерттеу нәтижелерінде келтіреді. Рентгендік талдаулар арқылы құрамында мыс бар басқа қосылыстардың 9,4 % көрсетіп, микробицеттердің сілтісіздендірудегі қасиетін жоғары болатынын көрсетеді. *A. fumigatus* A2DS штамының металдарды сіңіру және адсорбциялау қабілетін жарық электронды микроскопы арқылы және сканерлеуші микроскопия арқылы энергодисперсиялық рентген сәулесі арқылы анықтаған [113]. Сонымен қатар биосілтісіздендіру үрдісінде *A. niger* 30 күнде Zn -100 %, Ni 80,39 %, Cu- 85,88 % сілтілендіріп, бөліп шығаруға қабілетті болған. Микробицеттердің металдарды сілтісіздендіру қабілетін 2 сатылы режимде бақылап, сұйық хроматография әдісі арқылы метал мөлшерін анықтаған, мобилді телефон, компьютер сияқты электронды қалдықтарды қайта өңдеуде қолданатыны туралы зерттеулер кездеседі [114 - 116]. *A. niger* микробицеттері арқылы қауіпті қалдықтар құрамына кіретін катализаторларды биосілтісіздендіруде қолданылғаны туралы да зерттеулер бар. Уыттылық сипатына қарай пайдаланылған катализаторлар құрамында нормативтік шектеулерден асатын ауыр металдар болатыны белгілі болған. Биологиялық жолмен сілтісіздендіруден кейін *A. niger* бағалы металдардың 24,94 % алюминий, 7,42 % кальций, 1,09 % темір, 3,51 % мыс, 4,87% күміс және 1,66 % платина бөліп шығаруға қабілетті болғанын көрсетті. Бұл зерттеулер микробицеттерді тек кен қалдықтары мен кен орындарын игеруде ғана емес, жалпы әртүрлі деңгейдегі қалдықтарды өңдеуде, қайта кәдеге жаратуға тиімді екенін байқатады [117].

Науменко А.Ф. өз зерттеу жұмысында кен орындарының жер асты қазбаларында жиі ұшырасатын микробицеттерін сараптайды, олар : *Acremonium butyri*, *Aspergillus versicolor* және *P.corylophilum*, *P. cyclopium*. *Acremonium charticola*, *A. fumigatus*, *Doratomyces stemonitis*, *P.commune*, *P.martensii* кездесетінін көрсеткен. Ал құрамы фосфорға бай апатитнефелин кендерінің құрамында *Acremonium roseo-griseum*, *P.decumbens*, *P. frequentans*, *P. islandicum*, сирек жер элементтеріне бай шахталарда *Mucor griseo-ochraceus*, *P.charlesii*, *P. commune*, *P. corylophilum*, *P. Cyclopiu* кездескенін зерттеулерінде сипаттайды. Кен орынының минералды құрамы мен табиғатына байланысты ажыратқан кен құрамының микробиологиялық көрсеткіші әртүрлі болатынын айтқан, сондай -ақ жер асты қазбаларға қарағанда шахталар мен шахталық суларда микроағзалардың түрлік құрамы бай болатынын айтылады [118].

Алтын кенішінде кездесетін микробицеттер *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Malassezia*, *Penicillium*, *P.canescens* кен орындарының субстратына орай олардың морфоструктуралық жүйесі, түрлік белгілері, белсенділігі, ауыр метал уыттарына төзімділігіне орай өзгерістерге ұшырайды [119 - 121].

Микромицеттер кен байлықтарын игеріп, құрамындағы бағалы компоненттерін алуда, әсіресе сирек жер металдардын үйінділі сілтісіздендіру арқылы алуда белсенділігі анықталған [122]. R. Mafi Gholami және басқа бірлескен авторлар ұжымы *A.niger* және *P. simplicissimum* Al, Co, Mo, Ni ауыр металдарды мұнай өнімдерінің қалдықтарынан қалған қауіпті катализаторларды қайта сілтісіздендіріп, индуктивті-байланысқан плазмооптикалық эмиссионды спектроскопиялық (ICP-OES) талдаулар көмегімен *A. niger* Ni 27 %, 66 % Al, 62 % Mo, 38 % Co мөлшерде бөлетіні, ал *P. simplicissimum* Al -32 %, Co – 67 %, Mo- 65 % және 38 % Ni бөліп шығарғанын көрсеткен [123, 124].

Laura Castro және басқа тең авторлар ұжымы фосфатты минералдардан *A. niger* арқылы сирек кездесетін жер элементтерін және *A. niger* саңырауқұлақтардың мыс пен СКЖЭ екіншілік минералдарын түзудегі ролін зерттеген [125], басқа да зерттеулер оған дәлел [126, 127]. *A. niger* өзіне оңтайлы параметрлерінде, алты сағатта 100 % мырыш пен күмісті сілтісіздендіру арқылы 60 °C 15 мл бөліп ала алады [131]. Ал Wang [128] *P.oxalicum* у2 штаммы фосфор қалдықтарынан P элементінің бөлініп шығуын белсендіріп, органикалық фосфорды минералдандыру қабілетіне ие екенін айтады, оны басқа ғалымдар зерттеулер нәтижесінде анықтаған [129, 130], мұндай зерттеулерден микромицеттердің кез келген метал иондарына төзімді екенін байқауға болады. Биосілтісіздендіру микромицеттерді қолдануда тиімді нәтижелерге қол жеткізгенін ғылыми мақалалар мен еңбектерден көруге де болады [132, 133].

Сонымен әдеби дереккөздер мен зерттеулерге сүйенсек, кендер мен кен қалдықтарын микроағзалар арқылы тотығу үрдісін қарқындату бағытындағы негізгі, басты үрдіс ол, микромицеттердің жаңа штамдарын бұрыннан белгілі бактериялармен біріктіру арқылы, сондай-ақ минералды және техногендік шикізатты өңдеуде кезінде микроағзаларды қолдану салаларын кеңейту болып анықталды.

1.3.3 Микроағзалардың альтернативті топтары

Биогеохимиялық үрдістерде тионды бактерияларынан басқа да микроағзалардың физиологиялық топтарының ассоциациясы қатысатынын зерттеу тәжірибелері көрсеткен. Ал Sanja Jeremic [134] және бірлескен авторлар темір мен күкіртті тотықтыратын хемолиавтотрофты ацидофилді бактериялардың рН мәні төмен, тау-кен жыныстарынан және шахталық қышқыл сулардан бөліп алып, гетеротрофты *Staphylococcus* және *Rhodococcus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Cupriavidus metallidurans* бактериялармен өзара әрекеттесуін талдайды.

Фосфаттардың, силикаттардың ыдыруына, саз минералдары мен тау жыныстарының бұзылысының үрдісіне қатысады. Марганецті микробиологиялық сілтісіздендіру, оның екі валентті күйге түсуімен байланысты болады, ал оның жүзеге асуы, мұхит пен теңіз суларынан жауын-шашын тұщы суларынан бөліп алған бактериялардың әртүрлі таксономиялық топтарының қатысуымен бірге жүзеге асады. Марганецті сілтісіздендіруге қатысатын бактерияларға *Bacillus subtilis*, *B. macerans*, *Bacillus spp.* *P. fluorescens* және т. б. жатады. Марганецтің тотықсыздануы ферментативті жолмен де, электронды донор ретінде глюкозаны

қолдана отырып, әртүрлі метаболиттердің (органикалық қышқылдар, пероксидтер) көмегімен де жүруі мүмкін. Ферментативті емес тотықсыздану кезінде марганецтің белсенді тотықсыздандырғыштары бактериялар мен саңырауқұлақтар шығаратын құмырсқа, қымыздық және лимон қышқылдары болып табылады.

Гетеротрофты микроағзалар, мицелиалды саңырауқұлақтар, ашытқылар т.б. микроағзалар техногенді қалдықтар мен тау-жыныстарындағы органикалық қышқылдарды, полисахаридтерді, басқа да метоболиттерді, минералдарды рН 2,0-9,0 орта жағдайында және 80-90 °С температурада да ыдыратуға қабілетті. Мысалы *B. mucilagenosus*, *B. megaterium* және басқа да микроағзалар қатары Si–O–Si байланысын түзу арқылы силикатты минералдарды ыдыратуға қабілетті. Силикаттар деструкциясында *A. niger*, *P. notatum* және басқа да микроағзалар белсенді. Олар энергия көзі ретінде органикалық заттарды қолданады. Табиғатта металдардың микробиологиялық трансформациясы органикалық қосылыстардың минерализациясы нәтижесінен туындайды және оларды биогенді заттарға айналуына әкеліп соқтырады. Металдардың тотықсыздануына көптеген микроағзалардың физиологиялық топтары қатыса алады, ашытқылардың *Debaryomyces hansenii* штамдары мысқа төзімді, күкіртсутекті өндіре алатын мыс редуктазасын туындатып, мыс сульфидінің қалыптасуына ықпал ете алады. Ал біржасушалы *Chlorella*, *Micrococcus sp.*, *Pichia guilliermondii* және теңіз бактериялары As тотықсыздандыра алатынын көрсеткен [135-137]. Отандық ғалым М.Р. Камаловтың зерттеулерінде қорғасын-мырышты кен орындарында нитрифицирлеуші *Nitrosomonas* және *Nitrobacter* туысының бактериялары, аммонификациялаушы бактериялар титрі, карьер суларында 10^6 кл./мл құраса, орталық құбар су сынамаларында 10^4 кл./мл, ал саз тәрізді топырақтарда 10^3 кл./г кездескен. *Nitrobacter* туысының өкілдері тек сулы ерітінділерде 10^2 кл./мл, ал қатты сынамаларда 10^3 кл./г құраған. Ал ЕПА ортасында өсетін аммонификациялаушы бактериялар тек 2 сынамада кездескен. Ал азотфиксирлеуші бактериялар таралу титрі 7×10^4 кл./мл мен $3,2 \times 10^6$ кл./г құраған. Егер тау жыныстарының құрамында аммоний кездессе, азотофикация және аммонификация үрдістерінде қосымша түзіледі де, нитрифицирлеуші бактериялар аммонийды азот қышқылына дейін тотықтырып, тотығу үрдістерін жылдамдатады. Нитрифицирлеуші бактериялар сульфидті минералдармен әрекеттесуі жағдайында микроағзалар түзетін азот қышқылы азоттың молекулалық оттегін белсендіру арқылы сульфидтерді қарқынды тотықтырады. Егер нитрификациялаушы бактериялар кеннің негізгі жыныстарымен байланыста болса, онда бейтараптандыру реакциясы жүреді де металл нитриттерінің еритін тұздары түзіледі. Алайда, бұл нитрит қосылыстары кен орнының қышқыл аймағына еніп, тотығу үрдістерін жеделдете түседі [40 47- 49 б.]. Көптеген кен орындарында әртүрлі элементтерді концентрациялайтын және сілтісіздендіретін қабілетке ие нитрифицирлеуші микроағзалардың да бактериалды сілтісіздендіру үрдісінде маңызы үлкен. Маохіа С.Н. et al. [138] және бірлескен авторлар ұжымы нитрифицирлеуші бактерияларды әртүрлі факторлардың әсерінде, төменгі температурада бактериялардың мінез-құлқындағы өзгерістерді, белсенділігін,

басқа да факторларға сезімталдығын бақылаған. Төмен температура жағдайында нитрификаторлардың нитрификация үрдісін туындату жағдайларын анықтап, метаболитті белсенділіктерін зерттеп көрген. Кен құрамындағы микроағзалар ассоциациясының белсенді функциясы туралы басқа да зерттеулер дәлелдер келтіре алады [139-141].

Кен құрамында микроағзалардың ассоциациясында альтернативті микроағзалардың тобында нитрификаторлар, денитрификаторлар тобымен қатар азоттұтқыш бактериялар да қатар кездеседі. Мысалы, 1882 ж. француз ғалымы Жоден қоршаған ортаның азотпен байытылуы табиғатта еркін тіршілік ететін микроағзалар арқылы іске асатынын зерттеген. Ал 1885 ж. М. Бертле оны өз тәжірибесінің нәтижелері арқылы растаған. 1901 ж. алғаш рет *Azotobacter* жеке күйінде бөлініп алынған, микроағзалардың биогеохимиялық үрдістердегі белсенділіктері мен үрдістерге қатысу механизмін түсіндірді [142-144]. *Azotobacter* жасуша пішіндері сопақша келген, пішінді үлкен жасушалар, диаметрі 1,5 -2,0 мкм, плеоморфты, таяқша пішіндіден кока тәріздіге дейін жасуша пішіндері өзгереді. Жекелей, жұп немесе тұрақты емес пішіндегі топтарда, кейде әртүрлі ұзындықтағы тізбектер түрінде орналасады. Жасушаларындағы нитрогеназа ферменті арқылы ауадағы азотты сіңіреді. Морфологиясы жағынан өзіндік ерекшеліктерге ие бірнеше түрлері бар [145].

Слободкина Г.Б. [146] өзінің зерттеу жұмысында термофильді сульфитотықтырғыш бактериялардың *Dissulfurirhabdus thermomarina* SH388T gen. nov., sp. nov., *Thermodesulfitimonas autotrophica* SF97T gen. nov., sp. nov. жаңа штамдарын бөліп алып, физиологиялық, морфологиялық, денитрификация, нитрификация үрдістеріндегі биохимиялық ерекшеліктерін көрсетеді. Заулочный П. А. [147] құрамында алтыны бар кендерді микроағзалардың ассоциациясымен бірлестіре сілтісіздендіруде ұсынған және биосілтісіздендіру үрдісінің қарқындылығы артқанын зерттеулерінде көрсеткен. Биосілтісіздендіру үрдісінде тек бірғана микроағзалар түрін емес, бірнеше микроағзалар тобын біріктіре қолдану тиімді, сонымен қатар *Herbaspirillum* sp. diazотрофты бактериялардың мысқа төзімділігі жоғары болған [148].

Сонымен кен құрамында кездесетін микроағзалардың әртүрлі таксономиялық тобының альтернативты топтары биогеохимиялық үрдістердің түзілуіне үлкен септігін тигізеді. Кен құрамынан металдарды бөліп алуда микроағзалардың жекелей моно топтары әсер етуі мүмкін емес, микроағзалардың бірлескен жанама топтарының ықпалы жоғары.

1.3.4 Биосілтісіздендіру технологиясы

Биосілтісіздендіру технологиясы кен құрамынан металдарды бөліп алуда кеңінен қолданылатын экономикалық тиімді, экологиялық қауіпсіз технологиялар қатарына жатады. Оның басты ерекшелігі бағалы және түсті металдарды және басқа да компоненттерді бөліп шығаруға қабілетті табиғатта кездесетін бактериялармен сульфидты кендердің ыдырауын жеделдетуге негізделген. Биосілтісіздендіру технологиясында энергия мен жұмсалатын материал шығыны үнемделеді, қоршаған ортаны улы газдар мен химиялық токсиндермен ластанудан

қорғайды. Минералды шикізатты өңдеуде өртеу, жоғары қысымда автоклавтау арқылы сілтісіздендіру сияқты тәсілдер мен амалдардың орнын алмастыра алады.

Биосілтісіздендіру технологиясы қазіргі таңда өте қарқынды дамып келе жатқан технология. Биосілтісіздендіру технологиясын 1980ж. бастап BacTech компаниясы биотехнологияның даму тарихында орташа термофильді бактерияларды қолданған алғашқы компаниялардың бірі болып табылады. Алтын өндірісінде ұсынылып отырған технологияны алғашқылардың бірі болып қолданған Батыс Австралиядағы Юнами (Yunani) зауыты қолданған екен. Технология реакторлардағы жұмыс температурасын 50 °С деңгейінде қамтамасыз етеді. Биосілтісіздендіру технологиясын қолдануда BacTech, Оңтүстік Африкадағы Mintek компаниялары *A. caldus*, *L. ferrooxidans* бактерияларын қолдану арқылы алтын өндірісімен айналысқан, сондай-ақ Тасманияда Beaconsfield (Tasmania), Қытайда Laizhou (Shandong Province) зауыттары құрылған [149]. Қазақстанда биотехнология, оның ішінде биосілтісіздендіру технологиясы көп қолданылмайды. Ал еліміздің барлық аймақтарында Кеңес үкіметі кезеңінен қалған тарихи кен қалдықтары мен шикізат қорлары бар. Олардың құрамында дәстүрлі технологиямен, дәлірек айтқанда химиялық жолмен алынбайтын элементтер кездеседі.

Үйінділі сілтісіздендіруде пайдалы қазбалар мен компоненттердің құрамы дәстүрлі металлургиялық технологиялармен салыстырғанда айтарлықтай төмен нәтиже беруі мүмкін. Финдік Talvivaara Mining Company Plc компаниясы үйінділі биосілтісіздендіру технологиясын қолдануда Финляндияның солтүстік – шығысында орналасқан полиметалл кен орнының никель кенішінде никель 0,23 %, мыс 0,13 %, кобальт 0,02 % және мырыш 0,51 % дейін бөліп алған. Металдарды үйінділі сілтісіздендіру технологиясының дамуына кедергі келтіретін негізгі себептер климаттық жағдайлар сәйкессіздігі болып табылады, үйінділі сілтісіздендіру технологиясы жылы климаттық жағдайларда тиімді және де биотехнологияда гидрометаллургиялық үрдістерді жыл бойына пайдалану мүмкіндігін арттырады [150 -152].

Чанды сілтісіздендіру тау-кен өнеркәсібінде сульфидты кендер мен концентраттар құрамынан бағалы металдар мен ілеспе заттарды алуда қолданылды. Алтын, күміс, мыс және уран өндірісі чанды сілтісіздендіру арқылы жүргізіледі. Алдымен сульфидті кендер диірмендерге салынып, өңделіп, сумен араластырылып, паста тәрізді массаға айналады. Паста тәрізді масса немесе пульпа кен концентраты құрамындағы минералдарды анықтайтын химиялық заттармен қайта араластырылады. Бөлу үрдісін туындату үшін сұйық көпірткіштер қосылады. Осылайша бірнеше үрдістен өтіп, нәтижесінде кен құрамындағы мырыш, мыс, бағалы металдар сияқты компоненттер бөлініп алынады. Бұл еліміздегі мыс өндірісімен айналысатын KAZ Minerals компаниясындағы мыс өндірісі сатысының кішігірім түсіндірмесі. Осындай үрдістердің нәтижесінде жекеленген мыс және мырыш концентраттары пайда болады. Мыс концентратында шамамен 20 % мыс, сондай-ақ мыс пен темірдің түрлі сульфидтері, алтын мен күмісті қоса алғанда шағын көлемдегі басқа материалдар болады. Мырыш концентратында басқа да ілеспе элементтермен

бірге шамамен 40-45 % мырыш болады. KAZ Minerals ресми сайтынан алынған мәліметтерге сәйкес 2020 ж. KAZ Minerals 305,7 мың т мыс 1 өндірі (2019: 311,4 мың тонна), ал 2020 ж. алтынның екі өндірісі – 196,3 мың унция (2019: 201,5 мың унция), сатылғаны - 204,6 мың унция (2019: 225,0 мың унция) болса, ал 2021 ж. ресми мәліметтерде 2021 жылдың бірінші тоқсанында KAZ Minerals компаниясы арқылы 72,4 мың т мыс өндірілген. Алтын өндірісінің көлемі – 13,7 мың унция (2020 ж. 4 тоқсан: 4,5 мың унция) құраған. Сонымен қатар өңдеу жұмыстарының қарқындылығы нәтижесінде компания күміс өндірісінің 2021 ж. бірінші тоқсанында 431 мың унцияға жеткізген, ал 2020 ж. 4 тоқсанында күміс өндірісі 362 мың унция құраған, 2020 ж. салыстырғанда 3 % артқан [153].

KAZ Minerals компаниясынан бөлек мыс өндірісімен «Қазақмыс» компаниясы айналасады. «Қазақмыс» Қазақстандағы ең алып, табиғи ресурстарды өндірумен және өңдеумен айналысатын жетекші халықаралық компания болып табылады. Қазіргі таңда компания кенеусіз сульфидты мыс кендерін игеріп, қайта өңдеуде инновациялық технологияларды өндірістік сынақ-тәжірибеден өткізіп жатыр. Гидрометаллургиялық технология мыс құрамы аз кен құрамын байытуға зор үлес қоса алады және мүмкіндігі жоғары [154]. Гидрометаллургиялық технология биосілтісіздендіру әдісі арқылы іске асырылса мүмкіндік артады.

Биогидрометаллургияда алтын өндірісімен айналысатын әлемдегі ірі компаниялар чанды сілтісіздендіру технологиясын пайдаланады. Олардың тізімінде Fairview (ЮАР), Austin (АҚШ), Sao Bento (Бразилия), Harbour Lights (Австралия) BIOX®, Laizhou (Қытай) Mintek/ VacTech®, Tonkin Springs (АҚШ) компаниялары бар [155]. «Алтын Аймақ» Қазақстан BIOX®, «Алел» Қазақстан үйінділі сілтісіздендіру және тау-кен өндірісіндегі тағы басқа әлемдік ірі компаниялар бойынша биогидрометаллургиялық технологияларды пайдаланып кен және кен концентраттарын игеруде. KazakhAltyn концернінің Бестобе және Ақсу кеніштері үйінділі сілтісіздендіру технологиясын қолдану арқылы жұмыс жасайды [156].

Металдарды кен құрамынан бөліп алуда, кен және кен концентраттарын игеруде биосілтісіздендіру технологиясын пайдалануды ежелден бері игеріліп келе жатқаны белгілі жағдай. Биосілтісіздендірудің чанды және үйінділі сілтісіздендіру толықтай микроағзалардың жұмысына, қатысына негізделген, онда үрдісті туындататын микроағзалар көп жағдайда тионды бактериялар мен күкірт тотықтырушы бактерияларды пайдаланумен шектелмейді [157,158]. Металдарды биосілтісіздендіру технологиясында микромицеттердің маңызы жоғары, *Aspergillus*, *Penicillium* және *Rhizopus* микромицеттері халкопиритті кендерден мыс алуда, мысалы *A. flavus* пен *A. niger* штамдары мыс мөлшерін 78 мг/л бөліп шығаруға мүмкіндігі бар [159]. Металдарды биосілтісіздендіруде микроағзалармен қойылған тәжірибелерді моделдеу арқылы бірнеше микроағзалардың аралас консорциумын пайдалануда да тиімді зерттеулер берген [160]. Биосілтісіздендіруді тек кен қазбаларын игеруде емес, сондай –ақ түрлі деңгейдегі қалдықтарды қайта кәдеге жаратуда, метал иондарын, техникалық металға айналдыруда да пайдаланатын әлемдік тәжірибелер мен зерттеулер кездеседі, соның ішінде *A. niger*, *A. fumigatus* және *A. flavus* микромицеттерін

пайдаланылады [161 - 163]. Құрамы аз байытылған кен құрамы мен минералды шикізаттарды қайта өңдеу технологиясындағы жаңа, заманауи инновациялық технологиялардың өркендеп дамуы ғылыми – прогрестің ең маңызды факторларының бірі болып табылады. Бұл іс жүзінде дәстүрлі технологиядағы қайта өңделмейтін, игерілмеген кендер мен кен концентраттары қасиеттерінің күрт өзгеретіндігіне байланысты. Біріншілік маңызы қазба байлықтарын комплексті және рационалды пайдалануға алып келеді [164 - 166]. Биосілтісіздендіру технологиясының тиімділігін зерттеуде көптеген ғалымдардың еңбектерін саралауға болады, соның ішінде отандық ғалымдардың еңбектері Канаев А.Т., Исаева А.У. зерттеулері көп кездеседі [167 - 168].

Кен құрамынан биосілтісіздендіру арқылы металдармен мен ілеспе қоспаларды бөліп алудың өзекті міндеттерінің бірі металдарды жоғары жылдамдықпен, қоршаған ортаны қорғау талаптарына сай келетін заманауи биогидрометаллургиялық технологиялардың құру болып табылады. Ол үшін белсенді, биогеотехнологиялық маңызы жоғары термофилды және литотрофты бактериялар мен микромицеттердің жаңа штамдарын отандық кен орындары мен кен қалдықтары құрамынан бөліп алып, оңтайлы орта жағдайларын зерттеп, анықтау осы шешімді қарқынды атқаруға зор мүмкіндіктер береді.

2 ЗЕРТТЕУ НЫСАНЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

2.1. Зерттеу нысаны

Зерттеу нысаны ретінде Оңтүстік өңіріндегі Шымкент фосфор зауытының құрамында фосфоры бар техногендік қалдықтары (шлак, шлам) зерттелді (сурет 1). Бұрынғы Шымкент фосфор зауытының қалдықтары Қазақстан Республикасының ірі мегаполисі Шымкент қаласының оңтүстік шығысынан 1.42015'42.92", солтүстігінен 1.69043'15.57" қашықтықта, теңіз деңгейінен 619 м биікте орналасқан. Жалпы көлемі 500 000 т құрайтын қалдықтар 16,0 гектар жерде, ашық аспан астында үлкен үйінді түрінде жинақталып жатыр.



Сурет 1 – Шымкент қ. фосфор қалдықтарының ғарыштық түсірімі (earth.google.com)

Зерттеу нысаны ретінде алынған техногендік қалдықтар жиналған орынның 4 аймағынан құрамында фосфор бар шлактар іріктеп алынып, оларды шартты түрде А аймақ, Б аймақ, В аймақ, Г аймақ және шлам түріндегі қалдықтарды Д аймақ деп таңбаланды. Қалдық үлгілері 0-10 см; 10-20 см; 20-30 см; 30-40 см, 40-50 см тереңдіктегі көлденең жазықтарынан алынды. Көлденең жазықтарға байланысты сортталып, үлгілер салынған қапшықтардың барлығы, алынған жері, аймағы, уақыты, күні, сағаты бойынша белгіленіп, заттаңбаланды. Зерттеуге алынған қалдық үлгілерінің ылғалдылығы мен рН дәрежесі, физико-химиялық жай-күйі, температурасы, тығыздығы, құрылымы сол жерде тексерілді, алынған қалдық үлгілері зертханаға жөнелтілді.

Зертхана жағдайында қалдық сынамаларының жалпы салмағы өлшеніп, іріктеу арқылы фракциялық талдаулар жүргізілді. Әр сынаманы 4-ке бөліп, кварттау әдісі арқылы орта дәрежесі алынды.

Гравиметрикалық талдаулар жасау арқылы сынамалардың орташа дәрежелі фракциялық құрамы анықталынды [169].

Құрамында фосфоры бар шлак үлгілері шартты морфологиялық көрсеткіштер бойынша А, Б, В, Г топқа бөлінді. Зерттеу нысаны мақсатымен алынған түйіршікті және тығыз қалдықтар мынандай морфологиялық сипаттармен сипатталды:

А үлгідегі қалдық түсі ақ, түйіршікті, рН $8,7 \pm 9,0$, қалдықтың құрылымы кедір-бұдырлы, қатты, кеуекті, температурасы $20\text{ }^\circ\text{C}$;

Б үлгісіндегі қалдықтар түсі топырақ тәрізденген, түйіршікті қалдықтар, борпылдақ, рН $8,7$;

В үлгісіндегі қалдықтар көкшіл түсті, тығыз, қатты, рН $8,9-9,0$; температурасы $20\text{ }^\circ\text{C}$;

Г үлгісіндегі қалдықтар тығыз қалдықтар, ақшыл көк түсті, қатты қалдық, рН $8,8-9$, температура $20\text{ }^\circ\text{C}$.

Д үлгісінде құрамында фосфоры бар шлам сынамалары (әрі қарай ҚФШМ) белгіленді, жұмсақ, өткір иісті, сұршіл көк түсті, рН $9,8 \pm 10,1$, күшті сілтілі, температурасы $20\text{ }^\circ\text{C}$;

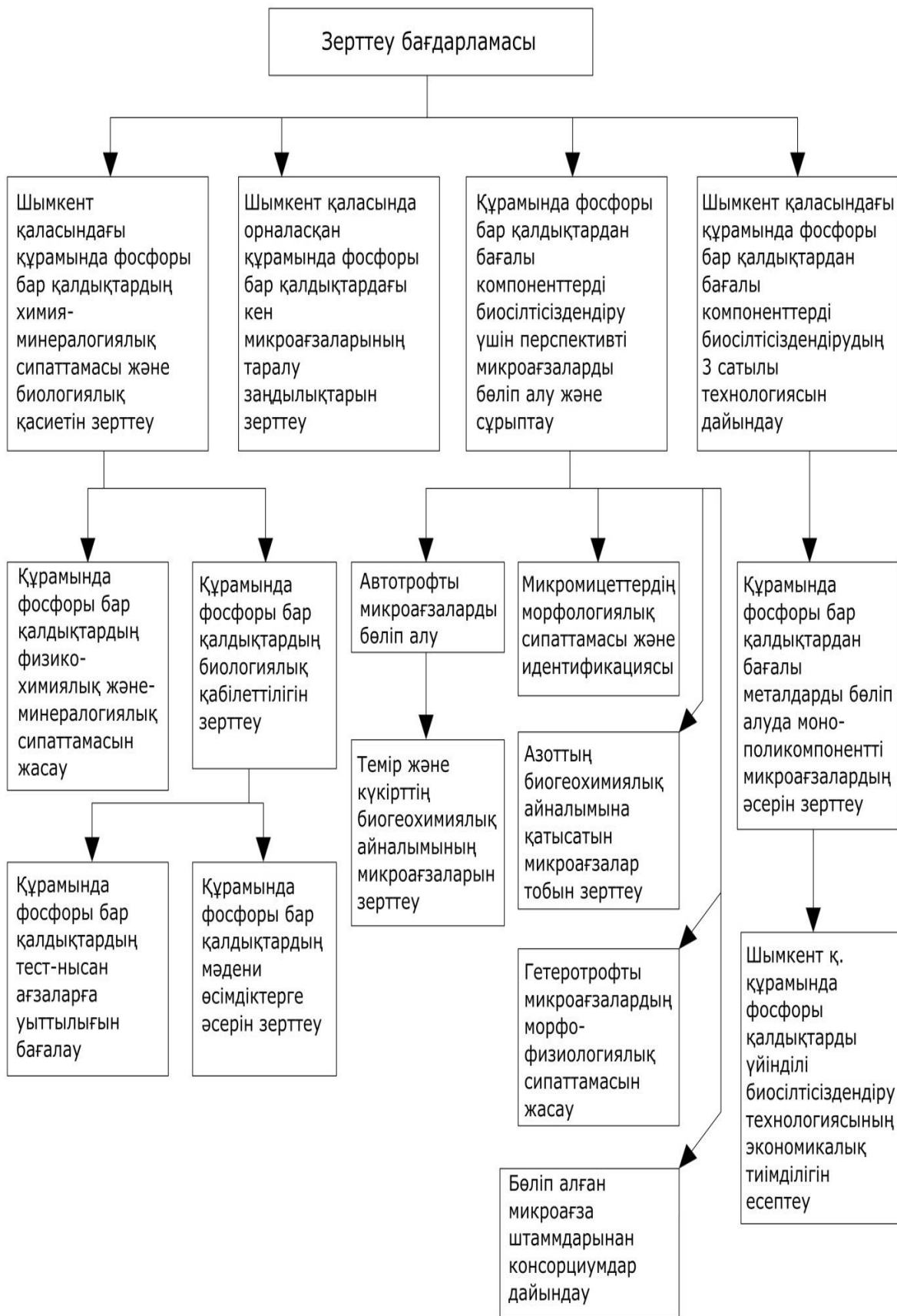
2.2 Зерттеу әдістері

Жұмыстың жүйелі орындалуын және ішкі бірлігін дәйекті түрде жүзеге асыратын, қойылған міндеттердің орындалуын қамтитын ғылыми–зерттеудің бағдарламасы келесі суретке сәйкес жасалынды (сурет 2).

Сынамалардың физико-химиялық талдауы. Қалдықтардан үлгілер алуда МЕСТ 14180-80 (СТ СЭВ 899-78) [170] талаптары сақталды, қораптау, химиялық ыдыстар мен реактивтерді пайдалануда МЕСТ 3885-73 [171] шарттары ескерілді, физико-химиялық талдаулар жүргізуде мемлекеттік стандартты нормативтік талаптары мен еңбек қауіпсіздігінің [172 -178] талаптары ескерілді. Қалдықтардың химиялық талдауларын жүргізу барысында сынамалар тығындары кептелген, таза шыны сауыттарға салынды.

Физико-химиялық талдаулар, титрометриялық және колориметриялық, рентген-дифрактометриялық әдістері мен кескінді-электронды микроскопты пайдалану арқылы М. Әуезов атындағы ОҚУ «Конструкциялық және биохимиялық материалдар» инженерлік бейінді аймақтық сынақ зертханасында және Қ. И. Сәтпаев атындағы ҚазҰТЗУ ғылыми зертханаларында жүргізілді.

Үлгілердің минералогиялық құрамы рентгендік дифрактометриялық талдаулар арқылы Си Ка-сәулеленуі бар β -сүзгілі ДРОН – 4 автоматтандырылған дифрактометрінде жүргізілді.



Сурет 2 – Жұмыстың зерттеу бағдарламасы

Дифрактограммаларды түсіру шарттары: $U=35$ kv; $I=20$ mA; шкаласы: 2000 имп; 2 с уақыт тұрақтысы; 2θ - 2θ түсіру; детектор 2 град/мин. жартылай сандық негізде рентгендік фазалық талдау тең аспалар мен жасанды қоспалар әдісін қолдана отырып, ұнтақ сынамаларының дифрактограммалары бойынша орындалды. Кристалдық фазалардың сандық қатынасы анықталды. Дифрактограммалардың интерпретациясы ASTM Powder diffraction file картотекасының деректерін және қоспалардан таза минералдардың дифрактограммалары пайдаланылды. Негізгі фазалар үшін мазмұнды есептеу жүргізілді [179]. Қалдықтардың химиялық құрамын анықтау Varian Pro-Star (Голландия) және Shimadzu LC-20 Prominence маркалы жоғары тиімді сұйықты хроматографында жасалды. Элементті құрамын анықтауда INCA Energy 350 энергодисперсті микроталдағыш жүйесімен және HKL Basic (OXFORD Instruments, Ұлыбритания) поликристалдар мен кристалдаудың текстурасы мен микроқұрылымдық талдау жүйесі бар V JSM-64901 (Jeol, Жапония) кескінді электронды микроскопы және индуктивті-байланысқан плазмалы масс-спектрометр (ИСП-МС) Varian-820MS, атомды-адсорбционды AAnalyst 800 (Perkin-Elmer) спектрометрлері пайдаланылып, мемлекеттік стандарттарына сәйкес жүргізілді [180 – 182].

Fe^{+2} , Fe^{+3} темірді анықтауда трилометриялық титрлеу әдісі қолданылды, ерітінді құрамындағы темірдің мөлшері 0,1-10 г/л құрады [183, 184].

Құрамында фосфоры бар қалдықтардың өсімдіктерге уыттылық дәрежесін биотестілеу арқылы анықтау

Алдын-ала залалсыздандырылған 250 мл колбаларға шлак және шлам сынамаларынан $1,0\pm 0,1$ %, $5,0\pm 0,3$ %, $10,0\pm 0,9$ % көлемді мөлшерлі концентрацияда ерітінділер дайындалды. Суспензияларды пайдалануда (Т:С) 1:1 тығыздықтың сұйықтыққа қатынасында, дистилденген сумен дайындалып, шайқалтқышта 30 мин. араластырылды, рН дәрежесі $7,0\pm 0,7$ - $8,5\pm 0,8$ әлсіз сілтілі дәрежені құрады. Тест-нысан өсімдік ретінде *Hordeum vulgare*, *Phaseolus vulgaris* өсімдіктері пайдаланылды. Полиэтиленді ыдыстарда, субстрат ретінде пайдаланылған вермикулиттерге 5 дана өсімдік тұқымы егілді. 3 реттік қайталау арқылы тәжірибе қойылды. Бақылау тест ретінде таза сумен араластырылып егілген бақылау өсімдіктері қойылды. 5 тәуліктен кейін, өніп шыққан өскіндердің саны, өскен өсімдіктің жалпы орташа салмағы, орташа бой ұзындығы, жапырағының саны, ұзындығы, жапырақтарының некрозға ұшырауы, жетілмеуі, тамыр ұзындығы, жалпы салмағы т.б. өзгерістері бойынша сараптама жүргізілді.

Құрамында фосфоры бар қалдықтардың гидробионтты, бентосты ағзаларға уыттылық дәрежесін биотестілеу арқылы анықтау

Құрамында фосфоры бар қалдықтардың (шлак мен шлам) гидробионттарға әсерін зерттеу барысында арнайы әдістемелік нұсқаулықтар [185] қолданылды. Эксперимент жүргізу кезінде тест-нысан ретінде су ағзаларынан әртүрлі жинақталған дақылдар пайдаланылды: диатомды балдырлардың әртүрлі бір жасушалы түрлері: *Phaeodactylum tricornutum*, *Sinedra ulna*, *Navicula gracilis*, *Amphora ovalis*, *Pinnularia viridis*, микробалдырлар *Scenedesmus quadricauda*; *Scenedesmus protuberans*, бір жасушалы жасыл балдырлар *Chlorococcum sp.*,

Chlorella vulgaris; цианобактериялар *Oscillatoria limosa*, *Oscillatoria tenuis*, протозоалар *Amoeba proteus*, *Amoeba limax*, *Euglypha acanthophora*, *Paramecium aurelia*, *Paramecium caudatum*, *Paramecium putrinum*, *Paramecium omrelia*, *Paramecium multinucleus*, *Stylonychia mytilus*, *Vorticella convallaria*, *Colpoda steinii*, *Rotatoria Calldina sp.*, *Aeolosoma*, *Nematoda sp.* туысының аз қылшықты құрттары пайдаланылды.

Су көздерінен әкелінген гидробионттарды өсіру аэраторлары бар шыны аквариумдарда, 22 – 25 °С температурада, 16 сағаттық күндізгі жарық және 4000 люкс жарықтандыруды қолдану арқылы өсірілді. Құрамында фосфоры бар қалдықтардың (шлам, шлак) уыттылығын эксперименттік бағалау зертханалық жағдайларда 0,1–10,0 г/л (1,0 % ±0,1; 5,0 % ±0,3; 10,0 % ±0,9) концентрация диапазонында жүргізілді. Эксперименттер жүргізу кезінде өткір (0-ден 3 сағатқа дейін) және созылмалы уыттылық (12, 24, 48, 96 сағат) бақыланды.

Тест ағзалармен тәжірибе жүргізу барысында гидробионтты ағзалардың жалпы саны Друде шкаласы бойынша есептелді. Құрамында фосфор бар шлам мен шлак үлгілерінің тест-нысан ағзаларға уыттылық әсерін анықтауда ағза жасушаларының пішіні, цитоплазма құрылымы мен протопластардың өзгерісі, плазмоллиз құбылысы, хромотофоралар мен жасушалардың түссізденуі, қоректену қарқындылығы, қозғалыс қабілетінің төмендеуі, хемотаксис, жасушалар пішінінің созылуы, талшықтарының қозғалысы, жалған колония түзу, циста түзуі, жасушаларының қырылуы, жасушаларының бөліну қарқындылығы, бейімдеушілік үрдістерінің пайда болуы, гидробионттардың өміршеңдігі, жасушаларының саны сияқты өзгерістер сарапталдып, бақыланды. Гидробионттардың қозғалысы, тіршілік әрекеттері микроскопиялық зерттеу әдісі арқылы жүргізілді, МСХ100 № 3-101752 micros (Austria), МикМед-5 (Ресей), Тiyoda (Токуо) маркалы микроскоптары пайдаланылды.

Тәжірибелер үш рет қайталанып, стандартты ауытқу мәнін $0,95 > P > 0,80$ деңгейінде есептелінді. Әр тәжірибе бақылауға сәйкес келді. Бақылау ретінде таза су пайдаланылды.

Микробиологиялық зерттеу әдістері: Микробиологиялық талдаулар жүргізу үшін сынамалар алу МЕСТ 31942-2012 (ISO 19458:2006) талаптарына сай және зерттеулер жүргізілді, жалпы қабылданған микробиологиялық әдістер пайдаланылды [186]. Микроағзаларды зерттеудің дәстүрлі микробиологиялық әдістер мен заманауи әдістер қолданылды: аэробты және анаэробты микроағзаларды өсіруде, олардың жалпы санын, титрін анықтауда элективты қоректік орталар пайдаланылды, микробиологиялық препараттарды дайындауда микроскопиялық әдістер пайдаланылды [187, 188].

Микроағзаларды өсіруге арналған қоректік орталар:

Микромицетті саңыраулақтар үшін агарланған Чапек қоректік ортасына г/л: сахароза -30,0 немесе глюкоза- 20,0; NaNO_3 -2,0; K_2HPO_4 - 1,0; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,5; KCl - 0,5; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,1. 15 гр агар.

Маннинга тығыз қоректік ортасы (Теміртотықтырушы бактериялар үшін):

Ерітінді А: 300 мл дистилденген суға 33,4 г/л $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ салып ерітеміз, рН 2,5 (6М H_2SO_4) түсіріп, сүзу арқылы стерилденді.

Ерітінді В: 550 мл дистилдеген суға: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 6 г, KCl – 0,2 г, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 1,0 г, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – 0,02 г; pH -3,0.

Ерітінді В: 150 мл дистилденген суға 7 г агар қосып, 15 мин көлемінде тұнықтырылып, 15 мин 121°C температурада автоклавта стерилденді.

Б және В ерітінділерін араластырып, бөлме температурасында 5 минут бойы салқындатылып, оған А ерітіндісін араластырылады. Дайын болған залалсыздандырылған қоректік орта, залалсыздандырылған диаметрі 100 мм және биіктігі 15 мм Петри табақшаларына құйлады.

Сұйық қоректік орталарға микроағзаларды егуде он еселік сұйылту әдісі пайдаланылып, 16 × 152 мм, көлемі 20 мл болатын пробиркаларға егілді.

A. ferrooxidans бактериялары үшін Сильверман-Люндгрена 9К сұйық қоректік ортасы: (г/л): 1-ші ерітінді- 700 мл дистилденген суға $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - 3,0; KCl -0,1; K_2HPO_4 – 0,5; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ -0,5; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ - 0,01; 2-ші ерітінді: 300 мл дистилденген суға: $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ - 44,2 г қосып, ерітіп, орта pH 10Н H_2SO_4 қосу арқылы 2,0 түсіріледі. Дайын болған екі ерітінді жекелей, 1-ші ерітінді 1 атм, 2-ші ерітінді 0,5 атм қысымда залалсыздандырылады. Екі ерітінді араластырылып, залалсыздандырылған қоректік ортаны 10 еселік сұйылту әдісі арқылы 20 мл пробиркаларға құйып, стерилді жағдайда бактериялар егілді.

A. thiooxidans бактериялары үшін Ваксман сұйық қоректік ортасы пайдаланылды, оның құрамы келесі компоненттерден тұрады: ол үшін (1000 мл дистилдеген суға): $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 0,2 г; $\text{MgSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ -0,5 г; KH_2PO_4 – 3,0; $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ – 0,25 г; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,0001г. S-10г. pH-3,0.

Ваксман тығыз қоректік ортасы *A.thiooxidans* үшін: (г/л) дистилденген 1 литр суға: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$ - 0,5; NH_4Cl – 0,1; $\text{MgSO}_4 \times 6\text{H}_2\text{O}$ -0,1; K_2HPO_4 – 3,0. Агар-агар 20 г; pH 5,0 [36 64-67 б].

Нитрификаторлы бактериялар үшін Виноградский I фазасы қоректік ортасы дайындалды, 1 л дистилденген суға, (%): $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$ -0,2; K_2HPO_4 -1,0; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,05; NaCl - 0,2; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ -0,04; CaCO_3 , MgCO_3 -0,5.

Нитрификаторлы бактериялардың II фазасы үшін (%): NaNO_2 -0,1; NaCO_3 -0,1; NaCl - 0,05; K_2HPO_4 - 0,05; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,05; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ -0,04.

Денитрификаторлы бактериялар үшін глюкоза қосылған қоректік ортасы пайдаланылды (г/л): а) KNO_3 -1 г; KH_2PO_4 -0,5 г; $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ – 0,5 г, дистилденген су - 1000 мл.

Азоттұтқыш бактериялар үшін Эшби қоректік ортасы пайдаланылды: Маннит немесе глюкоза – 20,0г; K_2HPO_4 – 0,2 г; NaCl – 0,2 г; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,2 г; K_2 – 0,1г; CaCO_3 – 5 г; глюкоза- 10 г, дистилденген су – 1 литр.

Гетеротрофты бактериялар үшін дайын ЕПА ортасы пайдаланылды, (г/л): етті су – 1,0 г, натрий хлориді (NaCl) – 5,0 г, пептон – 10,0 г, агар-агар – 20,0 г, pH 6,8-7,0, Стерилизация 1 атм. (121 °С) – 20 мин.

Анаэробты микроағзалар үшін Постгейта қоректік ортасы дайындалды [189].

Аэробты микроағзалар 37 °С температурада 24; 4; 72 сағат ішінде инкубациялық кезеңде арнайы ТС- 1/80 СПУ ТУ 9452-002-00141798-97 (Ресей) маркалы термостатта өсірілді, ал анаэробты микроағзалар арнайы түтікшелерде

(30 см) егілді, резиналы тығынмен ауа өткізілмей, герметикалық жағдайда тығыз жабылған.

Қоректік орталар мен микробиологиялық зерттеулер жүргізуде қолданылған лабораториялық ыдыстар мен құрал-жабдықтар МЕСТ талаптары арқылы [190 – 192] және залалсыздандыру жұмыстары МЕСТ Р ИСО 14937-2012 [193] арқылы СПГА-100-1-НН (№ 141) бактериологиялық автоклавта, ГП-20СПУ №14113 (Россия) стерилизаторда және ШС-80 ТУ 92-00243346-01-92 (Беларус) кептіргіш шкафта жүргізілді. Микроағзаларды дақылдауда (ТС-180 СПУ) термостаты пайдаланылды. Қоректік орталарды дайындауда пайдаланған дистилденген сулар (АЭ-10МО ТУ 9452.003.07606036-96) электрлі аквадистиллятор құрылғысы МЕСТ 6709-72 арқылы алынды [194]. Реактивтерді өлшеуде МЕСТ 24104-2001 [195] бойынша «Scout-Pro» маркалы электронды таразысы пайдаланылды.

Микромицитті саңырауқұлақтар мен бактерияларды, гетеротрофты микроағзаларды егу жұмыстары тығыз агарланған қоректік орталарға 0,1 мл сұйытылған дақылдарды пипеткамен Петри табақшасына Кох әдісі арқылы Дрегальский шпателдің көмегімен егілді. Егу жұмыстары аяқталғаннан кейін Петри табақшаларын бетін төмен қаратып төңкеріп, бактериялар мен саңырауқұлақтардың оптималды температурасын сақтай отырып, термостатта инкубацияланды. Микроағзаларды дақылдау барысында 30 °С температурада, ал орташа термофильді бактериялар үшін 50 °С сақталды. Инкубациялық кезеңнен кейін микроағзалардың физиологиялық топтарына қарай Петри табақшаларында өскен колонияларға санау жұмыстары жүргізіліп, колониялардың микроморфологиялық, макроморфологиялық сипаттамалары жасалынды.

Таксономиялық талдаулар: Микроағзаларды микроскопиялық зерттеулер кезінде қолданылған препараттар МЕСТ 9284-75 [196] талаптарына сай МСХ100 № 3-101752 Micros (Austria), «МикМед-5» x40, x60, x100 есе үлкейтілген жарық микроскопында (Ресей), Tayoda (Жапония) микроскоптарында жүргізілді. Иммерсионды жүйеде микропрепараттар дайындауда МЕСТ 13739-78 талаптары ескерілді [197]. Микроағзалардың таксономиялық белгілерін анықтауда «Bergey' s manual» [198] және Д. Саттон «Определитель патогенных и условно патогенных грибов» анықтағыштары [199] пайдаланылды. Микроағзалардың морфологиясы мен таксономиясын анықтауда Петри табақшаларында агарланған тығыз ортада өскен колониялардың пішініне, түсіне, көлденең қимасына, өлшеміне, колониялардың шетіне, құрылымына, түсіне, пигмент түзу сипатына, колониялардың көлденең кесіндісіне, диффузиясына, консистенциясына т.б. белгілеріне қарай сипатталды. Өскен микроағзалар жасушаларының физиологиялық, морфологиялық ерекшеліктерін зерттеу микроскопиялық зерттеу әдістері арқылы жүргізілді.

Микроағзалардың таза штамдарын алу үшін сиретіп егу әдісі жүргізілді. Бөлініп алынған таза штамдарды штрих кодтап таңбалап, идентификацияланды.

Бактериялардың молекулалы-генетикалық идентификациясы. Геномдық ДНҚ-ні PureLink™ Genomic DNA Kits Invitrogen, Carlsbad, (USA) және GeneJET

Genomic DNA Purification Kit әдістемелік нұсқауларына сәйкес бактериялардың тәуліктік дақылдарынан Грам оң және Грам теріс бактериялардың ДНҚ-сын бөліп алуға арналған әдістемелер негіздеріне сүйене отырып жүргізілді.

Геномдық ДНҚ PureLink™ Genomic DNA Kits Invitrogen, Carlsbad (USA) және GeneJET Genomic DNA Purification Kit әдістемелік нұсқауларына сәйкес бактериялардың тәуліктік дақылдарынан бөлінді. Үлгілердегі ДНҚ мен ПТР өнімнің концентрациясы Qubit® 2,0 флуориметрінде Qubit™ dsDNA HS Assay Kit (Life Technologies, Oregon, USA) жиынтығының көмегімен анықталды. ДНҚ-ның сапалық көрсеткішін бағалау электрофоретикалық әдісі арқылы жүргізілді. ДНҚ концентрациясын спектрофотометриялық әдіс арқылы Nano drop 1000 спектрофотометрінде, 260 нм толқын ұзындығында өлшенді. 16S РНҚ аймағын толықтай амплификациялау үшін секвенирлеуге қажетті реакциялық қоспасы дайындалып, 25 мкл 12,5 μl концентрациясында өлшеп алып, Taq –полимераза Q5® Hot Start High-Fidelity 2X Master Mix (New England Biolabs Ins., USA); 1,2 мкл-ден 10 μl мөлшерде 8F (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3') және 806R (5'-GGACTACCAGGGTATСТААТ-3') алынды. ПТР әмбебап праймерлері мен 25 мл су, 150 нг геномды ДНҚ матрицасы. ПТР Mastercycler pro S (Eppendorf) термоциклерінде жүргізілді. Амплификация режимі келесі циклдерден тұрды: реакция 5 минут бойы 95 °С қоспаны инкубациялаудан басталды, одан кейін 30 циклдан: 95 °С – 30 секунд, 55 °С – 40 секунд, 72 °С – 50 сек.; соңғы элонгация уақыты 72 °С 10 минут ішінде жүргізілді. Амплификация өнімі 1,5 % агарозды гелде бөлінді. Гелдер этидиум бромидімен боялып, УК-трансиллюминаторында визуализацияланды.

Капиллярлы фореz ABI 3500 DNA Analyzer (Applied Biosystems, США) генетикалық анализаторында және Consort EV-243 ток көзі бар Bio-RAD Basic көлденең электрофорезінде камерада жүргізілді. Электродты буфер ретінде 1xTBE буфері қолданылды. ПТР өнімі CleanSweep™ (ThermoFischer Scientific, АҚШ) тазарту реагенті арқылы тазартылды.

Бактериялардың 16S rPHҚ ген фрагменттерін секвенирлеу Big Dye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, АҚШ) жиынтығын қолдана отырып өндіруші [200] хаттамасының нұсқаулығына сай 3730 XL генетикалық анализаторында (Applied Biosystems, АҚШ) орындалды. Сенгер бойынша ДНҚ секвенирлеу нәтижелері SeqA (Applied Biosystems) бағдарламасы арқылы өңделді. Сонымен қатар, ДНҚ-н молекулалық массаның маркері ретінде O GeneRuler™ 100bp Plus DNA Ladder (Fermentas) қолданылды. ДНҚ үлгілерінің молекулалық өлшемін осы маркерлердің электрофоретикалық қозғалғыштығын ДНҚ белгілі молекулалық массасының фрагменттерімен сәйкестендіру арқылы анықталды.

16S rPHҚ гендерінің гомологиялық нуклеотидтік тізбегін іздеу АҚШ Ұлттық биотехнологиялық ақпарат орталығының Gene Bank халықаралық деректер базасында (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) бағдарламасының көмегімен жүзеге асырылды). Филогенетикалық талдау MEGA 6 бағдарламалық жасақтамасын қолдану арқылы жүргізілді. Нуклеотидтер тізбегін туралау ClustalW алгоритмін қолданылды.

Филогенетикалық ағаштарды құру үшін Neighbor-Joining (NJ) "көршілерді біріктіру" әдісі қолданылды. Алынған нәтижелерді рәсімдеу Gel Doc гельдерінің құжаттама жүйесін қолдана отырып жүргізілді.

Микромицеттер үлгілерін молекулалы-генетикалық идентификациялау. Мицелиалды саңырауқұлақ үлгілерін молекулалы-генетикалық идентификациялауда саңырауқұлақтардың 3-7 тәуліктік үлгілері қолданылды. Саңырауқұлақ мицелийлерін -20 °C температурада қатырып, пестикпен ұнтақ күйге түскенге дейін 1,5 мл Eppendorf түтігінде езгіленді. Алынған массада ДНҚ Norgen Biotek Corp компаниясының "Plant/Fungi DNA Isolation Kit" өсімдіктер мен/саңырауқұлақтар ДНҚ бөліп алуға арналған жиынтық арқылы бөліп алынады. ДНҚ бөліп алу жұмыстары (Ontario, Canada) өндірушінің хаттамасына сәйкес жүргізілді.

Үлгілердегі ДНҚ концентрациясын dsDNA HS арналған шкала бойынша Qubit™ dsDNA HS Assay Kit (Life Technologies, Oregon, USA) флуориметрі арқылы анықталды.

Саңырауқұлақтардың ITS аймағы ITS1 (5,-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3) және (5,-TCCTCCGCTATTGATATGC-3). әмбебап праймерлері қолданылды.

Амплификация үрдісі үшін реакция қоспасы: 12,5 мкл Q5® Hot Start High-Fidelity 2x Master Mix, 1,25 мкл Forward праймер (10 мкМ), 1,25 мкл Reverse праймер (10 мкМ), 1,5 мкл ДНҚ және 8,5 су пайдаланылды. ПТР (полимеразды тізбектік реакция) қоспасының жалпы көлемі 25 мкл болды.

ПТР талдауы Eppendorf ProS (Hamburg, Germany) амплификаторында жүргізілді, амплификация режимі 94 °C – 30 сек; 55 °C – 1 мин; 72 °C – 40 сек – барлығы 30 цикл; 72 °C – 10 мин. құрады. Амплификация өнімдерін 1,2 % агарланған гелде бөліп алынды. ПТР өнімі CleanSweep™ PCR Purification reagent (Applied Biosystems, USA) реагенттері арқылы тазартылды.

Ген фрагменттерін секвенирлеу реакциясы BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, USA) жиынтығын қолдану арқылы өндірушінің нұсқауларына сәйкес [BIGDYE® Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit Protocol Applied Biosystems АҚШ] автоматтандырылған 3500 DNA Analyzer (Applied Biosystems, USA) генетикалық секвенаторында жүргізілді.

Секвенирлеу реакцияларының нәтижелерін SeqA (Applied Biosystems, USA) бағдарламасы арқылы өңделді. Алынған ДНҚ ITS-аймағын нуклеотидтік тізбектерін іздеу АҚШ Ұлттық биотехнологиялық ақпарат орталығының Gene Bank мәліметтер базасындағы BLAST бағдарламасы арқылы жүргізілді (www.ncbi.nih.gov). Сәйкестендіру GeneBank максималды сәйкестікке ие алғашқы үш нуклеотид тізбегінің түгендеу нөмірлеріне қатысты жүргізілді. Филогенетикалық талдау жүргізуде MEGA 6 бағдарламалық жасақтамасы, нуклеотидтер тізбегін шығаруда ClustalW алгоритмін қолданылды. Филогенетикалық ағаштарды құру үшін Neighbor-Joining (NJ) "көршілерді біріктіру" әдісі арқылы жүзеге асырылды.

Микроағзалардың металдарды биосілтісідендіру қабілетін анықтау:

Тәжірибе зертханалық жағдайда жүргізілді. Қалдық үлгілерін биосілтісідендіру үрдісінде биіктігі 700 мм, диаметрі 300 мм пластик

перколяторлар қолданылды. Үлгілердің фракциялық өлшемі 0,315 см- 2,5-5 см. Т:С қатынасы 1:3, ол үшін 3 кг қалдық үлгілерін өлшеп алып, биологиялық масса ретінде 9 л ҚФҚ бөліп алған белсенді микроағзалардың физиологиялық топтарынан құралған биоконсорциум қолданылды. Микроағзалар титрі 10^7 - 10^8 кл/мл. Тәжірибе қою экспозициясы 3-30 тәулік. Тәжірибе қою үлгісі келесідей:

1. Сильвериана және Люндгрена 9К қоректік ортасы;
2. Сильвериана және Люндгрена 9К + *A. ferrooxidans* ThIO1; *A. ferrooxidans* ThIO2 штамдарынан құралған TIAI консорциумы. Титр 10^7 - 10^8 , рН 2-2,5, t+30 °C - +35 °C
3. Чапек қоректік ортасы
4. Чапек қоректік ортасы + *A. niger* ASIA және *A. tubingensis* ASPN штамдарынан құралған ANAT консорциумы қолданылды. Тәулік экспозициясы 30 күн. рН 4,5-5, Титр 10^7 - 10^8 , t +30 °C - +35 °C
5. Виноградский қоректік ортасы
6. Виноградский қоректік ортасы + *N. europae* Nit1 штаммы мен *M. thermotolerans* MSO штамдарынан құралған NEMfos консорциумы, Титр 10^7 - 10^8 , рН 6-7,5, t +25 °C,+28 °C,
7. H₂SO₄ -3,0 г/л.

Биосілтісіздендіру үрдісінде микроағзалар биомассасы қолданылатын болғандықтан, жинақтауыш дақылдар 25 л ыдыстарда дайындалып, аэрациялық жағдайда, рН көрсеткіші бақыланып және тұрақты температурасы сақталды.

Статистикалық талдау. Зерттеу нәтижелерін статистикалық өңдеу Microsoft Excel 2008 компьютерлік бағдарламасында "деректерді талдау" қосымша функциясын қолдана отырып жүргізілді. Алынған деректер жиынтығы арасындағы айырмашылықтардың дұрыстығын бағалау 5 % деңгейінде Стьюденттің t-критерийін қолдана отырып жүргізілді [202].

3 ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ МЕН ТАЛДАУЛАРЫ

3.1 Шымкент қаласындағы құрамында фосфоры бар қалдықтардың химия -минералогиялық сипаттамасы және биологиялық қасиеті

Тау-кен өндірісінен түзілген қалдықтар өзіндік экожүйесі қалыптасқан, үлкен биологиялық нысан болып табылады. Минералдар мен тау жыныстарының түзілу үрдісінде тірі ағзалардың әсері жоғары болады. Кен және кен қалдығында химиялық заңдылықтармен қатар, микроағзалар энергиялық алмасудан биогенді элементтерді түзіп, кен қалдықтарының сапасын арттырады. Кен және кен қалдықтарында сапасы олардың минералогиялық, физика-химиялық, биологиялық қасиетіне байланысты анықталады. Микробиологиялық сілтісіздендіру үрдісін жүргізу кен құрамының минералогиялық және химиялық құрамына байланысты жүреді. Кен қалдықтарының химиялық, минералогиялық құрамын зерттеу күрделі физика–химиялық әдістерді қолдануды талап етеді. Кен құрамында болатын көптеген химиялық элементтерге микроағзалардың сезімталдығы әртүрлі. Көптеген химиялық элементтер микроағзалар үшін уытты әсер ететіні Г.И. Каравайко, М.Р. Камаловтың т.б. ғалымдардың ғылыми зерттеулерінен белгілі [36, 40 15-24 б.]. Кен минералдарын және оның химиялық құрамын, биологиялық қасиетін анықтау кен құрамын зерттеудің бірінші және маңызды этапы болып табылады.

3.1.1 Құрамында фосфоры бар қалдықтардың физика-химиялық және минералогиялық сипаттамасы

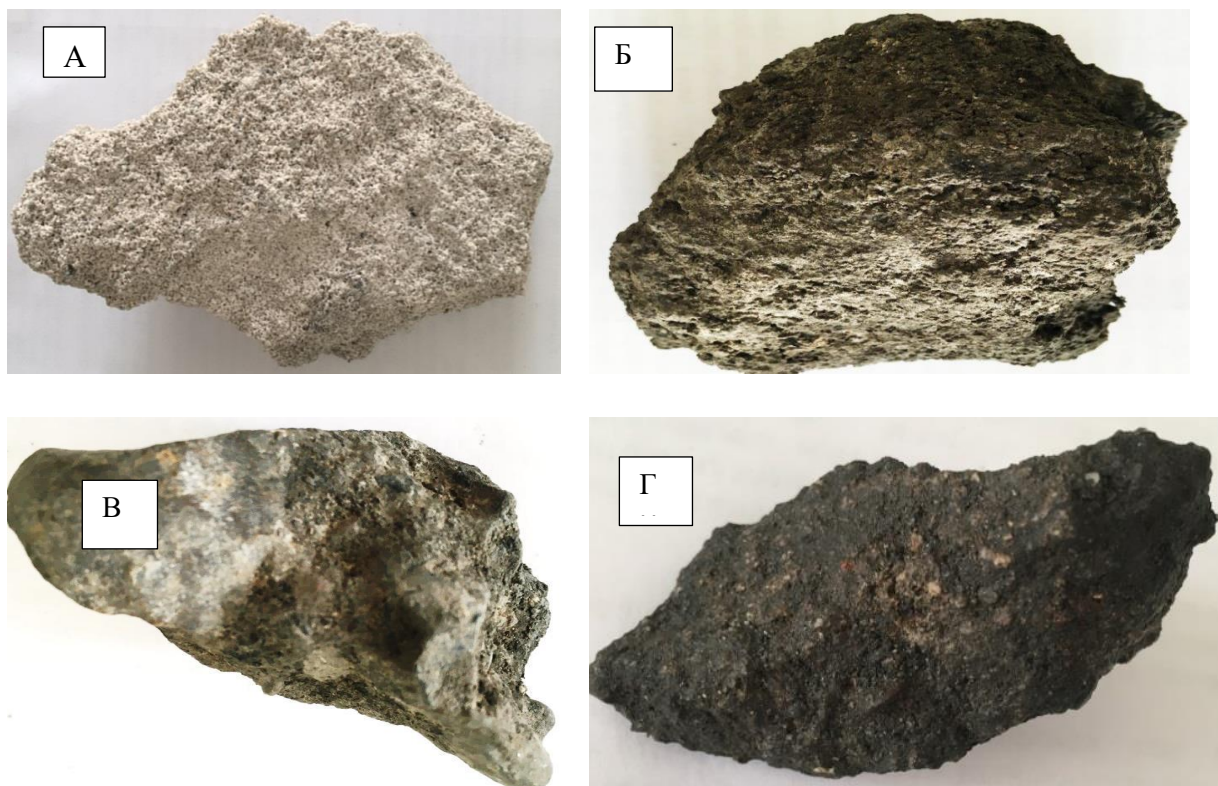
Құрамында фосфоры бар қалдықтар құрамы өте күрделі поликомпонентті жүйе болып саналады, оның негізін $\text{CaO-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$ жүйесі құрайды, осы құрамының өзгеруіне байланысты қалдықтардан басқа өнімдерді алуға болады. Өңдеуден өткен фосфордан 2 түрлі қалдықтар түзіледі: түйіршікті және тығыз қалдықтар. Түйіршікті және тығыз қалдықтардың минералогиялық құрамы әртүрлі болады. 1976 ж. жүргізілген С.Г. Сулейменов, В.Ф Вернердің және Орал ҒЗИ қызметкерлерінің зерттеу нәтижелері ұқсас келеді, құрамында фосфоры бар қалдықтардың минералогиялық құрамында, %: SiO_2 – $43,9\pm 4,0$, CaO – $46,08\pm 4,2$; Al_2O_3 – $2,60\pm 0,2$; MgO – $4,23\pm 0,41$; FeO – $1,00\pm 0,08$; P_2O_5 – $1,24\pm 0,12$; SO_3 – $1,47\pm 0,10$; F – $2,35\pm 0,10$ көрсеткен [203]. Ал бұрынғы Шымкент фосфор зауыты зертханасында жүргізілген зерттеулердің деректері бойынша фосфор қалдықтарының құрамында: P_2O_5 0,63 % - 3,40 % дейін, CaO 44,60 % - 49,35 % аралығында, SiO_2 40,10 % - 43,54 % дейін, Al_2O_3 2,46 % -3,48 % дейін болатын көрсеткен. Ал соңғы жылдарда жүргізілген Қазақ химия-технологиялық институтының зерттеу нәтижелері бойынша төмендегі кестеде Шымкент фосфор зауытының құрамында фосфоры бар қалдықтарының минералогиялық құрамы көрсетілді (кесте 1).

Кесте 1 – Фосфор қалдықтарының минералогиялық құрамы, %

Тығыз қалдықтар								
SiO ²⁻	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	FeO	P ₂ O ₅	SO ₃	F	S
40,20 ± 2,81	48,46±4 ,22	0,8± 0,05	4,07±0,41	іздер 0,30	1,28± 0,12	а/ж	2,85±0,22	а/ж
Түйіршікті қалдықтар								
42,68 ± 4,05	45,17± 3,9	2,88± 0,21	3,56±0,29	0,00 -ден 0,58дейін	0,82± 0,71	0,00 - 1,42	0,00 - 1,95	0,00- 0,51
Ескерту: а/ж – анықталған жоқ								

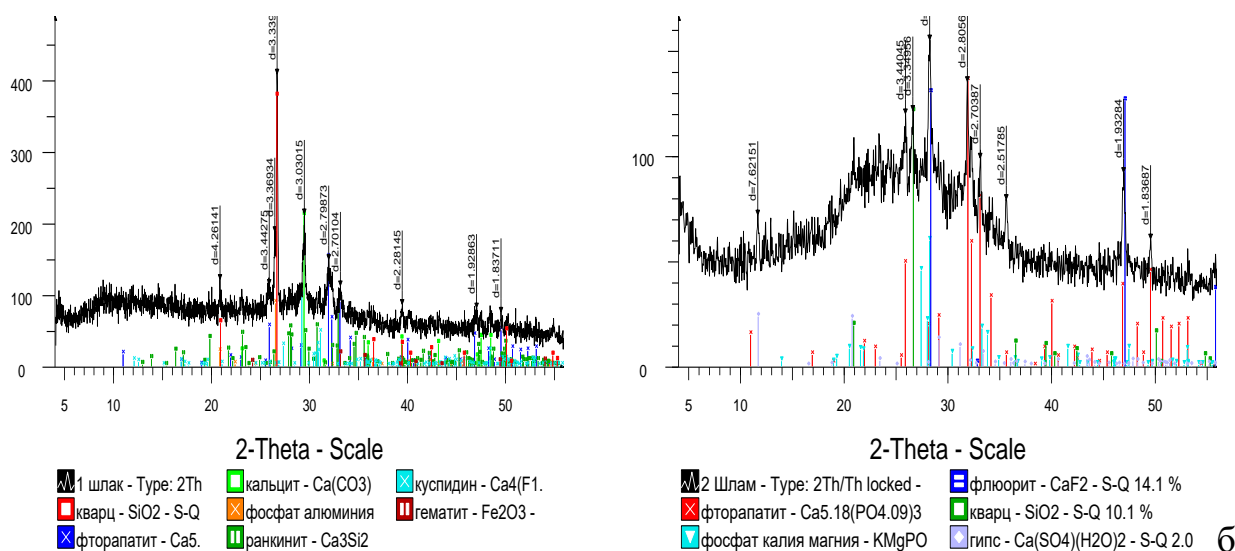
Зерттеулерден Шымкент қ. құрамында фосфоры бар түйіршікті қалдықтардың құрамында шыны тәріздес куспидин минералы болатыны анықталды. Куспидин түсі жасыл түстен қоңыр түске дейін болатын минерал, химиялық құрамы $Ca_4Si_2O_7(F,OH)_2$, молекулалық салмағы 365,48 г\моль, массалық көлемі 65-97 % құрайды [204]. Түйіршікті қалдықтардың кристалдануы оның құрамындағы фосфор ангидридiнiң санына байланысты болады. Фосфор ангидридiнiң саны артқан сайын кристалдану қасиетi төмендей бастайды.

Фосфор қалдықтарының сыртқы морфологиялық құрылымы бойынша 4 түрге бөліп, А, Б, В, Г белгілеп, іріктеп алынды (сурет 3).



Сурет 3 – Шымкент қ. құрамында фосфоры бар қалдықтардың түрлері (А, Б – түйіршікті қалдықтар, В, Г – тығыз қалдықтар)

Рентгенді-саулелі дифрактометриялық талдаулар нәтижесінде фосфор қалдықтарының минералогиялық құрамын псевдоволластонит ($\alpha\text{-CaO}\times\text{SiO}_2$), ранкинит ($3\text{CaO}\times 2\text{SiO}_2$), фторапатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, және барлық үлгілерде кальцит түйіршіктері (CaCO_3) кездесетінін көрсетті, ал тығыз қалдықтардың құрамын псевдоволластонит кристалдары ($\alpha\text{CaO}\times\text{SiO}_2$), куспидин $\text{Ca}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{F},\text{OH})_2$, пироксен ($\text{CaO}\times\text{MgO}\times 2\text{SiO}_2$), темір сульфиді және кальций сульфиді құрады. Сонымен бірге қалдықтардың құрамында 2-3 % фтор болды, фтор фосфор қалдықтарының кристалдануын күшейтеді. Кристалдық фазалардың бөліну реттілігі: бірінші псевдоволластонит, мелилит, ранкинит және соңынан куспидин кристалданады. Пироксен қалдықтардың кейбір үлгілерінде тығыз байланысты түрде кездеседі. Псевдоволластониттен кейін көп кездесетін минерал мелилит $\text{Ca}_2(\text{Al},\text{MgSi})\text{Si}_2\text{O}_7$ болып табылды. Аз мөлшерде кездесетін минералдар: акерманит- $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$, галенит- $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$, FeS және CaS сульфидтердің де бар екені анықталды (сурет 4).



а –шлак; б – шлам

Сурет 4 – Фосфорқұрамдас қалдықтардың рентгенді-дифрактометриялық талдаулары

Шлак түріндегі қалдықтардың кристалды фазаларының фазалық құрамының жартылай сандық рентгенофазалық талдаулары нәтижесінде кварц SiO_2 , фторапатит $\text{Ca}_{5.18}(\text{PO}_{4.09})_3\text{F}_{1.01}$, кальцит $\text{Ca}(\text{CO}_3)$ минералдарының кездесетінін көрсетті, келесі минералдардың үлесі жоғары болатыны анықталды: Кварц SiO_2 - 30,1 %; фторапатит $\text{Ca}_{5.18}(\text{PO}_{4.09})_3\text{F}_{1.01}$ - 20,2 %; кальцит $\text{Ca}(\text{CO}_3)$ - 16,7 %; алюминий фосфаты AlPO_4 - 11,4 %; ранкинит $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$ - 9,8 %; куспидин $\text{Ca}_4(\text{F}_{1.5}(\text{OH})_{0.5})\text{Si}_2\text{O}_7$ - 9,8 %; гематит Fe_2O_3 - 2,1 % анықталды.

Шлам түріндегі қалдықтарға жүргізілген кристалды фазаларының жартылай сандық рентгенфазалық талдаулар нәтижесінде минералдық фазасында: фторапатит ($\text{Ca}_{5.18}(\text{PO}_{4.09})_3\text{F}_{1.01}$) - 49,1 %, калий магний фосфаты KMgPO_4 - 24,8 % құрап, сандық үлесі басым екенін көрсеті, флюорит (CaF_2) сандық үлесі 14,1 %,

кварцит (SiO_2) -10,1 %; гипс- ($\text{Ca}(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O})_2$) -2,0 % құрады. Сонымен, зерттеу нәтижелерінен фосфор қалдықтардың минералогиялық құрамында силикат және кальций басым болды, бұл минералдар псевдоволластонит ($\alpha\text{-CaO}\times\text{SiO}_2$), куспидин $\text{Ca}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{F},\text{OH})_2$, мелилит $\text{Ca}_2(\text{Al},\text{MgSi})\text{Si}_2\text{O}_7$, акерманит - $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$, ранкинит $3\text{CaO}\times 2\text{SiO}_2$ фторапатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)3\text{F}$, флюорит (CaF_2) және силикокарнотит ($5\text{CaO}\times \text{P}_2\text{O}_5\times \text{SiO}_2$) екені нақтыланды.

Қалдықтардың шлак (А, Б, В, Г) және шлам (Д) үлгілерінің химиялық құрамына кескінді электронды микроскоптау және индуктивты плазмалы байланысқан масс-спектралды зерттеу әдісі арқылы элементтік құрамының пайыздық мөлшері белгілі болды, зерттеу нәтижелері 2-ші кестеде көрсетілді.

Кесте 2 – Құрамында фосфоры бар қалдықтардың химиялық құрамы, % (А, Б, В, Г, Д)

Элемент	Салмақ %				
	А	Б	В	Г	Д
F	4,59	2,21	7,72	а\ж	6,55
Na	0,37	0,73	0,94	а\ж	0,95
Mg	1,54	1,13	1,59	0,21	1,94
Al	0,77	2,0	0,93	0,31	1,07
Si	10,67	8,78	14,79	1,16	20,44
P	1,42	2,72	21,95	0,50	10,57
S	0,53	0,18	0,49	0,94	0,75
Cl	0,03	0,07	0,18	0,01	0,14
K	0,46	0,74	4,08	0,03	5,84
Ca	25,37	12,00	8,16	1,51	11,31
Mn	0,06	0,20	0,28	0,14	0,38
Fe	0,26	1,46	59,71	3,35	0,45
Cu	а\ж	0,00	0,00	а\ж	0,00
Zn	0,19	0,20	0,29	а\ж	0,29
Ti	а\ж	0,15	0,99	а\ж	0,11
Ni	а\ж	а\ж	а\ж	а\ж	0,35
V	а\ж	а\ж	0,25	а\ж	а\ж
Cr	а\ж	а\ж	0,37	а\ж	а\ж
Ескерту: а\ж – анықталған жоқ					

Химиялық талдаулардың көрсеткіші бойынша қалдық үлгілерінің ішінде В үлгісінің химиялық құрамындағы элементтердің пайыздық көрсеткіші жоғары болды, әсіресе шлак құрамында кремний Si -14,79 %, ал шлам құрамында 20,44 %, фосфор шлак құрамында P- 21,95 %, ал шлам құрамында 10,57% дейін, темір Fe - 59,71 %, фтор F-7,72 %, ал шлам құрамында 6,55 % құрады, элементтік құрамына қарай силикатты, куспидин, псевдоволластонит минералдар негізіне сәйкес келді. Фтор мен фосфордың мөлшері басқа үлгілермен салыстырғанда В үлгіде екі есе көп екенін көрсетті. Сонымен қатар титан, ванадий және хром, %: 0,99; 0,25 және 0,37 % дейін тек В үлгісінде кездесті. Ал Al мөлшері қалдықтардың барлық түрлерінде біркелкі мөлшерде 0,31-ден - 2,0 %, калий – 4,08 %-дан 0,46 % аралығында болды. А үлгіде кремний мен кальцийдің мөлшері көп болды, бұл

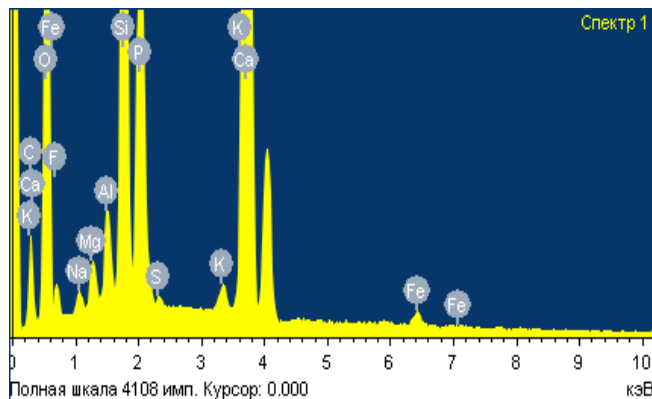
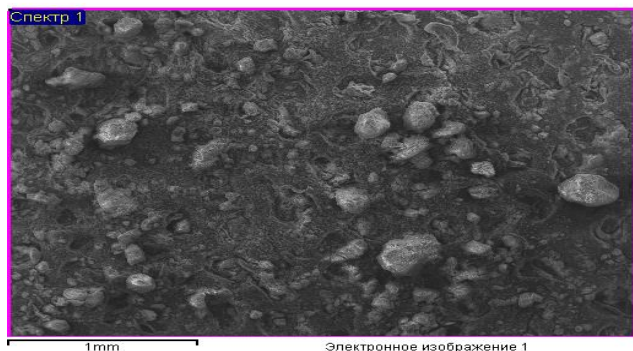
куспидин ($3\text{CaO}\times\text{CaF}_2\times 2\text{SiO}_2$) формуласына сәйкес келді. Г үлгісіндегі қалдық сынамасында химиялық элементтердің үлесі аз болды, тек темірдің мөлшері 3,35 % мөлшерде болды. Қалдық үлгілерінің химиялық құрамы бойынша металдар концентрациясының жоғары көрсеткіші В үлгіде екені нақтыланды. Келесі көрсетілген суретте кескінді электронды микроскоппен әртүрлі құрамында фосфоры бар қалдықтардың суреттері келтірілді (сурет 5).

Қалдықтардың элементтік құрамы өзгермелі, тұрақты емес, себебі қалдықтар жиналған үйіндінің тереңдігіне қарай қабаттардың қалыптасуына, қалдықтардың шығу тегі мен түріне, ашық аспан астында орналуысуына қарай жел, су эрозиясы әсерінен өте кең диапазонда өзгеріп отырады. Индуктивті-байланысқан плазмалық масс-спектрометрлеу әдісі арқылы қалдықтардың құрамында сирек кездесетін жер элементтерінің болатыны да анықталынды, олар 3 кестеде көрсетілді.

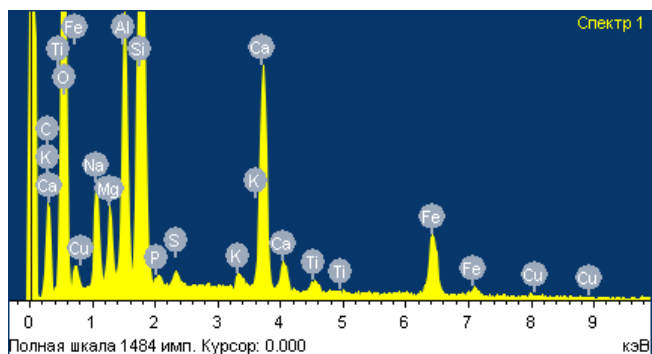
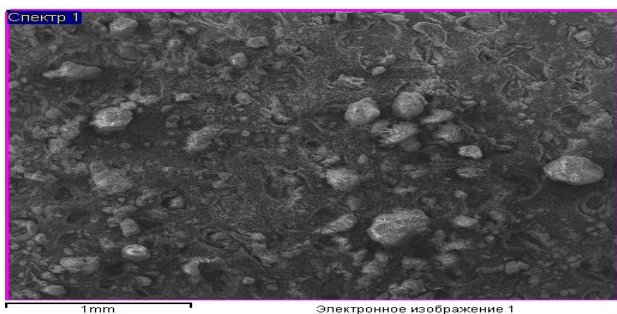
Кесте 3 – Фосфор қалдықтарының құрамындағы сирек кездесетін элементтер, мкг\л немесе ррб

СКЖЭ	А	Б	В	Г	Фосфор қалдығының суы
Te 125	1,226	1,279	0,417	1,196	3,355
La 139	282,846	462,718	8,030	14,830	0,017
Ce 140	283,490	480,680	17,126	18,595	0,02
Nd 146	222,603	379,021	12,940	12,870	0,037
Tm 169	2,744	4,780	0,046	0,152	0,012
Ta 181	0,717	1,611	3,198	1,481	0,012
Tl 205	0,611	0,959	0,101	0,297	0,033
Th 232	10,608	20,088	0,231	1,327	0
U 238	42,440	68,070	259,389	8,419	0,135

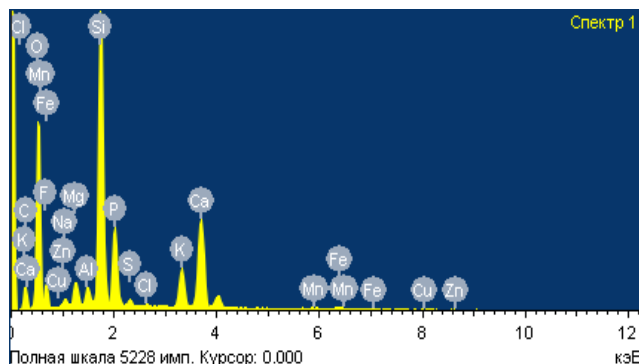
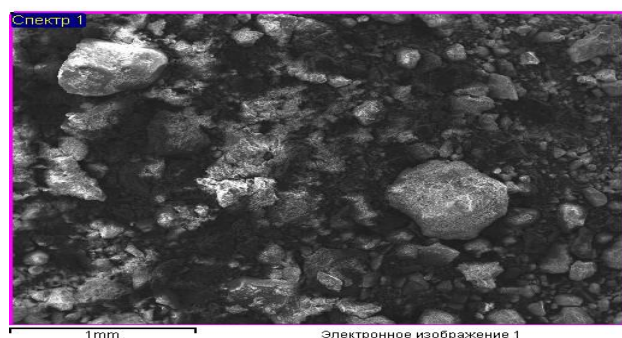
Кесте көрсеткішінде құрамында фосфоры бар қалдықтардың барлық іріктелген сынамаларында кейбір сирек кездесетін жер элементтері табылды, олардың мөлшері, ррб: La - 8,03 –тен 462,71 –ге дейін; Ce–17,13-тен 480,68-ге дейін; Nd -12,87-ден 379,02-ге дейін; Tl – 0,05-тен 4,78 –ке дейін кездесті. Сонымен қатар, Th сияқты актиноидтар да байқалды, олардың сынамалардағы құрамы 0,23-тен 20,09 ррб-ге дейін байқалды. Қалдықтың А үлгілерде La- 5,6 %, Ce- 5,8 %, Nd-5,0 %, Th- 0,2 % , ал Б үлгілерде La, Ce, Nd екі есе жоғары концентрацияда болды, яғни La-10,5 %, Ce -10,7%, Nd-9,4 % құрады, ал Та, Тl элементтері ең минималды мөлшерде, Та-0,007 %, Тl-0,005 % кездесті. В және Г үлгілерде сирек кездесетін элементтері пайыздық көрсеткішінде үлкен айырмашылық болмады, басқа элементтерге қарағанда La, Ce, Nd элементтерінің мөлшері 0,56-1 % құрады. Қауіпті қалдықтар қатарына саналатын фосфор қалдықтары жиналған бассейнің үстін жауып тұрған су құрамын зерттегенде, ондағы химиялық құрамның негізгі балансының жоғары концентрациясын құрап тұрған Те болды.



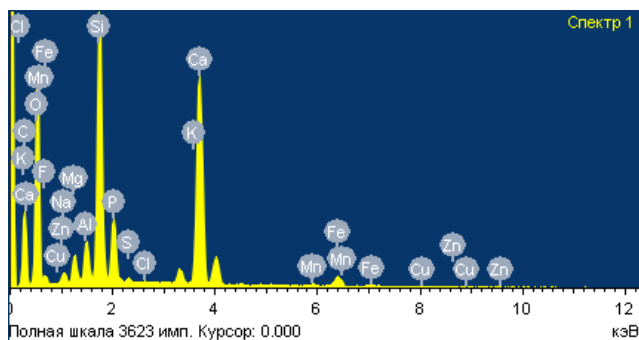
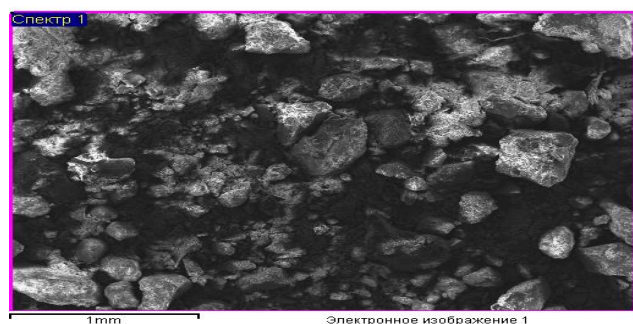
А



Б



В



Г

Ескерту: А – құрамында фосфоры бар ақшыл түсті түйіршікті қалдықтар (шлак);

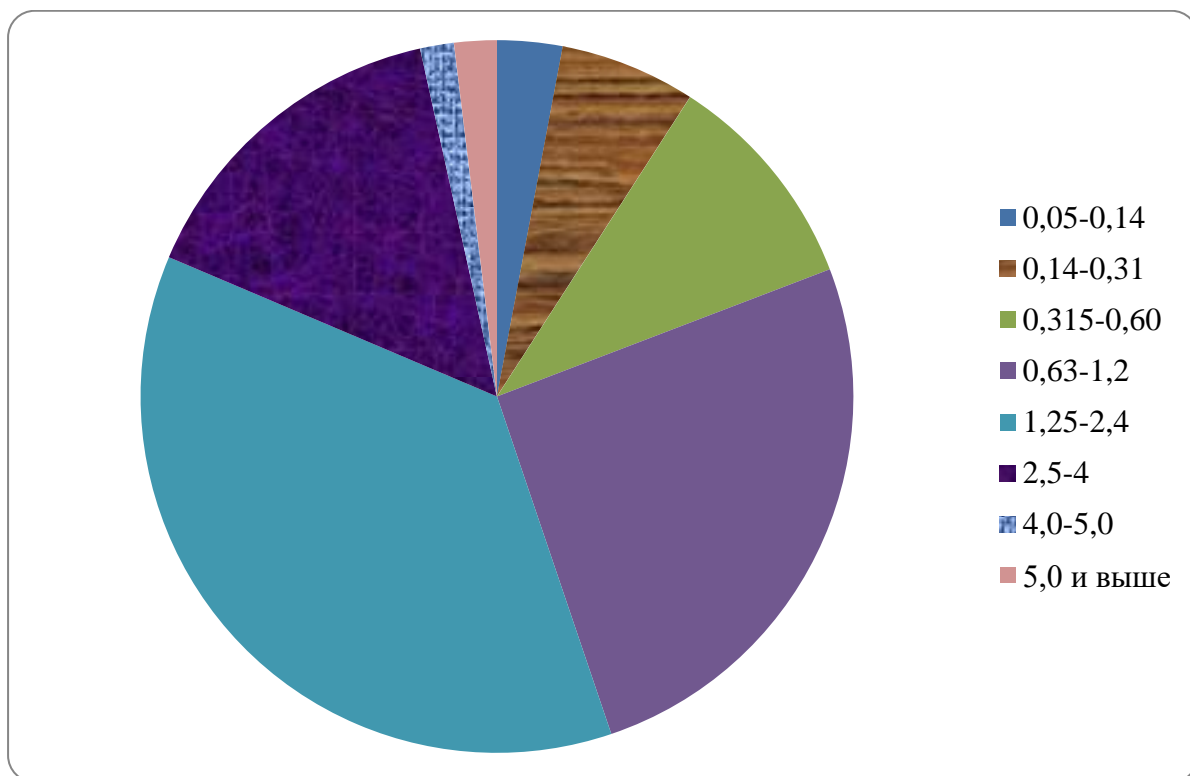
Б – құрамында фосфоры бар қара түсті түйіршікті қалдықтар;

В - құрамында фосфоры бар тығыз , қатты қалдықтар (шлам) ;

Г- құрамында фосфоры бар ақшыл көк түсті тығыз қалдықтардың кескінді электронды микроскоппен түсірілімі;

Сурет 5 – Әр түрлі құрамында фосфоры бар қалдықтардың түрлері

Қалдықтардың фракциялық құрамының талдау нәтижелері басымдық фракциясы бойынша ерекшеленетінін көрсетті. Қалдықтардың басымдық фракциясының қалыптасуына өндірістегі бастапқы шикізатты өндеудің технологиялық параметрлері, сонымен бірге, ауа-райының, климаттық жағдайлары мен сақтау қоймасының уақытша сипаттарының да ықпалы бар. Қалдықтардың ең үлкен фракциялары полигондарда ұзақ уақыт жинақталып, сақталу нәтижесінде қалыптасатыны расталды. Келесі суреттерде қалдықтардың фракциялық құрамы көрсетілді (сурет 6).



Сурет 6 – Құрамында фосфоры бар қалдықтардың фракциялық құрамы, мм

Қалдық үлгілерінің орташа салмағы $997,5 \pm 2,5$ г құрады, іріктелген фракциялық өлшемдері: тозаң -2,96 г , 0,14 см - 6,16 г, 0,315 см -10,07 г, 0,63 см - 25,61г, 1,25 см -36,59 г, 2,5см -15,15 г, 4,0 см -1,53 г, 5,0 см - 1,93 г құрады, келесі 4-ші кестеде ОҚӨ құрамында фосфоры бар қалдықтардың фракциялық құрамының пайыздық көрсеткіші мен орташа салмағы көрсетілді (кесте 4).

Кесте 4 – ОҚӨ құрамында фосфоры бар қалдықтардың фракциялық құрамы, %

№	Қалдық үлгілері	Үлгінің орташа салмағы, г	Фракциялық құрамы, см*							
			тозаң	0,14	0,315	0,63	1,25	2,5	4,0	5,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Құрамында фосфоры бар қалдықтар (майда)**	997,5±2,5	2,96	6,16	10,07	25,61	36,59	15,15	1,53	1,93
Ескерту: ** құрамында фосфоры бар қалдықтар жинақталған сақтау орындарында шлактардың өңделген жыныстары мен жонылған ірі бөлшектерінің 10,0-18,0 см өлшемді үлгілері көрнекі түрде басым, сирек өлшемі 30,0 см дейінгі үлгілер белгіленді.										

3.1.2 Құрамында фосфоры бар қалдықтардың биологиялық қабілеттілігі

Қоршаған ортаны ластаушы және ондағы биоценоздың тұрақтылығына күрделі зардаптар туғызатын қауіпті қалдықтарға құрамында фосфоры бар техногендік қалдықтарда жатады. Техногендік қалдықтардың уыттылығын биологиялық әдістермен бағалау кезінде, әдетте, әртүрлі гидробионтты ағзалардың топтарын: микробалдырлар, шаян тәрізділер, хирономидтер, ұлулар және т.б. тест ағзалары ретінде қолданылады және бұл салада көптеген шетелдік және отандық зерттеулер кездеседі [205, 206], биотестілеуде тест-ағзаларды қолданудың ерекшелігі, уыттылық немесе экотоксикантылықты бағалауда ыңғайлы нысан ретінде олардың өзінің бойына көптеген метал иондарын жинақтай алатын және оларды уытты емес формаға айналдыра алатын қабілеттері болады. Ауыр металдар мен олардың қосылыстары ағзаға түскен кезде ағза метаболизмінде көптеген өзгерістер тудыратын экотоксиканттардың маңызды тобын құрайтыны белгілі. Сонымен бірге, қоршаған ортаны ластаушы қауіпті техногендік қалдықтардағы түрлі метал иондарының жоғары уытты фоны экожүйе көрсеткіштеріне де әсер етеді. Алайда, көп компонентті тығыз субстраттарды барабар бағалау үшін тест-ағзаның зерттелетін үлгімен тікелей байланысын қамтамасыз ететін және қатты ластағыштардың әсер ету деңгейін анықтауға мүмкіндік беретін субстратты немесе контактілі биотесттеуді қолдану қажет. Қазақстанның оңтүстік өңірінде қазіргі таңда 50,0 млн т астам құрамында фосфоры бар қалдықтар жинақталған, қалдықтың жинақталған орны жүздеген мың гектар жерді шаруашылық және экономикалық айналымнан шеттетіп отыр. Экологиялық тұрғыдан ауыр қалдықтар жиналған үйіндер мен қалдық сулары әр түрлі климаттық факторлардың салдарынан, жел, су, жауын-шашын арқылы жер асты және жер үсті суларының, судағы тіршілік ететін ағзалардың, атмосфералық ауаның, топырақ пен өсімдіктердің ластану көздері болып табылады. Қалдықтарды биотестілеу, олардың гигиеналық және экологиялық қауіптілігін бағалау, оларды өнеркәсіптің әртүрлі салаларында қайталама шикізат көзі ретінде, сондай-ақ мелеоранттар, тыңайтқыштар және т. б. пайдалану мүмкіндігін арттырады.

Құрамында фосфоры бар қалдықтардың биологиялық қабілеті, олардың биологиялық нысандарға әсер ету сипатына қарай анықталды, тест-нысан ретінде

мәдени тест – өсімдік *P. vulgaris*, *H. vulgare* және табиғи су көздерінің гидробионтты ағзалары қолданылды.

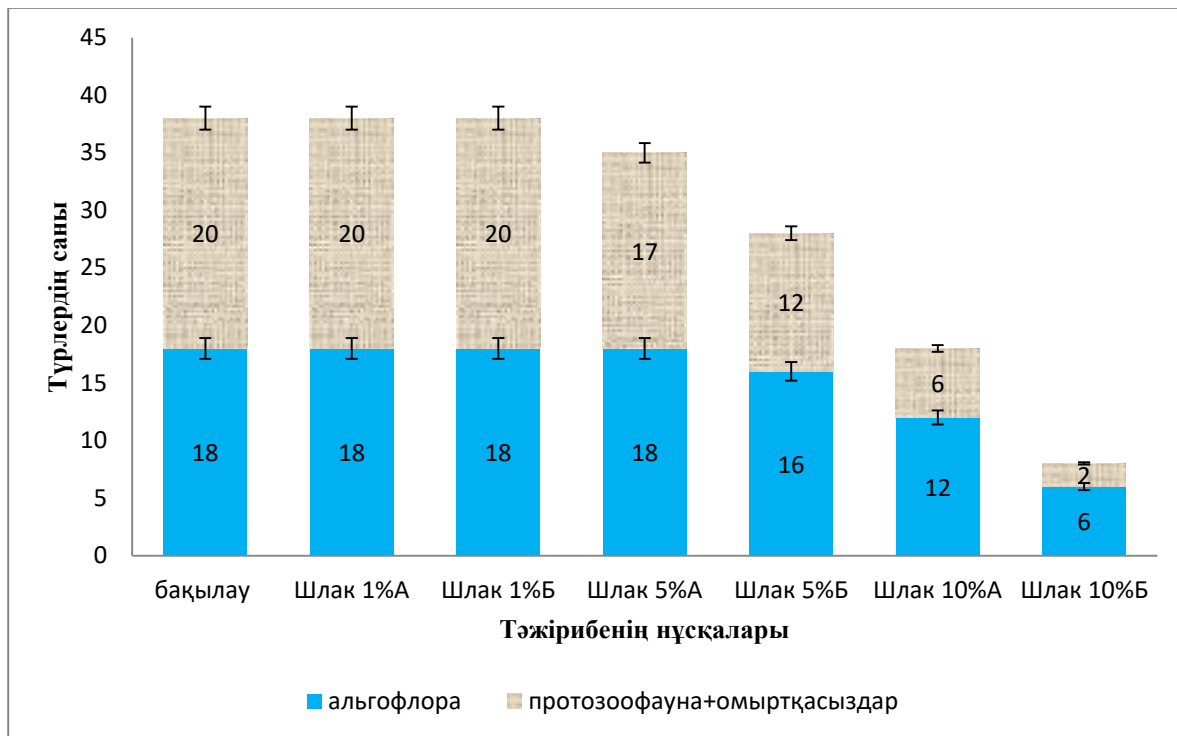
3.1.2.1 Құрамында фосфоры бар қалдықтардың тест-нысан ағзаларға уыттылығын бағалау

Моделді тәжірибелерде құрамында фосфоры бар қалдықтардың (шлак, шлак) уыттылығына су ағзаларының төзімділігі зерттелген кезде гидробионттардың морфометриялық және физиологиялық көрсеткіштері, өсуі мен дамуы, уыттылыққа төзімділік дәрежесі анықталған. Тәжірибе барысында уыттылық көрсеткішінің критерийі ретінде су ағзаларының тіршілік әрекеті, жасушаларының пішіні және хромотофораларының өзгеруі, жасушалардағы пигменттер өзгерісі, жасушалар саны, цитоплазмалардың плазмолизі, инцистирлену, талшықтарының қысқаруы, жиырылғыш вакуольдің пульсациясы, осморегуляциясы, ағзалардың қоректену қарқындылығы, хемотаксис, жасушалардың бөлінуі мен көбею қарқыны, ағзалардың токсиканттарға төзімділігі және бейімделу қабілеттері есепке алынды. Сонымен бірге, таксономиялық әртүрліліктің популяциясы да ескерілді.

Тест-нысан ретінде су ағзаларының әртүрлі жүйелік топтарынан тұратын жинақталған дақыл пайдаланылды: диатомды балдырлардың әртүрлі бір жасушалы түрлері: *Synedra ulna*, *Meridion circulare*, *Navicula gracilis*, *N. elegans*, *N. placentula*, *Amphora ovalis*, *Pinnularia viridis*, *Phaeodactylum tricornutum*, *Cymbella ventricosa* жасыл микробалдырлар: *Scenedesmus quadricauda*, *S. protuberans*, *Chlorococcum sp.*, *Chlorella vulgaris*; жасыл жіптесінді балдырлар: *Spirogyra porticalis*, *Cladophora glomerata*; цианобактериялар: *Oscillatoria limosa*, *O. tenuis*; қарапайымдылар: *Amoeba proteus*, *A. limax*, *Aspidisca sp.*, *Euglypha acanthophora*, *Paramecium aurelia*, *P. caudatum*, *P. putrinum*, *P. omrelia*, *P. multinucleus*, *Stylonychia mytilus*, *Colpoda steinii*, *Vorticella convallaria*, *Bodo lens*, *Euglena viridis*, *Euglena sp.* құрттар: *Rotatoria sallidina*, *Aeolosoma sp.*, *Nematoda sp.*, шаянтәрізділерден: *Gammarus lacustris*, *Daphnia magna*. Гидробионтты ағзаларға қалдықтардың (шлак, шлак) әсерін зерттеу нәтижелерінен $1,0 \pm 0,1$ %, $5,0 \pm 0,3$ %, $10,0 \pm 0,9$ % көлемді мөлшерлі концентрациясында тест-ағзалардың реакциялары әртүрлі дәрежеде болды. Бақылау нұсқаларындағы гидробионтты ағзалардың сандық құрамы 38 түрды құрады, оның 18 балдырлар, 20 түр қарапайымдыларға жатқызылды.

Құрамында фосфоры бар қалдық - шлактардың тест ағзаларға уыттылық дәрежесін бағалауда $1,0 \pm 0,1$ % - $5,0 \pm 0,3$ % көлемді мөлшерлі концентрация аралығы гидробионтты ағзалар үшін уытты концентрация емес болып келетіні анықталды, керісінше бұл концентрацияда тест-нысан ағзаларға жайлылық туындайтыны сандық көрсеткішінің артуымен байқалынды. Тек $5,0 \pm 0,3$ % 48 сағаттан кейін ағзалардың сандық көрсеткіші өзгеріс алып, инцистирлену жиіледі. Шлактың $10,0 \pm 0,9$ % көлемді мөлшерлі концентрацияда, алғашқы 1-2 сағатта өткір уыттылық белгілері орын алды, тест ағзалардың жасушаларында әлсін плазмолиз нышандары байқалды. 24 сағатта гидробионтты ағзалардың сандық көрсеткіші өзгеріс алмады, тек вакуолдер жиырылуы, баяу қозғалыс, цисталар

қалыптаса бастады. Ал 48 сағатта қарапайымдылардың сандық көрсеткіші «көп» көрсеткіштен «орташа» көрсеткішке түсті, қарапайымдылар мен омыртқасыздардың $10,0 \pm 0,9$ %, балдырлардың $33,4 \pm 0,3$ % ғана тұрақтылық сақтай алды. Уыттылық дәрежесі бойынша шлақтың $10,0 \pm 0,9$ % көлемді мөлшерлі концентрация мөлшерлерін әлсін уытты деп бағалап, орта рН көрсеткіші 8,0-8,2 дәрежеде болатыны анықталды (сурет 7).



Ескерту: Шлак 1,0 % көлемді мөлшерлі концентрация А – 24 сағат; Шлак 1,0 % көлемді мөлшерлі концентрация Б – 48 сағат.

Шлак 5,0% көлемді мөлшерлі концентрация А – 24 сағат; Шлак 5,0 % көлемді мөлшерлі концентрация Б – 48 сағат.

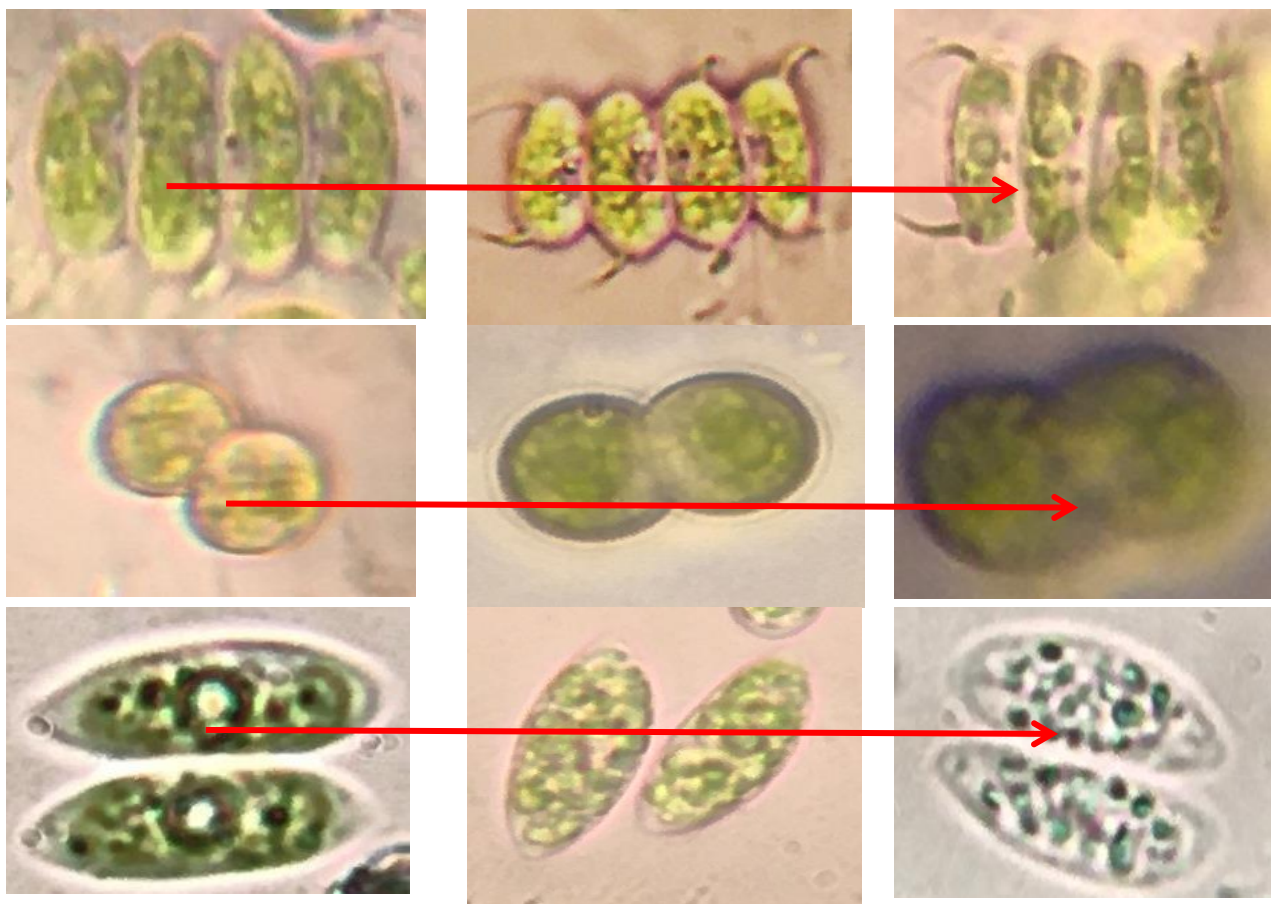
Шлак 10,0 % көлемді мөлшерлі концентрация А – 24 сағат; Шлак 10,0 % көлемді мөлшерлі концентрация Б - 48 сағат.

Сурет 7 – Гидробионтты тест –ағзалардың түрлік және сандық құрамына фосфор қалдығы шлактардың әртүрлі концентрациясының әсері

Шлактың $5,0 \pm 0,5$ % көлемді мөлшерлі концентрациясында 1-2 сағат пен 24 сағат аралығында тест-ағзалардың жасушаларының сандық көрсеткішіне әсер бермеді. Тек кейбір құрттар 24 сағатта жойылды, ал 48 сағатта қарапайымдылар *A. proteus*, *A. limax*, *Aspidisca sp.*, *E. acanthophora* жасушалары циста қабатын түзді, *P.aurelia*, *P.caudatum*, *P. putrinum*, *P. omrelia*, *P. multinucleus*, *S. mytilus*, *C. steinii*, *V. convallaria*, *B.lens* 48 сағатта созылмалы уыттылық белгілері туындады, жасушалары түссізденіп, қимыл қозғалыстары төмендегені білінді. Шлактың $5,0 \pm 0,3$ % көлемді мөлшерлі концентрациясында тест-нысан ағзаларда әлсіз плазмолиз реакциясымен жауап берді (сурет 8).

$10,0 \pm 0,9$ % көлемдік мөлшердегі концентрациясына тест-ағзалардың жауап реакциясы әртүрлі көрсеткішке ие болды. Алғашқы 1-2 сағатта өткір уыттылық реакциялары байқалды, әлсіз плазмолиз, хромотофоралар түйіршіктелуі орын

алды. 24 сағатта қарапайымдар мен балдырлар сандық көрсеткіштері «көп» көрсеткіштен «сирек» көрсеткіште төмендеді.



Сурет 8 – Тест-ағзалар жасушасындағы әлсіз плазмолиз реакциялары

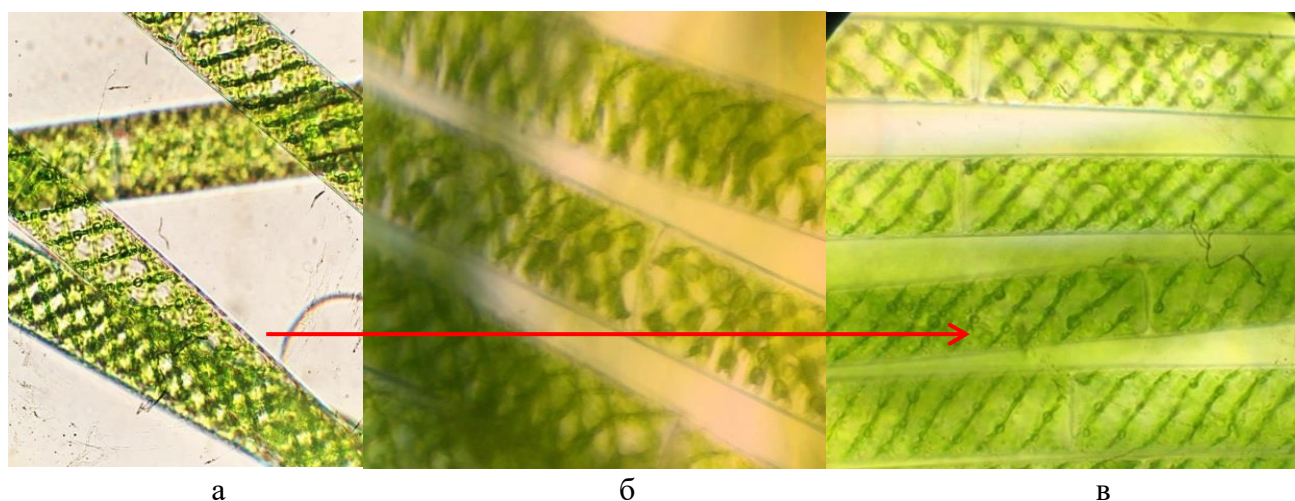
Қарапайымдар жасушасы цисталанды, микробалдырлар мен жасыл жіптесінді балдырлар жасушасында хромотофоралар түйіршіктелуі, жасушалар мен вакуолдер көлемі кішірейді, жасушалар түссізденуі байқалды. Бір жасушалы жасыл балдырлар *Chlorococcum sp.*, *C. vulgaris* жасушалары түссізденді, тест-ағзалардың жасушаларының саны «көп» көрсеткіштен «сирек» көрсеткішке түсті. 48 сағатта *S. quadricauda*, *S. protuberans*, кейбір құрттар ағзасы жойылды. Ал цианобактериялар *O. limosa*, *O. tenuis* қалдықтар уыттылығының барлық концентарциясында тұрақты болып табылды, ағза жасушаларында ешқандай қарсы реакциялар болмады.

Алайда 48 сағат өткеннен кейін 30 күн аралағында балдырлар ағзасы уыттылыққа қарсы бейімдеушілік реакциялар қалыптасырды. *P. tricornutum*, *C. ventricosa*, бір жасушалы *Chlorococcum sp.*, *C. vulgaris* балдырлар жасушасында бейімдеушілік реакциялар түзіліп, тіршіліктік белсенділіктері артып, жасушалар репродуктивтілігі жоғарылады, сандық бағалау көрсеткіші «өте көп» көрсеткішке жоғарылады. Осыған орай цианобактериялар *O. limosa*, *O. tenuis*, диатомды *P.*

tricornutum, *C. ventricosa*, бір жасушалы жасыл балдырлар *Chlorococcum sp.*, *C. vulgaris* төзімділік деңгейі жоғары ағзалар қатарына жатқызылды.

2-ші зерттеу нысаны ретінде алынған құрамында фосфоры бар шламның гидробионтты тест-ағзаларға уыттылық әсерін зерттеуден $1,0 \pm 0,1$ % көлемді мөлшерлі концентрация әлсіз уытты, $5,0 \pm 0,3$ % орташа уытты, $10,0 \pm 0,9$ % концентрациядан жоғары концентрация уытты болып анықталды. Уыттылық концентрациясын арттырғанда ортаның рН дәрежесі 9,8, күшті сілтілік орта көрсетті.

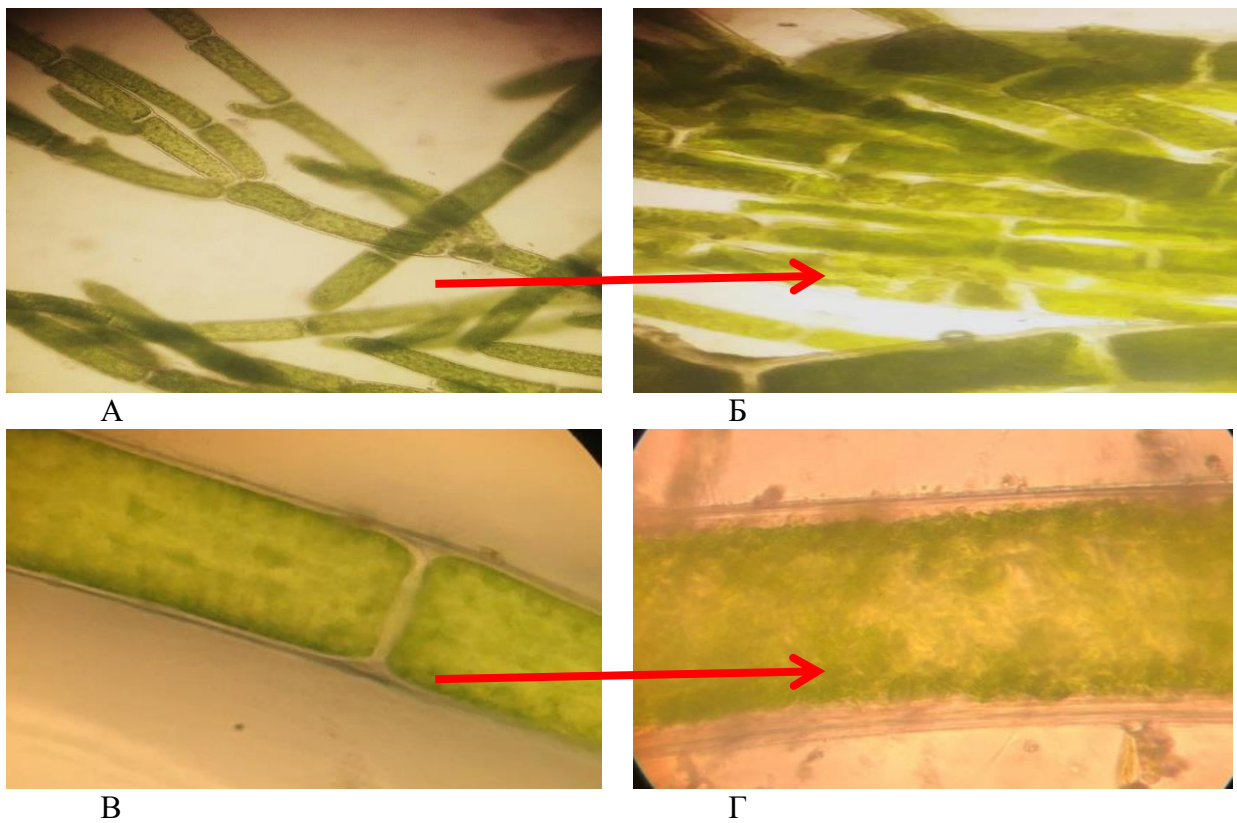
$1,0 \pm 0,1$ % көлемді мөлшерлі концентрациясы бақылау нұсқамен салыстырғанда гидробионтты ағзалардың сандық көрсеткіші өзгеріссіз, алғашқы минуттарда тест-ағза жасушаларында әлсіз түйіршікті реакция нышаны байқалды, бұл құбылыс өткір уыттылық жауаптарымен түсіндірілді. $5,0 \pm 0,3$ % - $10,0 \pm 0,9$ % көлемді мөлшерлі концентрацияларда 1-2 сағатта тест-ағзалар жасушасында қарсы жауап реакциялар орын алады, өткір уыттылық белгілері пайда болды, хромотофораларының түйіршіктелгені байқалды. $5,0 \pm 0,3$ % концентрацияда 1-2 сағаттағы өткір уыттылыққа жіпшелі жасыл балдырлар сезімталдылық байқатты, балдыр жасушасында әлсіз плазмолиз құбылысы байқалды. Мысалы, жіпшелі жасыл балдырлар *S. porticalis* жасушасында әлсіз плазмолиз реакциясы пайда болды (сурет 9).



а- бақылау (дейінгі), б, в, -тәжірибе (кейінгі)

Сурет 9 – *S. porticalis* шлам қалдықтардың $5,0 \pm 0,3$ % көлемді мөлшерлі концентрациясына 1-2 сағатты өткір уыттылықтың әсеріне реакциясы

Өткір уыттылық әсері көбінесе жасыл жіпшелі балдырлар ағзасында орын алған плазмолиз реакциясынан байқалды. Жасыл жіпшелі балдыр *C. glomerata* жасушаларында плазмолиз құбылысы пайда болды (сурет 10). 24 тәулікте жасушалар саны орташа көрсеткішке көтерілді. Балдырлардың қозғалысы төмендеп, жасуша хромотофораларында түйіршіктелу тітіркеністері орын алды. 48 сағатта $5,0 \pm 0,3$ % көлемді мөлшерлі концентрациясында біртіндеп бейімдеушілік белгілері пайда болды, жасушалар саны артты, қозғалысы тұрақталды.



А,Б (× 800), В,Г (×800), А,В- бақылау (дейінгі), Б,Г –тәжірибе (кейінгі)

Сурет 10 – *C. glomerata* балдырының жасушасының құрамында фосфоры бар қалдықтардың $5,0 \pm 0,3$ % көлемді мөлшерлі концентрациясына реакциясы

24 сағатта қарапайымдар ағзасында созылмалы уыттылық әсері пайда болды, *A. proteus*, *A. limax*, *Aspidisca sp.*, *E. acanthophora*, *P.aurelia*, *P.caudatum*, *P. putrinum*, *P.omrelia*, *P. multinucleus*, *S.mytilus*, *V. convallaria*, *C.steinii* жасушалары кішірейіп қозғалыс төмендегеп, 48 сағат өткенде инцистирлену үрдісіне түсті (сурет 11). Құрттардан *Aeolosoma sp.*, *Nematoda sp.*, *R.sallidina* жасушалары жойылып, уыттылыққа төзімділігі төмен ағзалар қатарына жатқызылды.



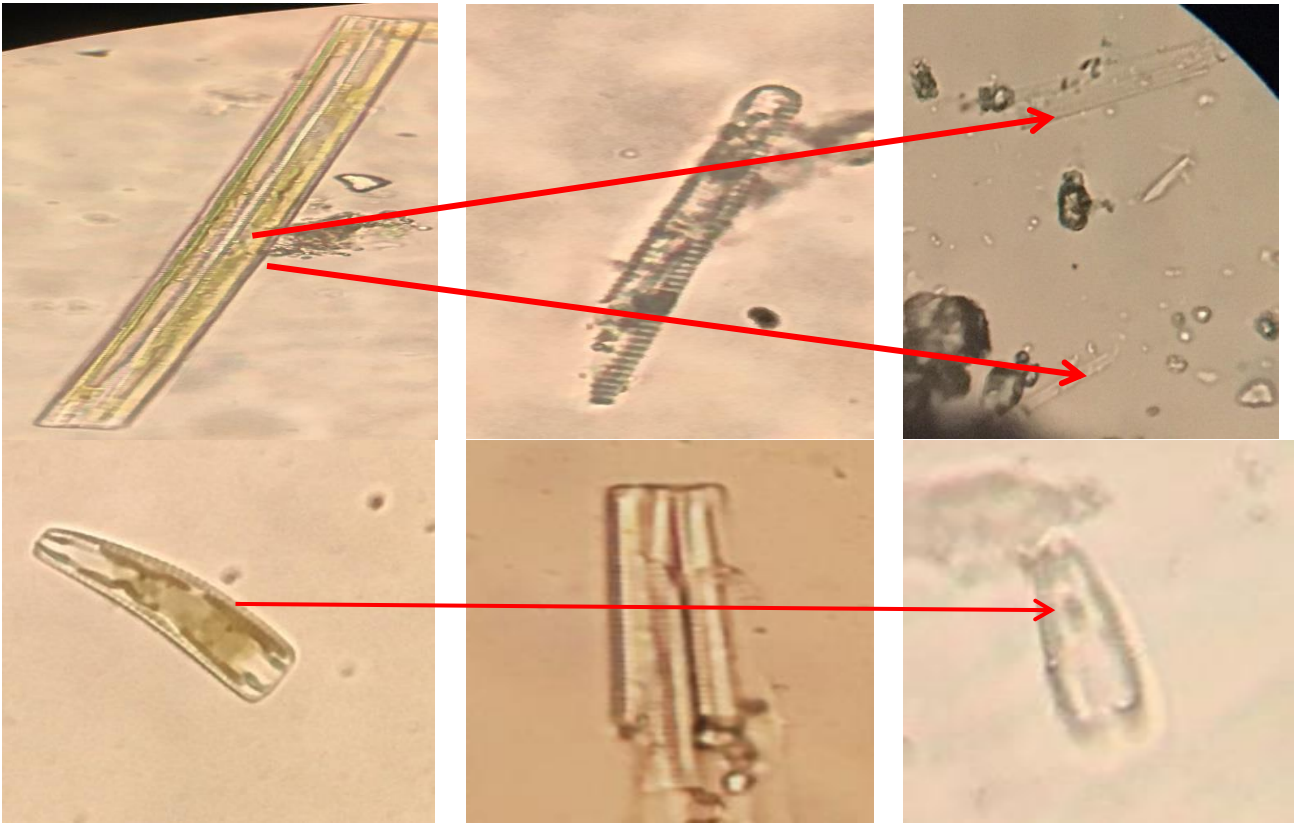
Сурет 11 – Фосфор қалдықтарының 5,0 % көлемді мөлшерлі концентрациясында қарапайымдылардың цистаға түсуі

5,0±0,3% концентрацияда микробалдырлар жасушасында хромотофораларының түйіршіктелуі байқалады. 24 сағат өткенде бір жасушалы *S. quadricauda*, *S. protuberans* саны «көп» көрсеткіштен «сирек» көрсеткішке түсті. Өткір уыттылық белгілері 48 сағат көлемінде білінді, балдырлар жасушасында түйіршіктелген хлорофил дәндерінің түссізденгені байқалды. Ал диатомды балдырлар плазмолиз реакциясымен жауап берді, *N. gracilis*, *Ph. tricorutum*, *A. ovalis*, *Navicula sp.* жасушалары түссізденіп, қозғалыстары баяулады (сурет 12).



Сурет 12- Тест –ағзалар жасушаларындағы плазмолиз сатысы

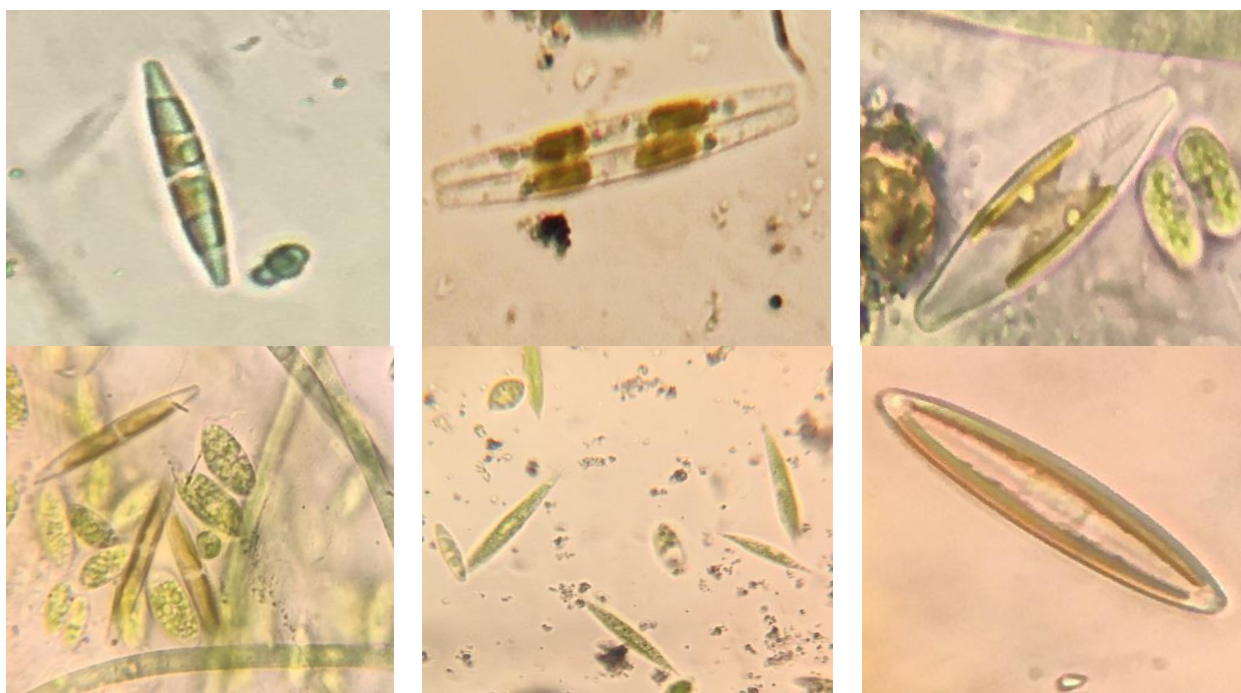
Ал 10,0±0,9 % көлемдік мөлшердегі концентрацияның уыттылық әсерін бақылауда 1-2 сағаттағы өткір уыттылық әсері білінді, тест-ағзаларда әлсін плазмолиз реакциясы пайда болды [207]. Бақылау нұсқасымен салыстырғанда 10,0±0,9 % шлам қосылған нұсқаларда 24 сағатта тест-ағзаларда созылмалы уыттылық белгілері байқатты, мысалы, бір жасушалы жасыл балдырлар *Chlorococcum sp.*, *C.vulgaris* жасушалары түссізденді, тест-ағзалардың жасушаларының саны «көп» көрсеткіштен «сирек» көрсеткішке түсті. 48 сағаттан созылмалы уыттылық туындағаны білінді, микробалдырлар *S. quadricauda*, *S. protuberans* пен диатомды балдырлардың кейбір түрлері *S. ulna*; *Meridion sp.* жасушаларының бұзылысы байқалып, төзімсіздік сандық көрсеткіштерінің төмендеуінен байқалды (сурет 13).



Сурет 13 – Шламның $10,0 \pm 0,9$ % концентрациясында диатомды балдырлар жасушасының тәжірибеге дейінгі және кейінгі жағдайы

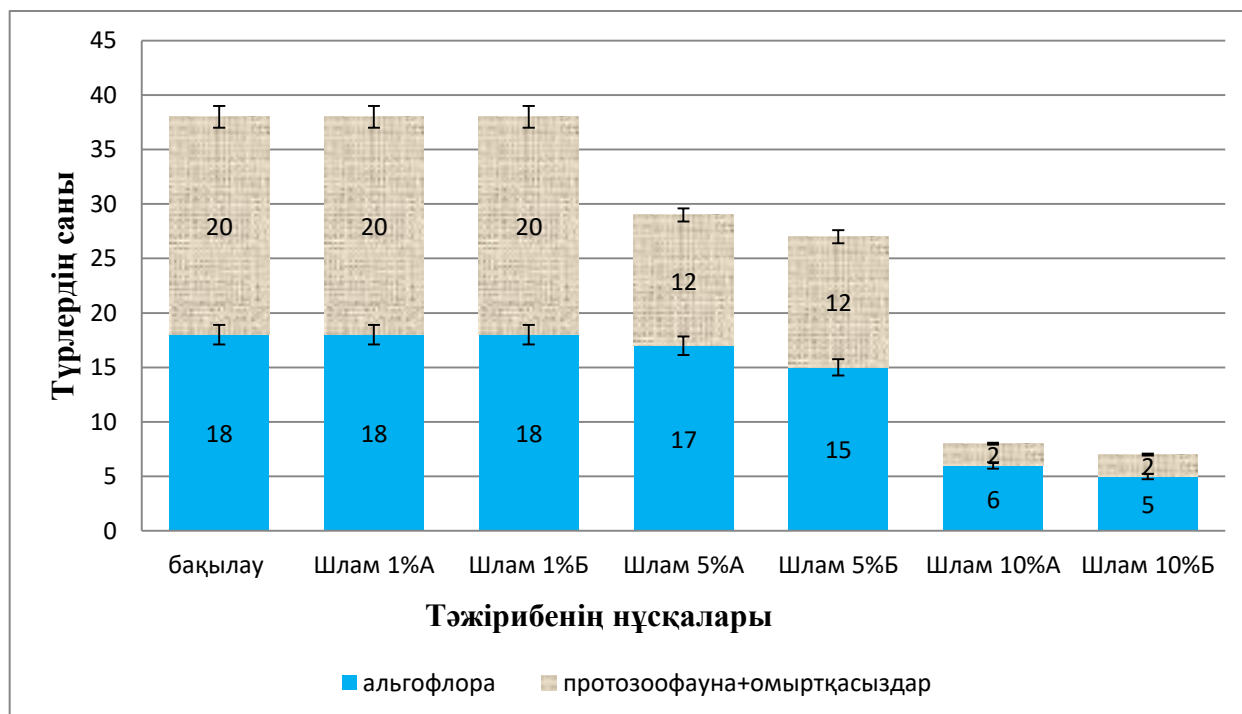
$10,0 \pm 0,9$ % концентрацияда қарапайымдылар ағзасы үшін де уытты саналды. Инфузориялылар типінің өкілдері уыттылыққа төзімділігі төмен ағзалар қатарына жатқызылды, себебі инфузориялылардың көпшілігі 24 сағатта жойылды, ал *E. viridis* жасушаларының өсу және даму көрсеткіші тұрақты болды. 30 күн ішінде кейбір гидробионттар саны артқаны байқалды. Олар: $10,0 \pm 0,9$ % концентрацияда цианобактериялар *O. limosa*, *O. tenuis* мен жасыл балдырлар. *Chlorococcum* sp., *C. vulgaris* балдырлары тіршіліктік белсенділіктері мен қарқынды көбеюін қамтамасыз ететін бейімдеушілік реакциялары қалыптасып, бағалау көрсеткіші «өте көп» көрсеткішке жоғарылайтыны анықталды (Қосымша Б, сурет Б.1). Ал кейбір диатомды балдырлардың өкілдерінде плазмолиз реакциялары байқалды, жасушалары түссізденіп, қозғалысы баяулады, 48 сағаттан кейін жасушаларда бейімдеушілік реакциялары пайда болып, көбею үрдісі орын алды (сурет 14).

Crustacea класының өкілдері *G. lacustris*, *D. magna* $5,0 \pm 0,3$ % концентрациясында қимыл-қозғалысы баяулап, шапшаңдығы төмендеді, ал $10,0 \pm 0,9$ % концентрацияда, 24 сағаттан кейін леталды жағдайға ұшырады. Шламның $10,0 \pm 0,9$ % концентрациясында қарапайымдылар мен омыртқасыздардың да сандық көрсеткіші сиреді, 48 сағатта кейбір қарапайымдылар түрлерінде циста қабаттары пайда болды.



Сурет 14 – Фосфор қалдықтарына диатомды балдырлардың реакциялары

Шламның $10,0 \pm 0,9$ % көлемді мөлшерлі концентрациясында тест ағзалардың сандық көрсеткіші төмендеп, қарапайымдылардың, балдырлардың 27,7 % тіршілік қабілеттерін сақтап қалды (сурет 15).



Ескерту: Б-бақылау; А -24 сағат; Б- 48 сағат

Сурет 15 – Гидробионтты тест – ағзалардың түрлік және сандық құрамына фосфор қалдығы шламдардың әртүрлі концентрациясының әсері

Сонымен биотестілеу нәтижелері көрсеткендей, шлактың $1,0\pm 0,1$ % - $5,0\pm 0,3$ % көлемдік мөлшердегі концентрациясы аралығы балдырлар мен қарапайымдылар ағзасы үшін қауіпсіз, ал *O.limosa*, *O.tenius*, *Chlorococcum sp.*, *Ch.vulgaris* сандық көрсеткіштері артқаны анықталды. Шлактың $10,0\pm 0,9\%$ көлемді мөлшерлі концентрациясы орташа уытты болды.

Ал шлам түрінде фосфор қалдығының уыттылық көрсеткіші жоғары болып келді. $1,0\pm 0,1$ % концентрация уыттылығы төмен, $5,0\pm 0,3$ % орташа уытты, $10,0\pm 0,9\%$ уыттылығы жоғары концентрация болып саналды.

Қалдықтардың уыттылығына төзімділігі жоғары ағзалар қатарына: цианобактериялар: *O. limosa*, *O. tenuis*, жасыл балдырлар *Chlorococcum sp.*, *C. vulgaris*, диатомды балдырлардың кейбір түрлері.

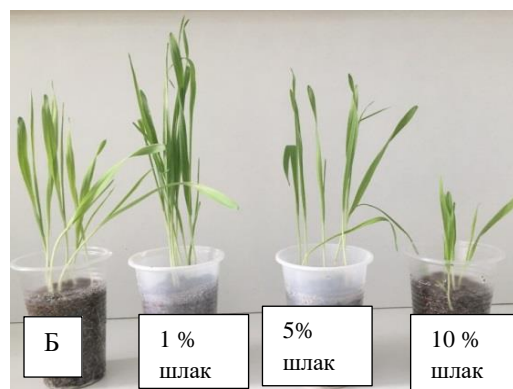
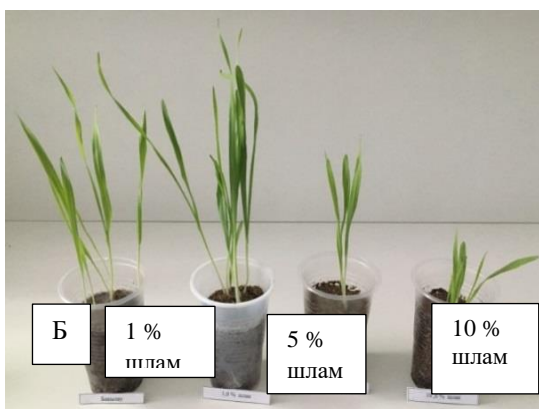
Төзімділік деңгейі төмен ағзалар: *S. quadricauda*, *S. protuberans*, *S. ulna*; *Meridion sp.* *A. proteus*, *A. limax*, *Aspidisca sp.*, *E. acanthophora*, *P. aurelia*, *P. caudatum*, *P. putrinum*, *P. omrelia*, *P. multinucleus*, *S. mytilus*, *V. convallaria*, *C. steinii*, *Aeolosoma sp.*, *Nematoda sp.*, *R. sallidina*, *Crustacea* класының өкілдері *G.lacustris*, *D. magna* болып саналды.

Сонымен бірге, зерттеулерден белгілі болғандай шлак және шлам қалдығының концентрациясын арттырумен қатар ортаның рН көрсеткіші жоғарылады. рН өзгерісі тест-нысан ағзаларға қосымша тежеуші фактор ретінде әсер беретіні анықталды. Қалдық үлгілерінің $1,0\pm 0,1$ % көлемдік мөлшердегі концентрациясында рН 8,2, ал шлактың $5,0\pm 0,3$ - $10,0\pm 0,9$ % көлемдік мөлшердегі концентрациясында рН 8,8-9,0, ал шламда $5,0\pm 0,3$ % рН 8,9-9,1, $10,0\pm 0,9$ % концентрацияда рН 9,8 күшті сілтілі дәрежеде болды. Зерттеулерден фосфор қалдықтары шлам мен шлактардың аз концентрациясы тест-ағзаларына уытты әсер бермейтіні, концентрацияны арттырғанда уыттылық пен рН артатыны белгілі болды. Шлактың уыттылығынан шлам уыттылығы жоғары болды.

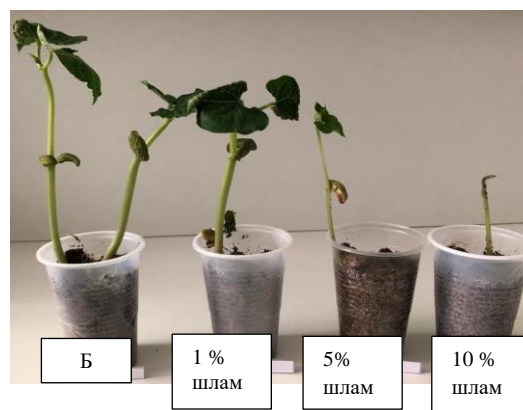
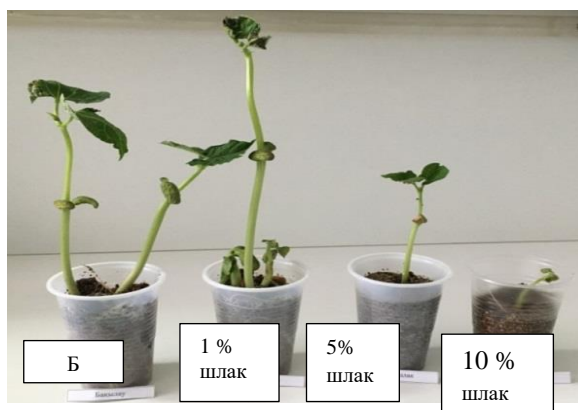
3.1.2.2. Құрамында фосфоры бар қалдықтардың мәдени өсімдіктерге әсерін зерттеу

Мәдени өсімдіктерге құрамында фосфоры бар қалдықтардың әртүрлі концентарциясының фитоуыттылығының әсерін зерттеуде келесі нәтижелер алынды. Фито-тест нысан өсімдіктері ретінде *H. vulgare*, *P. vulgaris* мәдени өсімдіктері қолданылды.

1- Құрамында фосфоры бар шлактар: борпылдақ, түйіршікті қалдықтар, әлсіз уытты қалдықтар болып табылды. $1,0\pm 0,1$ % көлемді мөлшерлі концентрациясы өсімдіктердің өсу, даму көрсеткіштерін арттырды, өсу стимуляторы ретінде әсер етті, бақылаумен салыстырғанда, өсімдіктердің жалпы ұзындығы артты. $1,0\pm 0,1$ % көлемді мөлшерлі концентрацияда егілген өсімдіктер тұқымының өнімі $80,1\pm 6,8$ - $94,7\pm 7,3$ % құрады. Өсімдіктердің морфометрикалық көрсеткіштері, жапырақ тақтасы, тамыр ұзындықтары қалыпты жетілді. Ал $5,0\pm 0,3$ % көлемді мөлшерлі концентрациясы әлсіз уытты, ал $10,0\pm 0,9$ % көлемді мөлшерлі концентрациясы орташа уыттылық әсер берді. $5,0\pm 0,3$ - $10,0\pm 0,9$ % концентрациясында тамыр жүйесі белсенді болса да, сабақтар мен жапырақтардың өсуі баяулайды (сурет 16, 17).



Сурет 16 – *H. vulgare* жүргізілген тәжірибелер



Ескерту: Б –бақылау. 1 -1% -шлам; 2-5,0% -шлам; 3-10,0% -шлам; 1 А-1% -шлак; 2 А-5,0 % -шлак; 3А- 10,0% шлак;

Сурет 17 – *P. vulgaris* өсімдігіне фосфор қалдықтардың (шлам, шлак) әсері

5,0±0,3 % көлемді мөлшерлі концентрациясы қосылған нұсқада:

1) *H. vulgare* тұқымдарының 89,4±7,3 % өніп шықты, өсімдіктің сабақ ұзындығы 14,8 ±1,4 % (бақылау -15,8±1,4 см), тамыр ұзындығы 8,9,±0,8 см (бақылау – 12,5±1,2см), жапырақ тақташасының ені 0,6 см, ұзындығы 13,3 см (бақылау – ені 2,1см, ұзындығы 15,7 см).

2) *P. vulgaris* өсімдік тұқымдарының өнімі 80,1% құрады, сабақ ұзындығы 11,4 ±1,2 % (бақылау -15,1±1,2 %), тамыр ұзындығы 11,2 ±1,1 см (бақылау - 14,2±1,2 см), жапырақ тақташасының ені 3,1 см, ұзындығы 3,3 см (бақылау- ені 4,1 см, ұзындығы 4,7см), орташа салмағы 2,3 г (бақылау -2,8 г);

10,0±0,9% көлемді мөлшерлі концентрациясы:

1) *H. vulgare* өсімдіктің дәндерінің өнімі 57,8±5,0 % құрады. Сабақ ұзындығы 6,6±0,6 см, тамыр ұзындығы 6,2±0,4 %, жапырақ тақташасы ұзынынан 7,1±0,7 см, 0,1 см енін құрады. Өсімдіктердің орташа салмағы бақылаумен салыстырғанда 26,8 % төмендегені байқалды.

2) *P. vulgaris* өсімдігі тұқымының өнімі 47,3 % өніп шығып, 52,7 % өнім төмендеді. Өсімдік сабақтарының ұзындығы 6,8±0,6 см, бақылау нұсқамен салыстырғанда 44,8±4,4 % қысқарған, тамыр ұзындығы 5,9±0,5 см, жапырақ тақтасы 2,9 см ұзынынан, 2,1 см ені құрады.

2- құрамында фосфоры бар шлам, өткір иісті, тығыз қалдық. Фито-уыттылығы 1,0±01 % көлемді мөлшерлі концентрациясы уыттылығы төмен, өсімдік тұқымының өнуі 89,2±0,8 % құрады. Өнген өсімдіктердің вегетативті мүшелерінің морфометрикалық көрсеткіштері қалыпты дамыды. Шламның 5,0 - 10,0 ±0,9% көлемді мөлшерлі концентрациялары тест-өсімдіктер үшін уытты екені анықталды. 5,0±0,3 % -*H. vulgare* -23,8±2,8 %, *P. vulgaris*- 46,6±4,4 % өнім берсе, ал 10,0±0,9 % өнім күрт қысқарды, *H. vulgare* -14,2 %, *P. vulgaris*-13,3 % төмен нәтиже берді.

5,0±0,5 көлемді мөлшерлі концентрациясы:

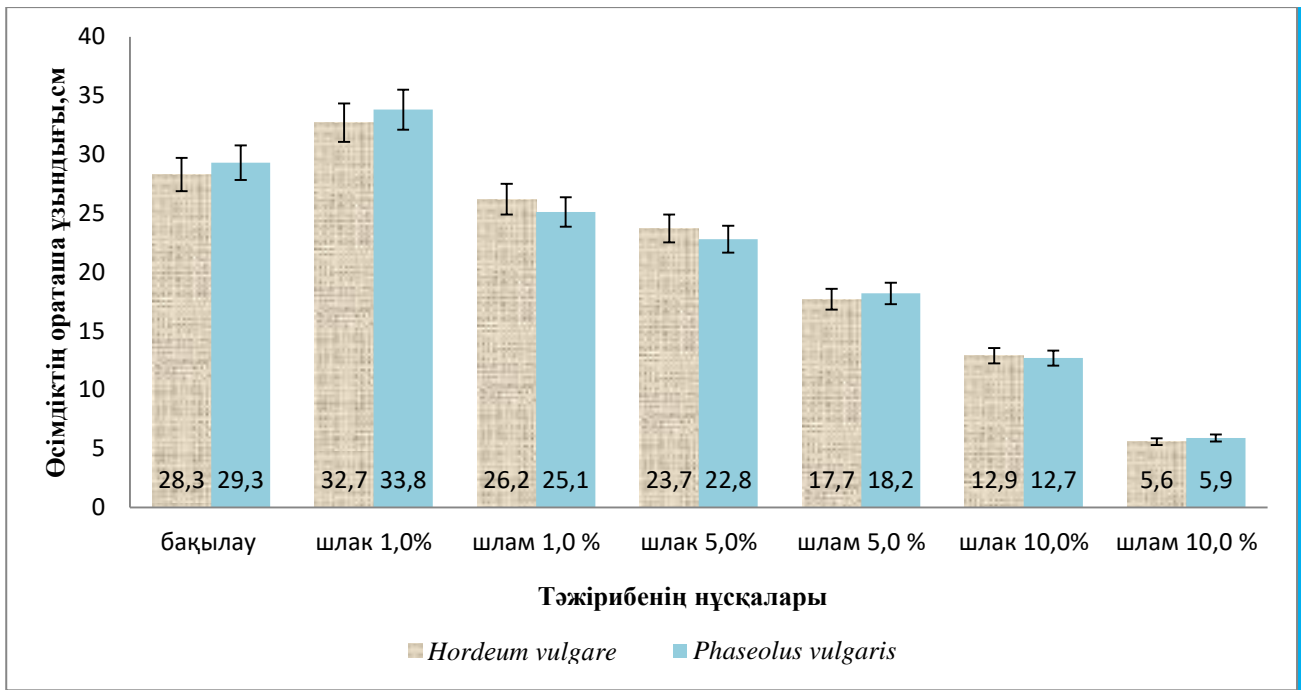
1) *H. vulgare* өсімдіктің 7,4±2,4 %), сабақ ұзындығы 9,8±0,9 % (бақылау - 15,8±1,3 %), тамыр ұзындығы 7,9±0,7 % (бақылау -12,5±1,2 %), жапырақ тақташасының ені 0,6 см, ұзындығы 4,2см (бақылау -ені 2,1 см, ұзындығы 15,7 см).

2) *P. vulgaris* өсімдіктің сабақ ұзындығы 12,8±1,2 см (бақылау -15,1±1,5 %), тамыр ұзындығы 5,4±1,0 % (бақылау -14,2±1,4 %), жапырақ тақташасының ені 1,8 см, ұзындығы 3,8 см (бақылау- ені 3,6 см, ұзындығы 4,7 см). Осы концентрацияда өсімдіктердің өнуі 47,8-67,2 % төмендеді. Вегетациялық мүшелерінің өсу критериялары өзгерді, морфометрикалық көрсеткіштері, сабақ, тамыр ұзындықтары қысқарды, жапырақтары кішірейген.

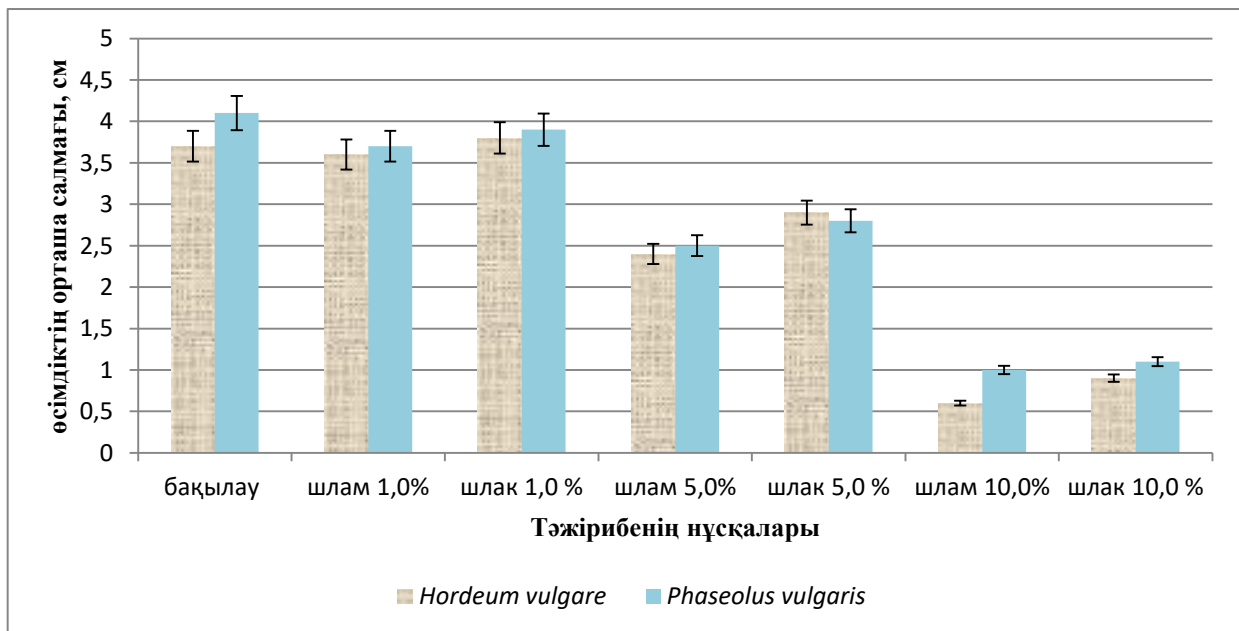
10,0±0,9 % көлемді мөлшерлі концентрациясы:

1) *H. vulgare* сабақ ұзындығы 3,8 ±0,3 % бақылаумен салыстырғанда 24,1% қысқарған, тамыр ұзындығы 1,8±0,1 % (бақылау-11,6±1,2 %). Жапырақ тақташасының ені 0,2 см, ұзындығы 3,4 см (бақылау- ені 2,1 см, ұзындығы 15,7 см), өсімдіктің орташа салмағы азайды. Өсімдіктердің биометрикалық көрсеткіштерінің ауытқуы мен өсімдіктің өсу, даму үрдістерінің тежелуі байқалды. Өсімдіктің морфометрикалық көрсеткіштері төмендеді, сабақ

ұзындығы, тамыр жүйесі қысқарған. Өсімдіктің жалпы ұзындығы бойыша 20,8 % айырмашылық байқалды (сурет 18, 19).



Сурет 18 – Мәдени өсімдіктердің орташа ұзындығына құрамында фосфоры бар қалдықтардың әртүрлі концентрациясының әсері



Ескерту: Б –бақылау. 1 -1 % -шлам; 2-5,0 % -шлам; 3-10,0 % -шлам; 1 А-1 % -шлак; 2 А-5,0 % -шлак; 3А- 10,0 % шлак;

Сурет 19 – Мәдени өсімдіктердің орташа салмағына құрамында фосфоры бар қалдықтардың әртүрлі концентрациясының әсері

2) *P. vulgaris* сабақ ұзындығы $3,8 \pm 0,5$ %, тамыр ұзындығы $2,1 \pm 0,4$ %, орташа салмағы 0,5 г (бақылау -2,8 г). Жапырақтары толық жетілмеген, гуттациялық үрдістердің төмендігінен жапырақтары құрғап, некрозға ұшырады, кейбір өскіндерде мүлдем дамымады. Тамыр жүйесі қысқарған. Шлам қосылған нұсқада өсімдік өнімі 86,7 % төмендегені анықталды. Осыған орай ҚФБШм $10,0 \pm 0,9$ % көлемді мөлшерлі концентрациясы *H.vulgare*, *P.vulgaris* үшін уытты болып табылды.

Шлактың $1,0 \pm 0,1$ % концентрациясы жоғары сатыдағы мәдени өсімдіктер үшін «өсу стимуляторы» ретінде әсер беретін концентрация болып нақтыланса, ал шламның $10,0 \pm 0,9$ % көлемді мөлшерлі концентрациясы тест –өсімдіктер үшін уыттылық мөлшер деп бағалауға болады. Құрамында фосфоры бар шламның $10,0 \pm 0,9$ % көлемді мөлшерлі концентрациясының фито-уыттылығы шлак қалдықтарымен салыстырғанда жоғары екендігі анықталынды [208, 209]. ҚФҚ уыттылығына өсімдіктердің әсері, морфометрикалық көрсеткіштерінде өзгерістер орын алды.

Сонымен, зерттеу нәтижелерінен белгілі болғандай Шымкент қаласындағы бұрынғы фосфор зауытының қалдықтарының сыртқы структурасы қазіргі таңда 4 түрге: түйіршікті, қатты; түйіршікті борпылдақ, тығыз жұмсақ, тығыз қатты болып ажыратылды. Қалдықтардағы бағалы компоненттер құрамы тұрақты емес, себебі сыртқы климаттық өзгерістерден, жел, су эрозиясы салдарынан химиялық құрамы тұрақтылығы өзгереді. Қалдықтардың морфологиясы мен құрылымдық текстурасына, фракциясына жел күшімен, су ағыны әсерінен фосфор қалдықтардың құрамы, құрылымдық текстурасы өзгерістерге ұшырайтынын көрсетті. Қалдықтардың минералогиялық құрамы силикатты және кальцилі минералдардан тұратыны белгілі болды. Химиялық құрамында көп мөлшерде кремний, фосфор, кальций, темір және сирек жер металдардан La, Ce, Nd, Th болатыны белгілі болды. Шикізаттың өңделуі мен климаттық параметрлер, жинақталған үйіндінің сипаты қалдықтардың басым фракциясының қалыптасуына әсер етеді. Қалдықтардың тест-ағзаларға уыттылық әсерін зерттеуде төзімділік деңгейі жоғары тест-ағзалар цианобактериялардан *O. limosa*, *O. tenuis*, диатомды балдырлар *N.elegans*, *N. gracilis*, *C. ventricosa* болып саналды. Ал *Chlorococcum sp.*, *Ch. vulgarus* балдырлары, эвгленалылар мен инфузориялылардың кейбір түрлерінде уыттылыққа бейімдеушілік реакциялары қалыптасып, тірішіліктік қабілеттері пайда болатыны анықталды. Микробалдырлар *S. quadricauda*, *S. protuberans*, диатомды *S. ulna* балдырына, қарапайымдылар тобынан *A. proteus*, *A. limax*, *Aspidisca sp.*, құрттар *R. sallidina*, шаянтәрізділер *G. lacustris*, *D. magna* жасушаларына құрамында фосфоры бар шламның $10,0 \pm 0,9$ % леталды әсер беретіні анықталды. Қалдықтардың тест өсімдіктер үшін фитотоксинділігін анықтауда шлактың $1,0 \pm 0,1$ % өсімдіктер үшін стимулятор ретінде әсер берді, ал $5,0 \pm 0,3$ - $10,0 \pm 0,9$ % шлак әлсіз уытты болды. Шламның $5,0 \pm 0,3$ % орташа, $10,0 \pm 0,9$ % жоғары уытты, шламның шлактан уыттылығы жоғары болып табылды, уыттылық пен қатар рН көрсеткіші артатыны нақтыланды.

3.2 Шымкент қаласында орналасқан құрамында фосфоры бар қалдықтардағы кен микроағзаларының таралу ерекшеліктері

Кен байыту кәсіпорындарынан қалған үйінділерде, өндірістік техногендік қалдықтарды флотациялық байыту үрдістерінде құрамы бойынша әр түрлі микроағзалар қауымдастығы мен популяциясының дамуы үшін қолайлы жағдайлар қалыптастырылады. Кез келген кен орындары мен кен қалдықтары құрамында табиғи жағдайда микроағзалар арқылы жүретін тотығу үрдістерінің заңдылықтарын зерттеп білу микробиологиялық зерттеу әдістері арқылы жүргізілетіні белгілі жағдай. Микробиологиялық зерттеулер жүргізуде биотехнологиялық перспективтілігі мен биосілтiсiздендiру үрдісінде және кен қалдықтарының минералды құрамын ыдыратуда жоғары белсенділікке ие микроағзалардың штамдарын бөліп алу, әртүрлі физиологиялық топтарға жататын автотрофты, миксотрофты және гетеротрофты, ацидофилді микроағзалар популяциясының тіршілік ету ортасын анықтау кез келген микроағзалардың қатысуымен жүргізілетін үрдістерді игеруде басты талаптардың бірі болып табылады.

Құрамында фосфоры бар қалдықтардың табиғи микрофлорасының таралу заңдылығын, ондағы әр түрлі микроағзалар топтарын бөліп алу және олардың морфологиялық, таксономиялық ерекшеліктерін зерттеп білу, біздің жұмысымыздың негізгі міндеттерінің бірі, мұндай микробиологиялық терең зерттеулер сарқылған кен орындары қорларын қайта байытуда, кез келген кен және кен қалдықтары құрамын биосілтiсiздендiруде микробиологиялық зерттеу әдістерін пайдалану мүмкіндігін одан сайын күшейтеді.

Микробиологиялық зерттеулер жүргізу барысында шлактар мен шламдардың микробиоценозды құрамы алуан түрлі және микроағзалардың әртүрлі топтарының таралғандығы анықталды (кесте 5).

Кесте 5 – құрамында фосфоры бар қалдықтарда микроағзалардың таралуы

Үлгілер алынған орын және тереңдігі, см	T° С	pH	Гетеротрофтар, КТБ, кл/г	Микромицеттер, КТБ, кл/г	Күкіртотықты рушы микроағзалар, КТБ, кл/г	Нитрифицирлеуші микроағзалар, КТБ, кл/г	Денитрифицирлеуші микроағзала, КТБ, кл/г
Үлгі А-түйіршікті	20 °С						
0-10		8,0	$(0,29 \pm 0,2) \times 10^5$	$(0,35 \pm 0,2) \times 10^5$	а\ж	$(0,23 \pm 0,2) \times 10^2$	а\ж
10-20		8,5	$(2,1 \pm 0,2) \times 10^7$	$(7,2 \pm 0,7) \times 10^7$	$(1,7 \pm 0,2) \times 10^2$	$(2,1 \pm 0,2) \times 10^5$	$(1,4 \pm 0,1) \times 10^2$
20-30		8,5	$(3,5 \pm 0,2) \times 10^7$	$(1,2 \pm 0,2) \times 10^7$	$(1,1 \pm 0,1) \times 10$	$(1,7 \pm 0,1) \times 10^5$	$(1,4 \pm 0,1) \times 10^3$
30-40		9,0	$(1,6 \pm 0,1) \times 10^6$	$(0,58 \pm 0,01) \times 10^6$	а\ж	$(1,6 \pm 0,1) \times 10^4$	$(2,7 \pm 0,2) \times 10^3$
40-50		9,0	$(1,1 \pm 0,1) \times 10^5$	$0,44 \pm 0,01 \times 10^6$	а\ж	$(1,7 \pm 0,1) \times 10^3$	$(2,0 \pm 0,2) \times 10^2$
Үлгі Б-түйіршікті, борпылдақ	20- 21 °С						
0-10		8,0	$(0,45 \pm 0,04) \times 10^5$	$(0,45 \pm 0,04) \times 10^5$	а\ж	$(0,2 \pm 0,04) \times 10^2$	$(0,45 \pm 0,04) \times 10^2$
10-20		8,3	$(3,7 \pm 0,3) \times 10^7$	$(1,7 \pm 0,2) \times 10^7$	$(1,7 \pm 0,1) \times 10^2$	$(2,1 \pm 0,2) \times 10^5$	$(1,1 \pm 0,1) \times 10^2$
20-30		8,5	$(3,2 \pm 0,3) \times 10^8$	$(1,7 \pm 0,2) \times 10^7$	$(2,7 \pm 0,1) \times 10^2$	$(2,7 \pm 0,2) \times 10^5$	$(1,0 \pm 0,1) \times 10^2$
30-40		9,0	$(1,6 \pm 0,1) \times 10^6$	$(1,2 \pm 0,1) \times 10^7$	$(2,8 \pm 0,1) \times 10$	$(1,6 \pm 0,1) \times 10^4$	$(2,1 \pm 0,2) \times 10^2$
40-50		9,0	$(1,1 \pm 0,1) \times 10^5$	$(0,5 \pm 0,1) \times 10^6$	а\ж	$(1,7 \pm 0,1) \times 10^4$	$(2,7 \pm 0,2) \times 10^2$

Үлгі В- тығыз 0-10	20 °C	8,0	$(0,45\pm 0,04)\times 10^5$	$(0,34\pm 0,03)\times 10^5$	а\ж $(2,1\pm 0,2)\times 10^2$	а\ж $(4,7\pm 0,5)\times 10^3$	а\ж $(6,7\pm 0,6)\times 10^2$
10-20		8,5	$(5,7\pm 0,5)\times 10^7$	$(3,6\pm 0,3)\times 10^7$	$(4,2\pm 0,3)\times 10$	$(4,5\pm 0,4)\times 10^3$	$(4,7\pm 0,4)\times 10^3$
20-30		8,5	$(4,1\pm 0,4)\times 10^8$	$(3,7\pm 0,3)\times 10^8$	а\ж	$(3,6\pm 0,4)\times 10^2$	$(4,6\pm 0,4)\times 10^3$
30-40		9,5	$(3,6\pm 0,3)\times 10^6$	$(2,9\pm 0,1)\times 10^7$	а\ж	$(3,3\pm 0,4)\times 10^2$	$(2,3\pm 0,2)\times 10^3$
40-50			$(2,3\pm 0,2)\times 10^6$	$(2,2\pm 0,2)\times 10^6$	а\ж		
Үлгі Г- тығыз, қатты 0-10	20 °C	8,5	$(0,21\pm 0,02)\times 10^5$	$(0,21\pm 0,02)\times 10^5$	а\ж $(1,3\pm 0,1)\times 10^2$	$(2,7\pm 0,3)\times 10^3$	а\ж $(1,3\pm 0,2)\times 10^3$
10-20		9,0	$(5,3\pm 0,5)\times 10^7$	$(6,7\pm 0,6)\times 10^7$	а\ж	$(1,5\pm 0,1)\times 10^3$	$(3,1\pm 0,3)\times 10^3$
20-30		9,0	$(4,9\pm 0,4)\times 10^7$	$(5,9\pm 0,5)\times 10^7$	а\ж	$(1,2\pm 0,1)\times 10^2$	$(4,7\pm 0,4)\times 10^3$
30-40			$(3,2\pm 0,3)\times 10^6$	$(4,6\pm 0,4)\times 10^6$	а\ж	$(0,48\pm 0,02)\times 10^2$	$(5,7\pm 0,5)\times 10^2$
40-50			$(1,3\pm 0,2)\times 10^5$	$(3,3\pm 0,5)\times 10^6$	а\ж		
Үлгі Д Шлам, жұмсақ, иісті	20° C	9,8	$(7,6\pm 0,7)\times 10^7$	$(7,1\pm 0,7)\times 10^7$	$(3,4\pm 0,3)\times 10^2$	$(6,8\pm 0,6)\times 10^3$	$(2,4\pm 0,2)\times 10^3$
Ескерту : а\ж – анықталған жоқ							

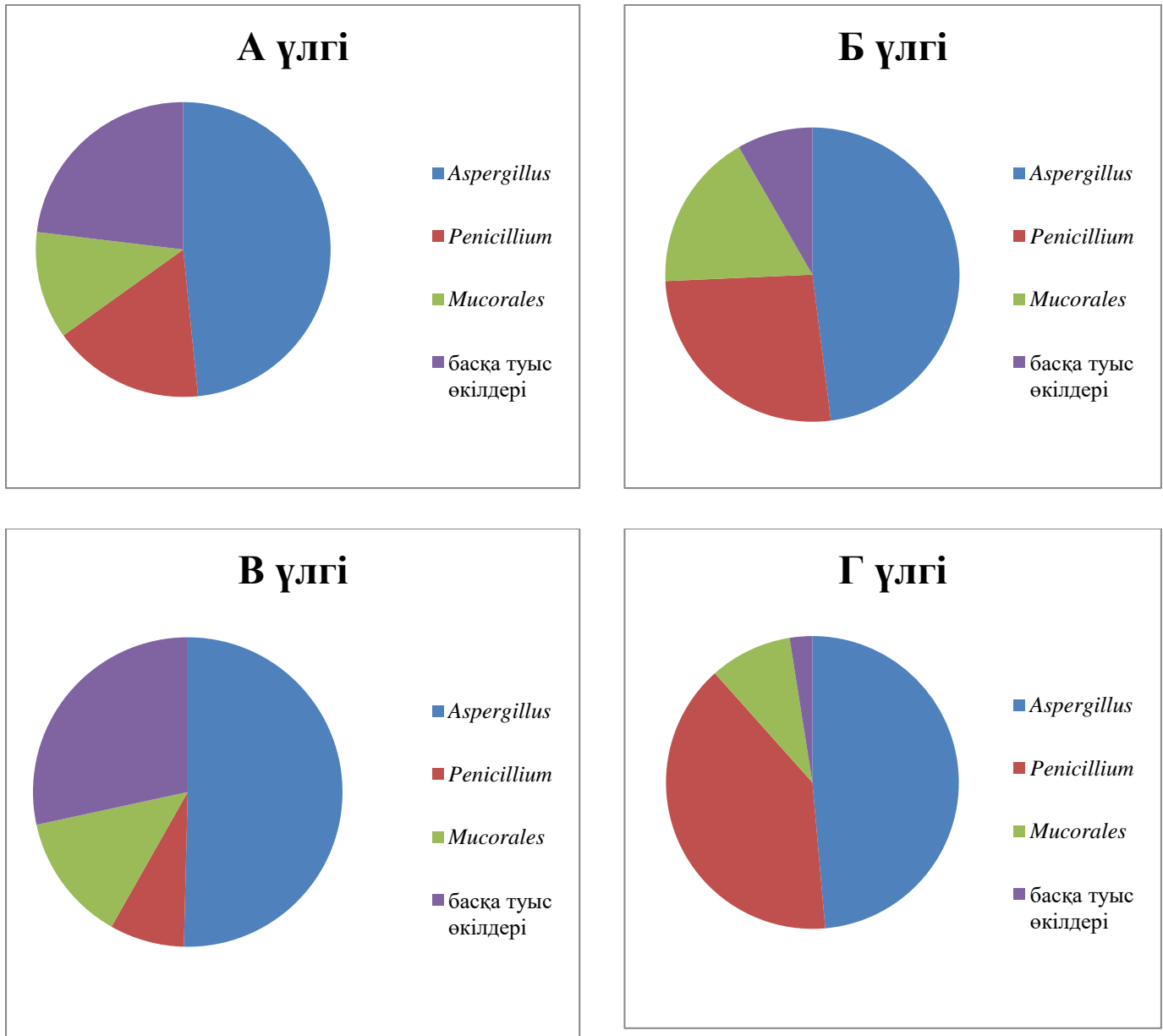
Барлық қалдық үлгілерінде микроағзалардың жоғары көрсеткіші 10-20 см және 20-30 см тереңдікте анықталған. Бұл қалдық қабаттарының көлденең жазықтарында микроағзалар үшін оптималды жағдай қалыптасқан, оттегі мен ылғалдылық жеткілікті мөлшерде, газ-ауалық, биогенді элементтердің алмасу режимі қолайлы болуына байланысты. А және Г үлгілерге қарағанда Б және В үлгідегі микроағзалар көп таралған, оның себебі қалдықтардағы элементтік құрамның мөлшерлік қатынасына байланысты микроағзалардың таралуы басым болды. Д үлгі көрсетіген шлам құрамында шлак үлгілеріне қарағанда микроағзалар титрі жоғары екені зерттеулер нәтижесі көрсетті.

Гетеротрофты микроағзалардың таралу көрсеткішінің титрі үлгілердің 0-10 см тереңдіктерінде аз, жоғары титр В үлгінің 10-20 см $(5,7\pm 0,5)\times 10^7$ кл/г болды. Гетеротрофты бактериялардың жоғары таралу көрсеткіші Д үлгіде болды. I және II фазалық нитрифицирлеуші бактериялар Грисс реактивінің түсінің өзгерісіне қарай анықталды, бактериялар титрі 10^5 кл/г, әсіресе жоғары титрі А және Б үлгілердің 10-20 см және 20-30 см тереңдік қабаттарында байқалды. Нитрифицирлеуші I және II фаза бактерияларынан *Nitrosomonas* пен *Nitrobacter* туысы өкілдері бар екені анықталынды. Нитрификациялаушы *Nitrosomonas* туысы бактерияларының жасушалары пішіні сопақша, көлемі 1,5-2,0 мкр. Қозғалғыш, спора түзбейді. *Nitrobacter* туысының жасушалары таяқша тәрізді, өте ұсақ, диаметрі 1,0-1,2 мкм болады. Спора түзбейді. Ал денитрификациялаушы бактериялар жасушасының саны барлық үлгілерде 10^3 кл/мл құрады. Денитрификация – тотыққан азот қосылыстарын (нитраттар, нитриттер) газ тәрізді азотты өнімдерге (әдетте N_2 , кейде азоттың шала тотығы, сирек азот тотығы) тотықсыздандырудың микробиологиялық үрдісі. *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Paracoccus*, *Thiobacillus* және басқа да оттегі болмаған кезде нитраттар мен нитриттерді электронды акцепторлар ретінде пайдаланатын факультативті анаэробты (анаэробты тыныс алатын) бактериялардың тіршілік әрекеті нәтижесінде пайда болады. Денитрификация кезінде байланысқан азот

атмосфераға N_2 газын шығару арқылы топырақ пен судан босап шығарылады. Фосфор қалдықтары үлгілерінен бөлініп алынған кейбір гетеротрофты микроағзалардың колониялары мен сиретіп егу нәтижесінде алынған таза дақылдары мен олардың микроскопиялық зерттеулері көрсетілді (Қосымша В, сурет В1). Зерттеуге алынған қалдық үлгілерінде теміртотықтырушы *A. ferrooxidans* кездеспеді, себебі бактериялар өсуіне оңтайлы рН 1,5-2,5 дәрежені құрайды, ал қалдықтардағы рН әлсіз сілтілі, 8,5-9,5 диапазондағы көрсеткіш бактериялардың өсуін тежеуі мүмкін. Күкірт тотықтырушы *A. thiooxidans* бактериялары ең жоғарғы титрі Д үлгіде $(3,4 \pm 0,3) \times 10^2$, А және Б үлгілерде күкірт тотықтырушы бактериялар жасушасының саны $(2,7 \pm 0,1) \times 10^2$ кл\мл титрін құрады. Олардың ішінде *Leptospirillum sp.*, *Sulfolobus sp.* бактериялары байқалды. Күкірт тотықтырушы бактериялардың жинақтаушы дақылдарда колбада орта лайланып, күкірт ыдырап, тұнбаға айналды, бұл қоректік ортаға қосылған күкірттің тотығуы, рН көрсеткіші бастапқыдан төмендегені білінді.

Азоттұтқыш бактериялардың қалдық тереңдіктерінде таралуын зерттегенде, таралу көрсеткіші біркелкі емес болды. Жоғары көрсеткіш Б және В үлгіде екені байқалынды. А және Г үлгіде түйіршіктертердің өсу көрсеткіші $4,0 \pm 0,4$ % мен $10,1 \pm 0,9$ % аралығында енді, Б үлгіде ең төмені $10,2 \pm 0,9$ %, ең көп саны 100 % 40-50 см тереңдіктерде анықталынды. В үлгіде өсіп-өнген түйіршіктердің саны $12,1 \pm 0,9$ % - $94,0 \pm$ % аралығында болды. Азоттұтқыш бактериялардың таралуы ең төмені 0-10 см қабаттарда, 40-50 см тереңдіктерде бактериялар таралуы ең жоғары, оның себебі әртүрлі жел, су эрозиясы салдарынан қалдықтардың жоғары қабаттарының химиялық құрамы тұрақты болмайды. 40-50 см көлденең жазықта азоттұтқыш бактериялар санының арту себебі азоттың жетіспеушілігі және қажетті калий мен фосфор биогенді элементтері, ылғалдылық жоғары болды. Чапек ортасында өскен микромицеттер сыртқы таксономиялық белгілеріне қарай *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* туысына жататыны анықталды. *Aspergillus* туысына колониялардың мынадай морфологиялық белгілері бойынша жатқызылды: Чапек ортасында алдымен ақ түсті, жалпақ үлпекті колониялар пайда болды, кейін түріне қарай әр түрлі түске өзгерді. Мицелилері мықты, берік, пердешелері бар, тармақталған гифалардан тұрады, ені 4-6 мкм құрайды. Мицелилерінің тірек жасушаларынан жоғары қарай конидийтасушылары таралады. Конидийлері жіктелмеген. *Penicillium* туысының колониялары сұр-көк немесе көкшіл жасыл түсті колониялар түзеді, шеттері ақшыл түсті. Мицелилері вегетативті, бетіне батып, немесе көтеріңкі болады. Гифалары моноподиалды, тармақталған, септаланған. Конидийтасушылары қол саусағындай тарамдала орналасқан. Конидийлері жіктелген. Конидийлері шар тәрізді, алмұрт тәрізді, эллипс тәрізді, цилиндр пішінді болып келеді, бір жасушалы. *Mucor* бастапқыда ақ түсті майда колониялар түзеді, кейін түстері қараяды, диаметрі 0,2-3,2 см, уақыт өте ескірген колониялар қара түске енеді. Колониялардың шеттері тегіс. Спора түзуші гифтері спорангийлер пайда болады. Спорангийлері жіктелмеген. Жекелеген, түссіз спорангийлерінің жоғары жағынан споралар дамиды. Спорангий тасушылары жәй немесе моноподиалды, симподиалды, кистодиалды болып келеді. Мицелилері көп ядролы тармақталған, септаларға бөлінбеген.

Қалдық үлгілерінде микроағзалардың таралу жиілігіне зерттеулер нәтижесінде барлық үлгілерде *Aspergillus* туысының өкілдері басым болды, олардың көрсеткіші 48,4-50,4 % аралығында кездесті, *Penicillium* туысының көрсеткіші 26,2 %-39,8 % құрады, әсіресе Б және Г үлгіде көп кездесті. Ал *Mucor* туысының жоғары көрсеткіші 17,3 % Б үлгіде анықталды, ал төмен көрсеткіші 9,1 % құрап Г үлгіде байқалды. А және В үлгілерде белгісіз туыс өкілдері 23,1 % бен 28,4 % аралығын құрады (сурет 20).



Сурет 20 – Қалдықтардағы микромицеттердің таралу көрсеткіші

Актиномицеттердің кездесу жиілігі $(3,2 \pm 0,3) \times 10^3$ кл/г құрап, әсіресе қалдықтардың 10-20 см көлденең жазығында көп таралғаны анықталды. Келесі суретте фосфор қалдықтары үлгілернен бөліп алған микромицеттердің колониялары мен қисық агарда егілген кейбір *Aspergillus* туысы өкілдерінің таза дақылдары келтірілді (Қосымша В, сурет В2).

Жалпы микробиологиялық зерттеу жұмыстарында 135 изоляттар бөлініп алынды. Олардың 55 бактериялар, оның ішінде азоттұтқыш бактериялар, нитрофицирлеуші бактериялар, динитрифицирлеуші бактериялар, 12 изолят актиномицеттерге, 68 изолят микромицеттерге жатқызылды. Бөліп алған микроағзалар дақылдарына дақылдық және морфологиялық сипаттамасы жасалынды.

Сонымен фосфор қалдықтарында микроағзалардың таралуы қалдықтардың көлденең жазықтарында біркелкі емес, оның себебі қалдықтардың химиялық табиғатымен, қалдықтардың көлемінен тікелей байланысты. Барлық алынған қалдықтардың 0-10 см және 20-30 см тереңдіктерде гетеротрофты бактериялар, I–II фазалы нитрификаторлар, денитрификаторлар, микромицетті микроағзалардың таралу көрсеткіші жоғары екендігі анықталынды, яғни осы қабат тереңдіктерінде микроағзалар таралуына қажетті факторлар қалыптасқан, қажетті оттегі мен ылғалдылық жеткілікті, газ алмасу, биогенді элементтердің алмасу режимі қолайлы орта жағдайы болып табылғандықтан микроағзалардың таралуы жоғары болып табылады. Тион бактерияларының кездеспеуі әлсіз сілтілі рН көрсеткішіне байланысты. Азоттұтқыш бактериялардың төменгі қабаттарда жоғары болуы қажетті биогенді элементтер мен ылғалдылық жоғары болуына байланысты. Микромицеттердің ішінде *Aspergillus* туысының өкілдері басым екені анықталды, олар микромицеттер популяциясының 47,8-50,4 % құрады.

3.3 Құрамында фосфоры бар қалдықтардан бағалы компоненттерді биосілтісідендіру үшін перспективті микроағзаларды бөліп алу және сұрыптау

Кен өндіру саласында кен және кен қалдықтарының құрамынан металдарды биосілтісідендіру арқылы бөліп алуда микроағзалардың әртүрлі метал иондарының әсеріне төзімділік дәрежесі әртүрлі болады. Мысалы, As^{5+} , Ag^{+} , Cd^{2+} улы металл иондарын сіңіруі мен тасымалдауы бактериялар жасушаларының өткізгіштік ерекшеліктеріне байланысты болады деп көрсетілген кейбір әдеби деректерде, ал кейбір ғалымдар еңбектерінде мысалы, Hg^{2+} As^{3+} Cr^{6+} иондарына химиялық тұрғыдан аз уытты түрге ферментативты жолмен тасымалданатынын көрсеткен [40 67 б.]. Микроағзалардың ауыр металл иондарына төзімділігі плазмидасындағы ДНҚ хромасомасында орналасқан белгілі бір гендермен басқарылады. Д.В.Четверикова ғылыми зерттеулерінде мысты-мырышты кен қалдықтарынан мырыш пен мысты биологиялық жолмен бөліп алуда қолданған *A. ferrooxidans* пен *Ferroplasma sp.* бактериялары мырыш, мыс, никель, кобальт және марганец иондарына жоғары төзімділікте болғанын көрсеткен, биосілтісідендіруде теміртотықтырушы микроағзалардың металдар иондарына төзімділігі басқа микроағзаларға қарағанда жоғары екенін көрсетеді [54 73-76 б.]. Сонымен қатар биосілтісідендіруде хемолитотрофты *Acidithiobacillus sp.*, гетеротрофты бактериялар *Acidophilum sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Acetobacter sp.*, *Arthrobacter sp.* және *Bacillus sp.* қолданылады. Әдеби дереккөздермен және ғылыми зерттеулермен салыстырмалы түрде талданып, өткізген зерттеулерде биосілтісідендіруде ең перспективті және тиімді микроағзалар *A. ferrooxidans*, *A.*

thiooxidans, *S. thermosulfidooxidans*, *G. capsiferiformans*, *N.europeae* және микромицеттерден *A. niger* болып табылып, жоғары белсенділікке ие екені байқалды. *A. ferrooxidans* бактериясы фосфор қалдықтарының құрамында кездеспегендіктен, басқа техногендік аймақ көздерінен бөлінген микроағзаштамын пайдалану негіз болды.

Бактериялды сілтісіздендіру үдерісінде, оған қатысатын микроағзалардың өсу жағдайының оңтайлы ортасын табу маңызды фактор болып табылады. Микробиологиялық үдерістерді тиімді басқаруда олардың қарқындылығын шектейтін факторлар нақты белгілі болған жағдайларда ғана қол жеткізіледі.

3.3.1 Автотрофты микроағзалар

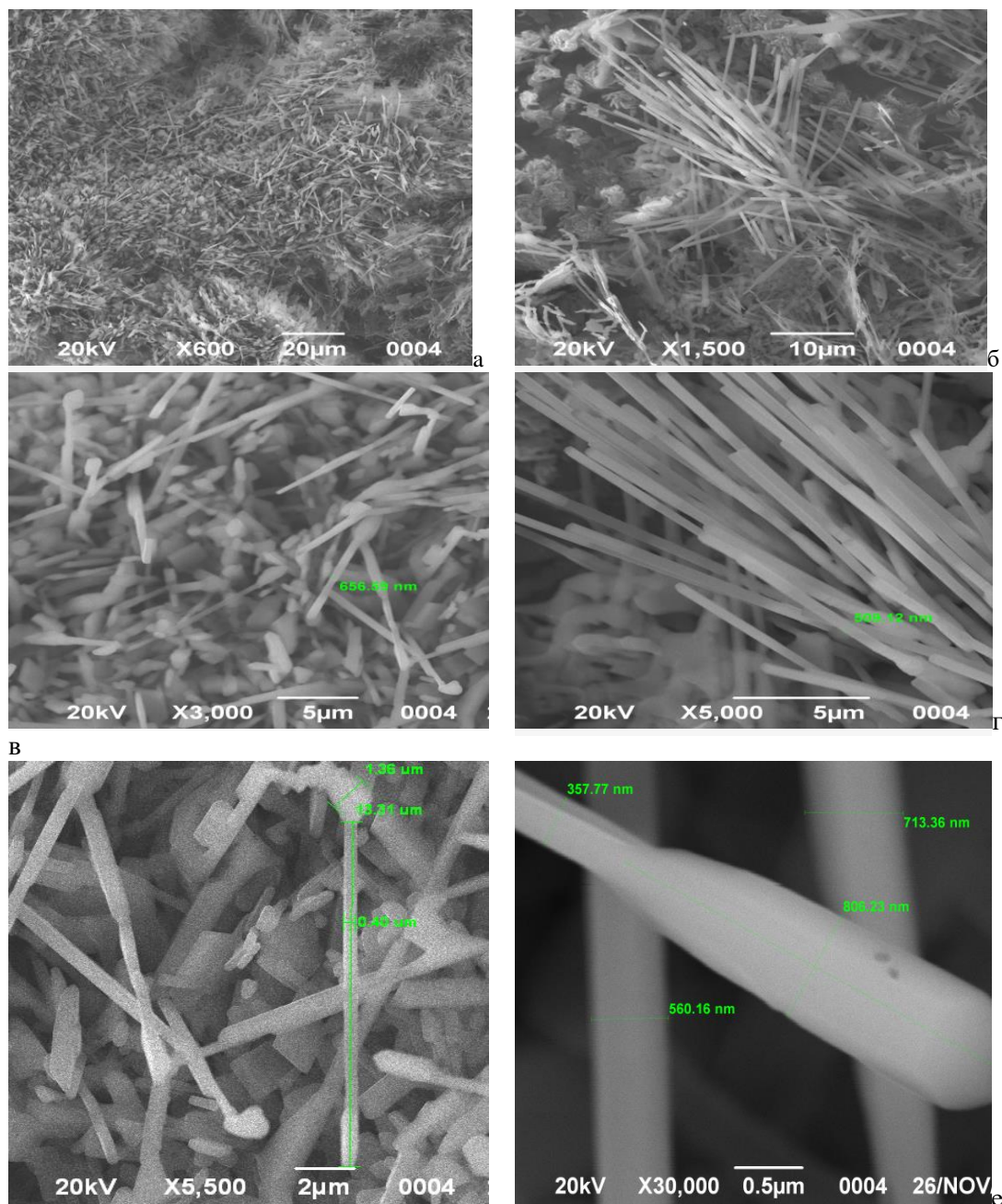
3. 3.1.1 Темір және күкірттің биогеохимиялық айналымының микроағзалары

Acidithiobacillus ferrooxidans. *Acidithiobacillus* туысының өкілдерінің жасушалары грамтеріс, пішіні таяқша тәрізді, мөлшері 0,3-0,4×0,7-1,7 мкм, полярлы талшықтары арқылы қозғалады. Спора түзбейді, аэробты. рН 0,5-9,0 аралығында өсуге қабілетті. Оптималды температурасы +28 °С, +35 °С. Жасушалары көлденеңнен бөліну арқылы көбейеді. Тотығу процестерінде екі валентті темірді үш валентті темірге айналдырады. Молекулярлы күкіртті және оның қосылыстарын, ауыр металл сульфидтерін тотықтыруға қабілетті.

Ең белсенді микроағзалар штамдарының таксономиялық сараптамасы жүргізілгенде ThIO1 және ThIO2 штамдары *A.ferrooxidans* түріне жататыны анықталған. Жасушасының пішіндері таяқша тәрізді, ұзындығы 1-3 мкм, диаметрі 0,5-0,8 мкм құрайды, спора түзбейді, полярлы талшықтары бар (сурет 21). Қозғалғыш. 9К қоректік ортасында дақылданды. Дақылдану ұзақтығы 7 тәулік. Аэробты. Оптималды рН 2,5, температура +30 °С, +35 °С.

Кен қалдықтарын микробиологиялық сілтісіздендіру үрдісінде бактериялардың металдарды бөліп шығару жылдамдығына көбінесе температура, ерітінділерде азот пен фосфор тұздарының болуы, тығыздық пен сұйықтық қатынасы (Т:С) және ортаның рН маңызды факторлар болып табылады. Сондықтан тионды *A. ferrooxidans* бактериясының тотығу белсенділігіне физика-химиялық факторлардың әсерін зерттеу маңыздылыққа ие.

Зерттеулерде теміртотықтырушы бактериялардың *A. ferrooxidans* ThIO1; *A. ferrooxidans* ThIO2 «Оңтүстік-Полиметал» қорғасын-цинк зауытының қалдықтарынан бөлініп алынған ThioA-1 штамынан бөлініп алынған штамдары қолданылды.



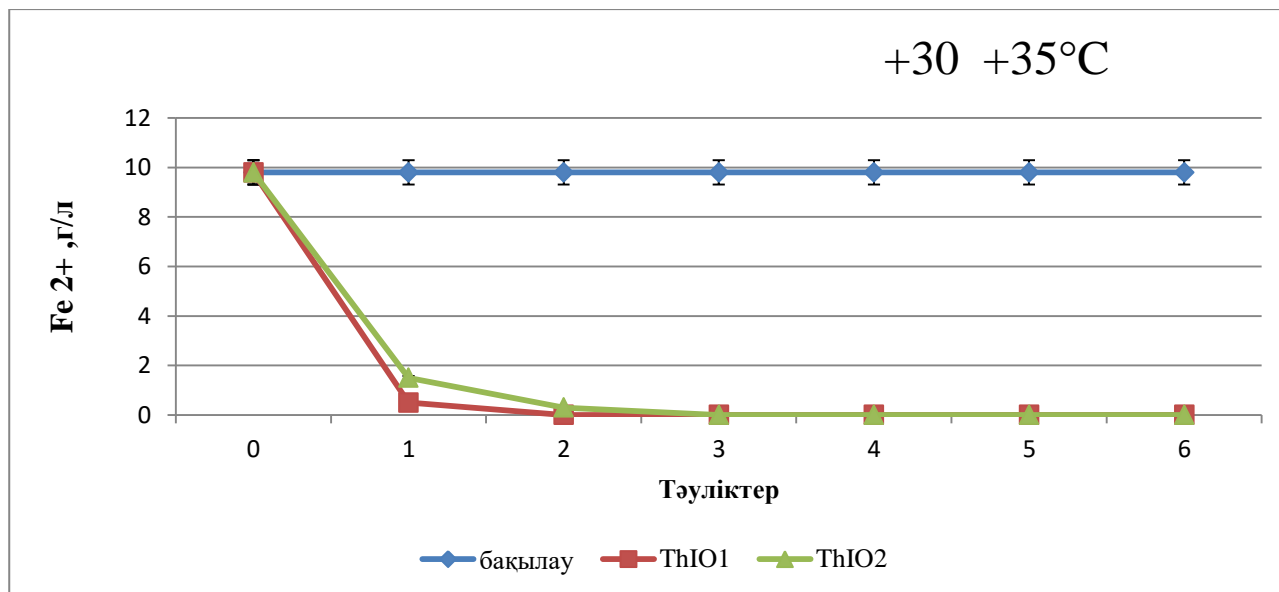
Д

а- ×600; б- ×1,500; в- ×3000; г- ×5000; д- ×5,500; е- ×30,000

Сурет 21 – *Acidithiobacillus ferrooxidans* ThIO1 штаммы жасушаларының электронды растрлы микроскопта көрінісі

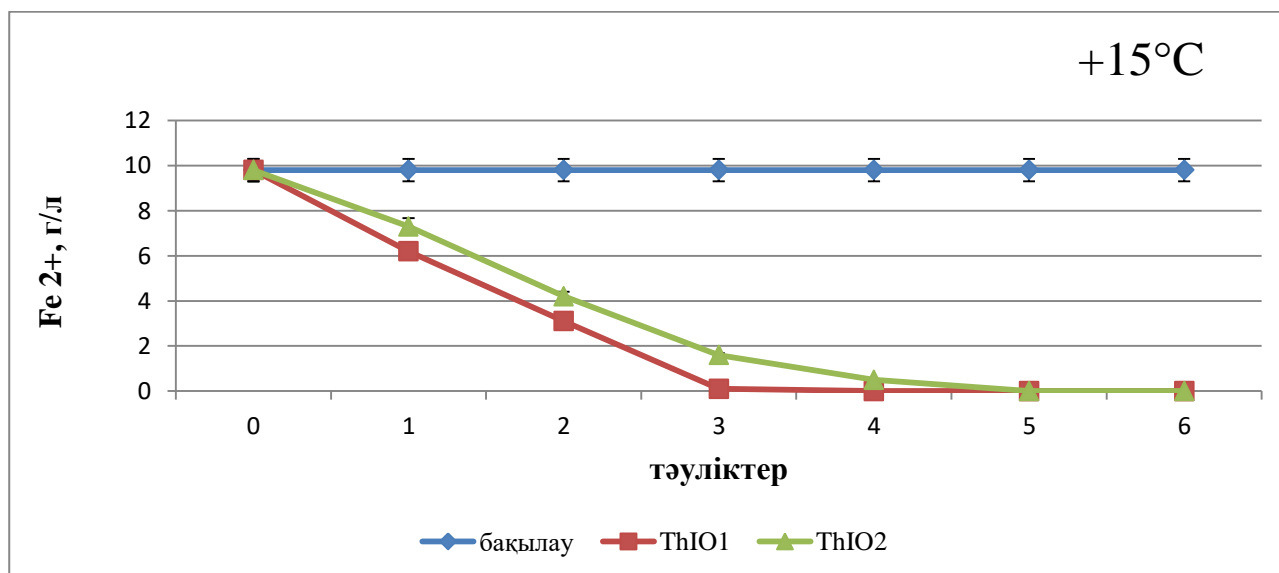
A. ferrooxidans биологиялық белсенділігі екі валентті темірді тотықтыру жылдамдығына байланысты екендігі белгілі. *A. ferrooxidans* бактериясының 2 түрлі штамдарының екі валентті темірді тотықтыру жылдамдығы 3 түрлі: +5 °С; +15 °С; +30 °С +35 °С температура режимінде зерттелді. Әр түрлі температурада бактериялардың темірді тотықтыру жылдамдығына әсерін зерттеу кезінде оңтайлы температура +30 +35 °С екендігі анықталды. *A.ferrooxidans* ThIO1 штамының Fe^{+2} тотықтыру жылдамдығы сағатына $0,5 \pm 0,1$ г/л құрап, Fe^{+2} бастапқы концентрациясынан 2-ші тәулікке 4,9 есеге төмендеді. Ал *A. ferrooxidans* ThIO2

штаммын қолданған кезде екінші күні Fe^{+2} тотығу жылдамдығы сағатына 1,5 г/л құрады (сурет 22).



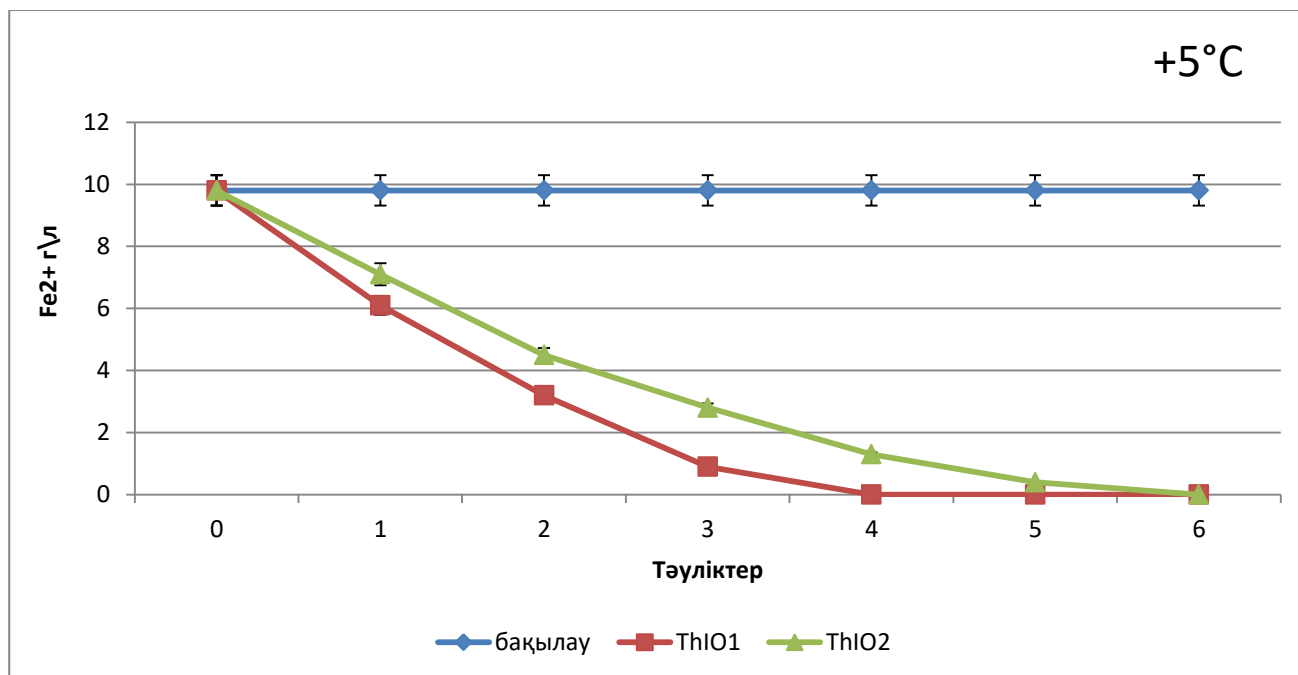
Сурет 22 – +30 °С +35 °С температурада ThIO1; ThIO2 штамдарының екі валентті темірді тотықтыру динамикасы

Температураны +15 °С дейін төмендеткенде *A. ferrooxidans* ThIO1 және *A. ferrooxidans* ThIO2 штамдарының Fe^{+2} тотықтыруының жылдамдығы бастапқы концентрациясынанан үш күнде 3,2 және 2,45 есе төмендеді, Fe^{+2} тотығу жылдамдығы сағатына 0,1 және 0,5 г/л құрады (сурет 23).



Сурет 23 – +15 °С ThIO1; ThIO2 штамдарының екі валентті темірді тотықтыру динамикасы

Температураны +5 °С төмендеткенде екі валентті темірдің тотығу жылдамдығы *A.ferrooxidans* ThIO1 0,2г/л құрады. +5 °С±0,5 температурада бактериялар 4-ші тәуліктен кейін белсенділігін жоғалытты (сурет 24).



Сурет 24 - +5 °С ThIO1;ThIO2 штамдарының екі валентті темірді тотықтыру динамикасы

Сонымен, жүргізілген зерттеулер нәтижесінде екі валентті темірдің биологиялық тотығу үдерісінде температуралық фактор микроағза штамдарымен айтарлықтай әсер ететіні анықталынды. Зерттелген температура диапазондарында +30 +35 °С температура оңтайлы температура болып табылды.

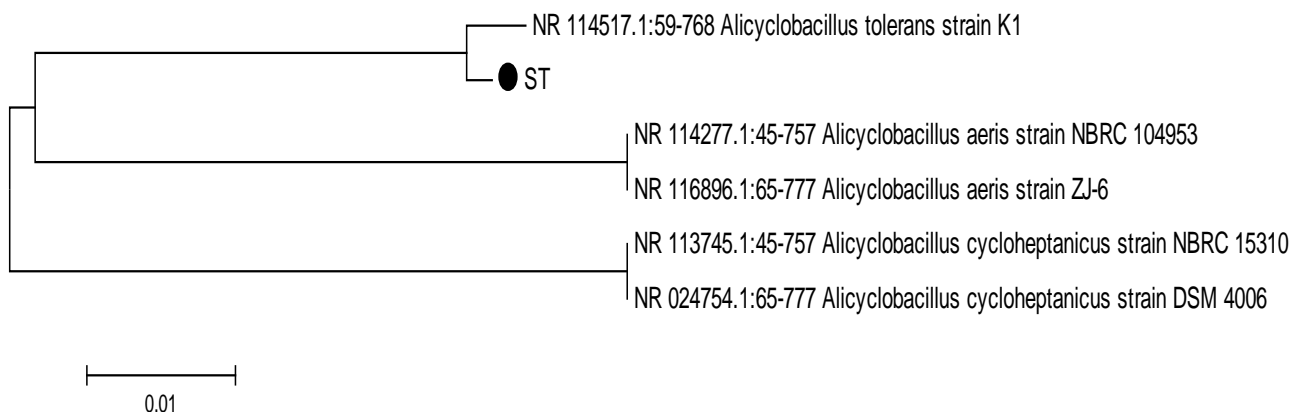
SAT штаммы *A. thiooxidans* түріне жатқызылды. Келесі таксономиялық белгілерге ие: Ваксман қоректік ортасына егілген пробиркада 5-7 тәуліктен кейін әлсіз лайлану пайда болды, құрамына қосылған күкірт жеті тәулік ішінде мақта тәрізденіп, тұнба түзіліп, күкірт қышқылды бактериялардың бар екендігі анықталды. Ортаның рН 4,1±0,1. Температурасы 5-40 °С. Жасушаларының пішіні таяқша тәрізді, диаметрі 0,5×1,0-2,0 мкм, грамтеріс, аэробты.

ST штаммы *S. thermosulfidooxidans* түріне жататыны ПТР талдау нәтижесінде анықталған. Петри табақшасында агар қосылған тығыз ортада бірдей мөлшердегі колониялар түзілді, мөлшері 1-2 мм, беті тегіс, шеттері толқынды, паста тәрізді, жұмсақ консистенциялы, құрылымы біртекті. Жасушалар пішіні таяқшалар, жеке, жұп болып келеді, мөлшері 2,0- 4,0 мкм, дөңгелек ұштары бар. Аэробты. Грам оң. Ацидофильді, эндоспоралы, термотолерантты. Температураға қатынасы бойынша: *S. thermosulfidooxidans* үшін оңтайлы өсу температурасы 37-42 °С, максималды өсу температурасы 42-60 °С, минималды 25 °С өсуге қабілетсіз, орта реакциясына қатынасы: өсуге қолайлы рН көрсеткіші 3,5±0,4, рН 2,5-2,7 мен рН 1,5-5,0 диапазоны аралығында өсуге қабілетті. Дақылданған қоректік ортасы Маннинга ортасы. Инкубация уақыты 15-20 күн. Б үлгіден10-

20см тереңдіктегі шлактардан бөлініп алынды. ST штаммы *S. thermosulfidooxidans* түріне жататыны анықталды, *A. tolerans* идентификацияланып, филогенетикалық ағашы жасалды (сурет 25).

Нуклеотидтер тізбегі:

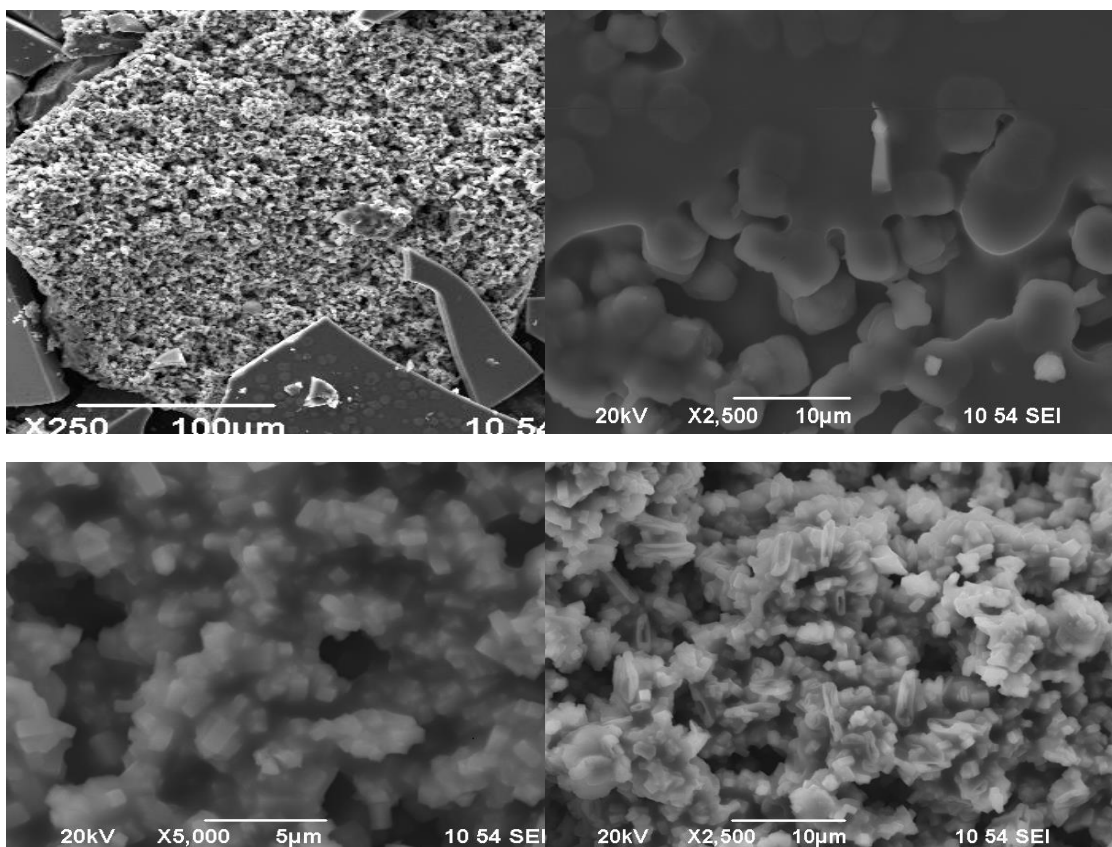
CCTTCGGGGTTCAGCGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGCAATCTGC
 CGAGCAGACCGGAATAACGCCTGGAAACGGGTGCTAATGCCGGATAGGCA
 GCGAGGAGGCATCTCCTTGCTGGGAAAGGTGCAACTGCACCACTGTTTCGAG
 GAGCCCGCGGCGCATTAGCTAGTTGGTAAGGTGAAGGCTTACCAAGGCGAC
 GATGCGTAGCCGACCTGAGAGGGTGACCGGCCACACTGGGACTGAGACACG
 GCCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTTCCGCAATGGGCGAA
 AGCCTGACGGAGCAACGCCGCGTGAGCGAAGAAGGCCTTCGGGTTGTAAG
 CTCAGTCACTCGGGAAGAGCGACCTAAGGAGTGGAAGCCTTAGGGGAGA
 CGGTACCGAGGGAGGAAGCCCCGGCAAACACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTA
 ATACGTAGGGGGCAAGCGTTGTCCGGAATCACTGGGCGTAAAGCGTGCGTA
 GGCGGTTTTTTGGGTCTGGGGTGAAAGTTCAGGGCTCAACCTTGAGAATGCC
 TTGGAAACTAGAAGACTTGAGTACTGGAGAGGCAAGGGGAATTCCACGTGT
 AGCGGTGAAATGCGTAGAGATGTGGAGGAATACCAGTGGCGAAGGCGCCTT
 GCTGGACAGTGAAGTACTGACGCTGAGGCACGAAAGCGTGGGGAGCAAACAGGA
 TTAGAT



Сурет 25 – *Alicyclobacillus tolerans* (*Sulfobacillus thermosulfidooxidans*) ST штаммы филогенетикалық ағашы

ПТР сараптама нәтижесінде NR 114517.1:59-768 *Alicyclobacillus tolerans strain K1* жақын штамымен сәйкес гомологиялық ұқсастығы 99,15% құрады.

TS2 штаммы келесі таксономиялық белгілерге ие болды: колониялардың түсі крем түсті, пішіні дөңгелек, колониялардың жанынан көрінісі төмпешікті, шеті қалақты, құрылымы біртекті, паста тәрізді жұмсақ консистенциялы. Жасуша пішіндері әртүрлі пішінде де болады (сурет 26), бұршақ тәрізді, кокка тәрізді ұштарында жіпшелері бар, жекелей немесе топтанып жатады, жасушасы капсуласымен қапталған.

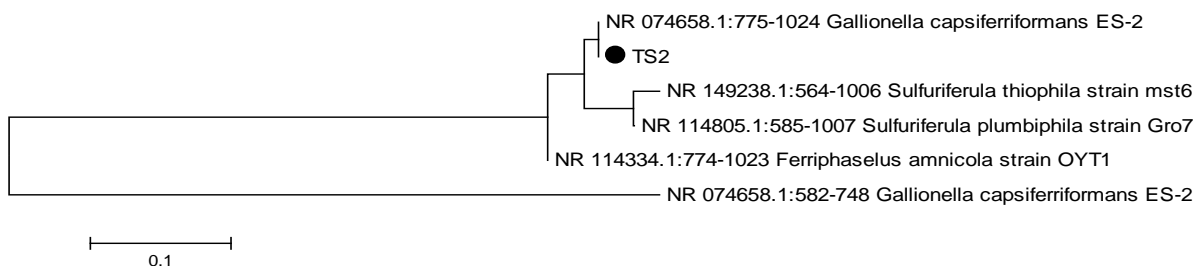


Сурет 26 – *G. capsiferiformans* TS2 штаммы жасушалары электронды кескінді микроскопта көрінісі ($\times 250$; $\times 2,500$)

Маннинга қоректік ортасында дақылданды. рН көрсеткіші $4,0 \pm 0,1$, қалыпты өсу температурасы $28-37^\circ\text{C}$. Инкубация уақыты- 30 күн. Г үлгідегі қатты, тығыз шлактардың 40-50 см тереңдіктегі үлгілерінен бөлініп алынды. Пайдаланылған титрі 10^3 кл\г. TS2 штаммы *G. capsiferiformans* түріне жататындығы ПТР сараптамасы нәтижесінде анықталынды (сурет 27).

Нуклеотидтертізбегі:

GTCAGATGTGAAATCCCCGGGCTCAACCTGGGAACTGCATTTGAAACTGGA
 AGACTAGAGTATAGCAGAGGGGGGTAGAATCCACGTGTAGCAGTGAAATG
 CGTAGATATGTGGAGGAATACCAATGGCGAAGGCAGCCCCCTGGGTTAATA
 CTGACGCTCATGCAGATACCCTGGTAGTCCACGCCCTAAACGATGTCACTAG
 GTGTTGGGGGAGGAGACTTCCTTAGTACCGTAGCTAACGCGTGAAGTTGAC
 CGCCTGGGGAGTACGGTCGCAAGATTAAACTCAAAGGAATTGACGGGGACC
 CGCACAAGCGGTGGATTATGTGGATTAATTCGATGCAACGCGAAAAACCTT
 ACTACCCTTGACATGTGAGAAAGATCGCAGAGATGTGATTGTGCTCGAAAG
 AGAAAGGGTTGCCAACCCGCGAGGGGGGAGCTA

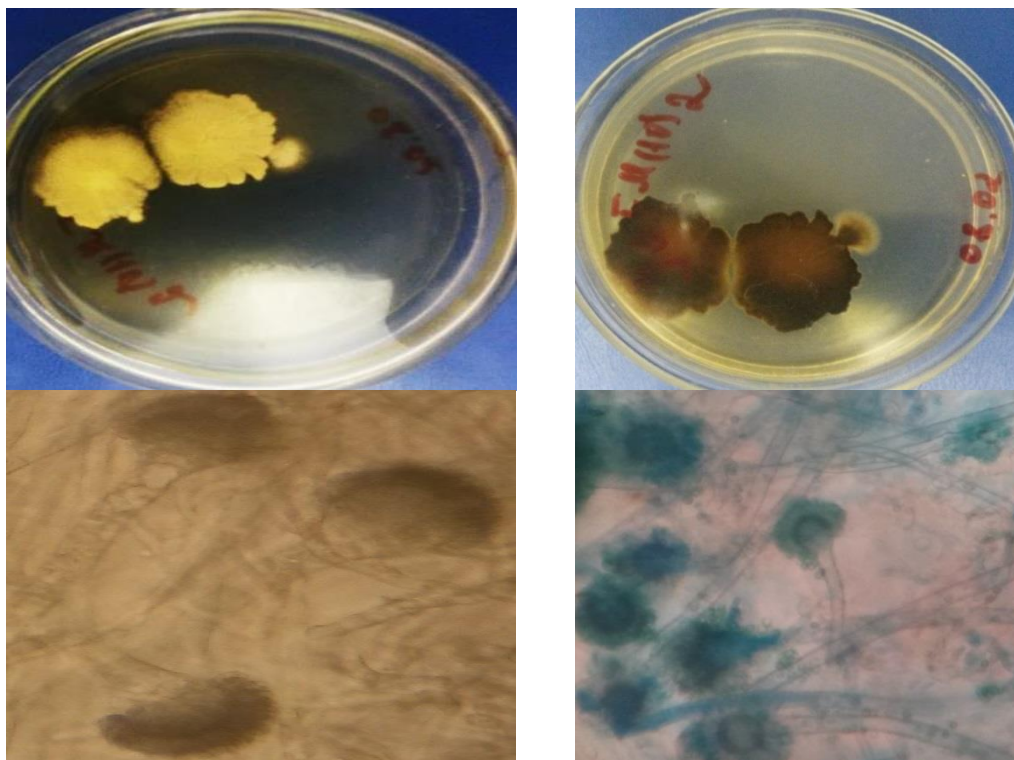


Сурет 27 – *G. capsiferriformans* TS2 штаммы бактериясының филогенетикалық ағашы

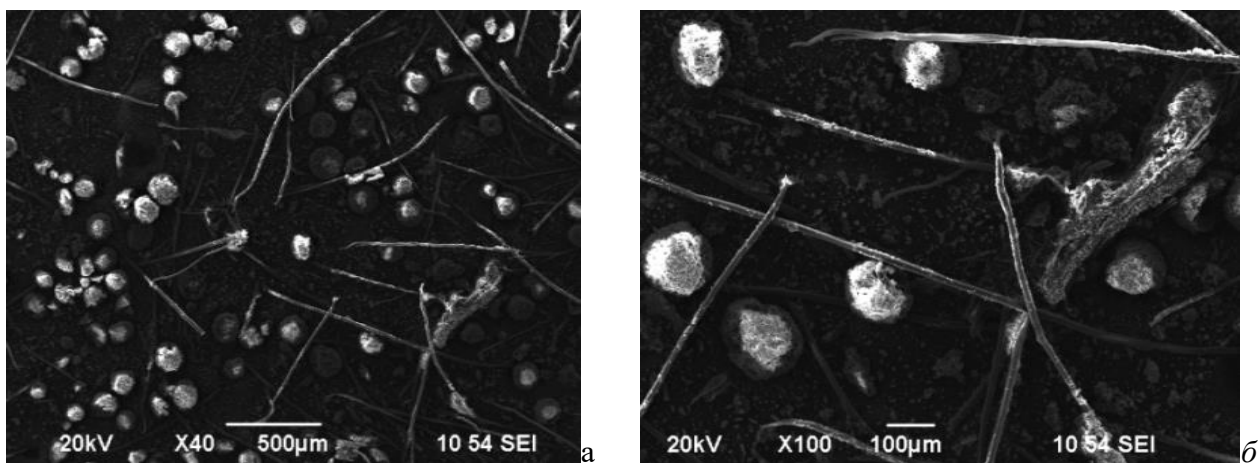
Ең жақын штамм NR 074658.1:775-1024 *Gallionella capsiferriformans* ES-2 гомология дәрежесі 98,8% құрады.

3.3.2 Микромицеттердің морфологиялық сипаттамасы және идентификациясы

Микромицеттер тобының дақылды - морфологиялық сипаттамасы келесі: ИОМ штаммы *Aspergillus* туысының өкілі екені таксономиялық белгілеріне қарап ажыратылды. Петри табақшасында өскен колониялардың пішіні дөңгеленген, бастапқы кезде түсі сарғыш түсті, уақыт өте қоңыр реңдес сарғыш түске енеді. Колониялардың астыңғы беті қара қоңыр түс түзеді, беті тегіс, жанынан көрінісі тегіс, шеті толқынды, құрылымы тарамды, жұмсақ консистенциялы болды. Гифтері септирленген, түссіз, конидиалды бастары дөңгелек, конидилері жіктелмеген (сурет 28).



Сурет 28 – *A. terreus* ИОМ штамм колониясы мен конидий тасушылары



а-ұлғайту $\times 40$; б- ұлғайту $\times 100$;



в-кисық агарда өскен колониялары; г- конидийспорасы

Сурет 30 – *A. tubingensis* ASPN штаммы конидияспораларының электронды кескінді микроскоптағы микрографиясы мен морфологиясы

ASPН штаммы *A. tubingensis* түріне жататыны ПТР сараптамасы нәтижесінде анықталды. Зерттеліп отырған штаммды анықтауда ең жақын MN239975.1:55-577 *A. tubingensis* isolate штамымен гомология дәрежесі 100% сәйкестігін көрсетіп, бұл штаммды осы түрге жатқызуға мүмкіндік берді (сурет 31).

Нуклеотидтер тізбегі:

TCCGTGTCTATTATACCCTGTTGCTTCGGCGGGCCCGCCGCTTGTCGGC
 CGCCGGGGGGGGCGCCTTTGCCCCCGGGCCCGTGCCCGCCGGAGACCCCAA
 CACGAACACTGTCTGAAAGCGTGCAAGTCTGAGTTGATTGAATGCAATCAGT
 TAAAACTTTCAACAATGGATCTCTTGGTTCGGCATCGATGAAGAACGCAG
 CGAAATGCGATAACTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAGTCT
 TTGAACGCACATTGCGCCCCCTGGTATTCCGGGGGGCATGCCTGTCCGAGCG
 TCATTGCTGCCCTCAAGCCC GGCTTGTGTGTTGGGTTCGCCGTCCCCCTCTCC
 GGGGGGACGGGCCCCGAAAGGCAGCGGGCGGCACCGCGTCCGATCCTCGAGC

GTATGGGGCTTTGTCACATGCTCTGTAGGATTGGCCGGCGCCTGCCGACGTT
 TTCCAACCATTTTTTCCAGGTTGACCTCGGATCAGGTAGGGATACCCGCTGA
 ACTTAAGCATAT



Сурет 31 – *A. tubingensis* ASPN штамының филогенетикалық ағашы

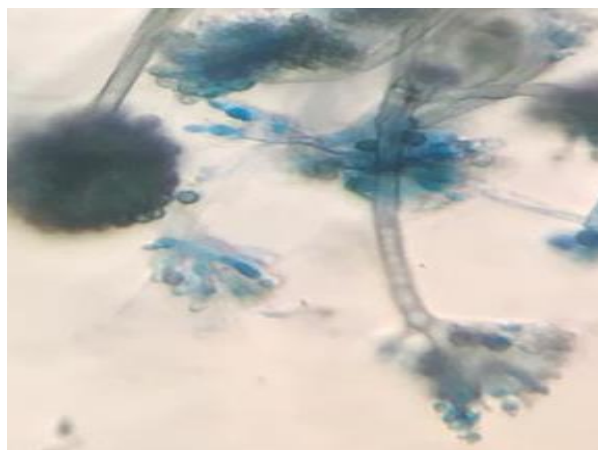
ASPN штаммы идентификациясы MN239975.1:55-577 *A. tubingensis isolate 2* штаммына гомологиясы дәрежесінің ұқсастығы мен жақындығы 100 % құрады.

AsF және AsZ штамдары таксономиялық белгілеріне қарай *Aspergillus* туысының өкілдеріне жатқызылды. AsF штаммы келесі таксономиялық белгілермен байқалды: агар қосылған Чапек қоректік ортасында жасыл лимон түстес сарғыш-жасыл колониялар өсті (сурет 32), пішіні дөңгеленген, шеті қатпарлы, мөлшері 5-6 мм.



а

а-колониясы; б-конидийспорасы



б

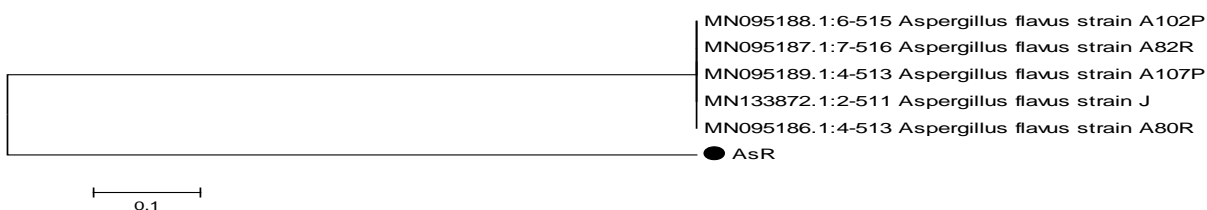
Сурет 32 – *A. flavus* AsF штаммы

Колониялардың жанынан көрінісі иілген, құрылымы ірі түйіршікті, ашық қоңыр экссудат түзеді. Микроморфологиясы: гифтері септирленген, түссіз. Конидиальды бастары радиалды. Конидитасушылары кедір-бұдырлы, жуан, түссіз, шамамен мөлшері 400-800×15-20 мкм, жалпақтығы домалақ шар тәрізді, 20-45 мкм жетеді. Конидияларының пішіні сопақтау. Тығыз Чапек қоректік ортасында дақылданды. ПТР сараптамасы нәтижесінде AsF және AsZ штамдары *A. flavus* түріне жататыны анықталынды. AsF штамының MN095186.1:4-513 *A. flavus* strain A80R жақын штамымен гомологиялық дәрежесі 100% сәйкес келуі зерттеліп отырған штамның осы түрге жатқызуға мүмкіндік берді. Бөлініп алынған орны Б үлгілердегі шлактардың 20-30 см тереңдігінен бөлініп алынды. Зерттеліп отырған *A. flavus* AsF штамының гомологиялық дәрежесі

MN095186.1:4-513 *A. flavus* strain A80R штамына жақындығы 100 % сәйкес келді (сурет 33).

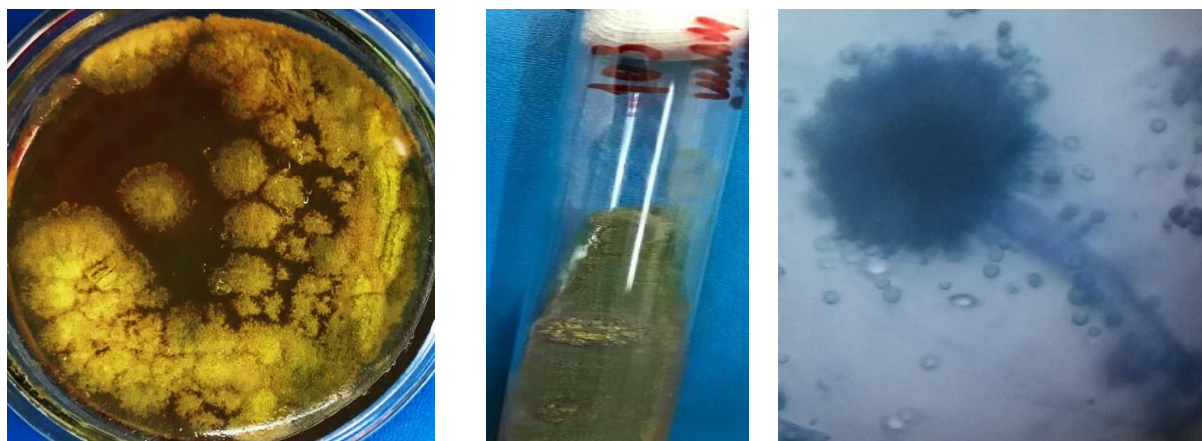
Нуклеотидтер тізбегі:

TGATTTGCGTTCGGCAAGCGCCGGCCGGGCCTACAGAGCGGGTGACA
 AAGCCCCATACGCTCGAGGATCGGACGCGGTGCCCGCTGCCTTTGGGGC
 CCGTCCCCCGGAGAGGGGACGACGACCCAACACACAAGCCGTGCTTGAT
 GGGCAGCAATGACGCTCGGACAGGCATGCCCCCGGAATACCAGGGGGCG
 CAATGTGCGTTCAAAGACTCGATGATTCACGGAATTCTGCAATTCACACTAG
 TTATCGCATTTTCGCTGCGTTCTTCATCGATGCCGGAACCAAGAGATCCATTG
 TTGAAAGTTTTAACTGATTGCGATACAATCAACTCAGACTTCACTAGATCAG
 ACAGAGTTCGTGGTGTCTCCGGCGGGCGCGGGCCCGGGGCTGAGAGCCCCC
 GGCGGCCATGAATGGCGGGCCCGCCGAAGCAACTAAGGTACAGTAAACAC
 GGGTGGGAGGTTGGGCTCGCTAGGAACCCTACACTCGGTAATGATCCTTCC
 GCA



Сурет 33 – *A. flavus* AsF штамы филогенеткалық ағашы

AsZ штамының таксономиялық белгілері: колонияларының түсі бастапқыда сары-жасыл лимон түстес, кейін келе түсі қанық жасылданады, пішіні домалақ, визуалды *A. flavus* AsF штамына ұқсас. Петри табақшасында жалпақ болып өседі, колонияларының шеті толқынды, өлшемі шамамен 4-5 см, ірі, колонияларының жанынан көрінісі төмпешікті, құрылымы талшықты, пигментация түзеді. Қисық агар бетінде жайылып өседі. Микроморфологиясы: түссіз гифтері шумақталып, мицелийлер түзеді, гифтері септирленген, пернелерге бөлінген, диаметрі шамамен 3-6 мкм дейін болады. Конидитасушылары кедір-бұдырлы жуан, түссіз, шамамен мөлшері 400-800 × 15-20 мкм. Конидийлерінің пішіні домалақ, бұйра (сурет 34).

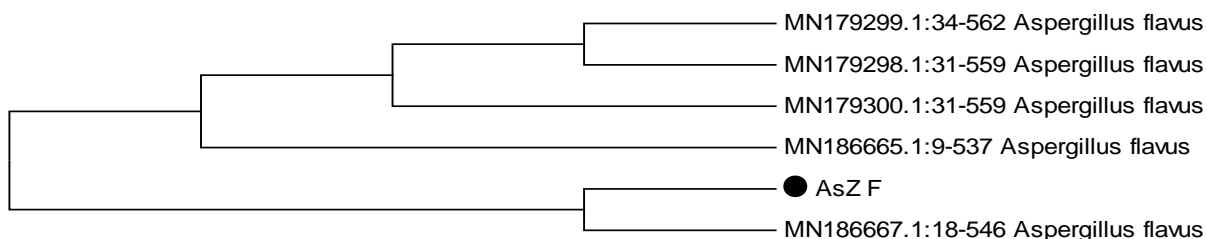


Сурет 34 – *A. flavus* AsZ штамы колониялары мен конидийспорасы

Инкубациялану уақыты 5 күн. Дақылдану ерекшелігі *A. flavus* AsF штамына ұқсас, оттегіге тәуелділігі аэробты. *A. flavus* түрінің AsF және AsZ штамдары идентификацияланды. ПТР анықтамасында *A. flavus* AsZ штамының MN186667.1:18-546 *A. flavus* жақын штамымен гомологиялық дәрежесі 100% сәйкес келуі зерттеліп отырған штамның осы түрге жатқызуға мүмкіндік берді, (сурет 35). А үлгідегі құрамында фосфоры бар түйіршікті шлактардан бөлініп алынған, тереңдігі 40-50 см.

Нуклеотидтер тізбегі:

ACCTCCCACCCGTGTTACTGTACCTTAGTTGCTTCGGCGGGCCCGCCA
TTCATGGCCGCGGGGGCTCTCAGCCCCGGGCCCGCGCCCGCCGGAGACAC
CACGAACCTGTCTGATCTAGTGAAGTCTGAGTTGATTGTATCGCAATCAGT
TAAAACTTTCAACAATGGATCTCTTGGTTCGGCATCGATGAAGAACGCAG
CGAAATGCGATAACTAGTGTGAATTGCAGAATTCCGTGAATCATCGAGTCTT
TGAACGCACATTTGCGCCCCCTGGTATTCGGGGGGCATGCCTGTCCGAGCGT
CATTGCTGCCCATCAAGCACGGCTTGTGTGTTGGGTCGTCGTCCCCTCTCCG
GGGGGGACGGGCCCCAAAGGCAGCGGCGGCACCGCGTCCGATCCTCGAGC
GTATGGGGCTTTGTACCCCGTCTGTAGGCCCGGCCGGCGCTTGCCGAACGC
AAATCAATCTTTTTCCAGGTTGACCTCGGATCAGGTAGGGATACCCGCTGAA
CTTAAGCATATCAATA

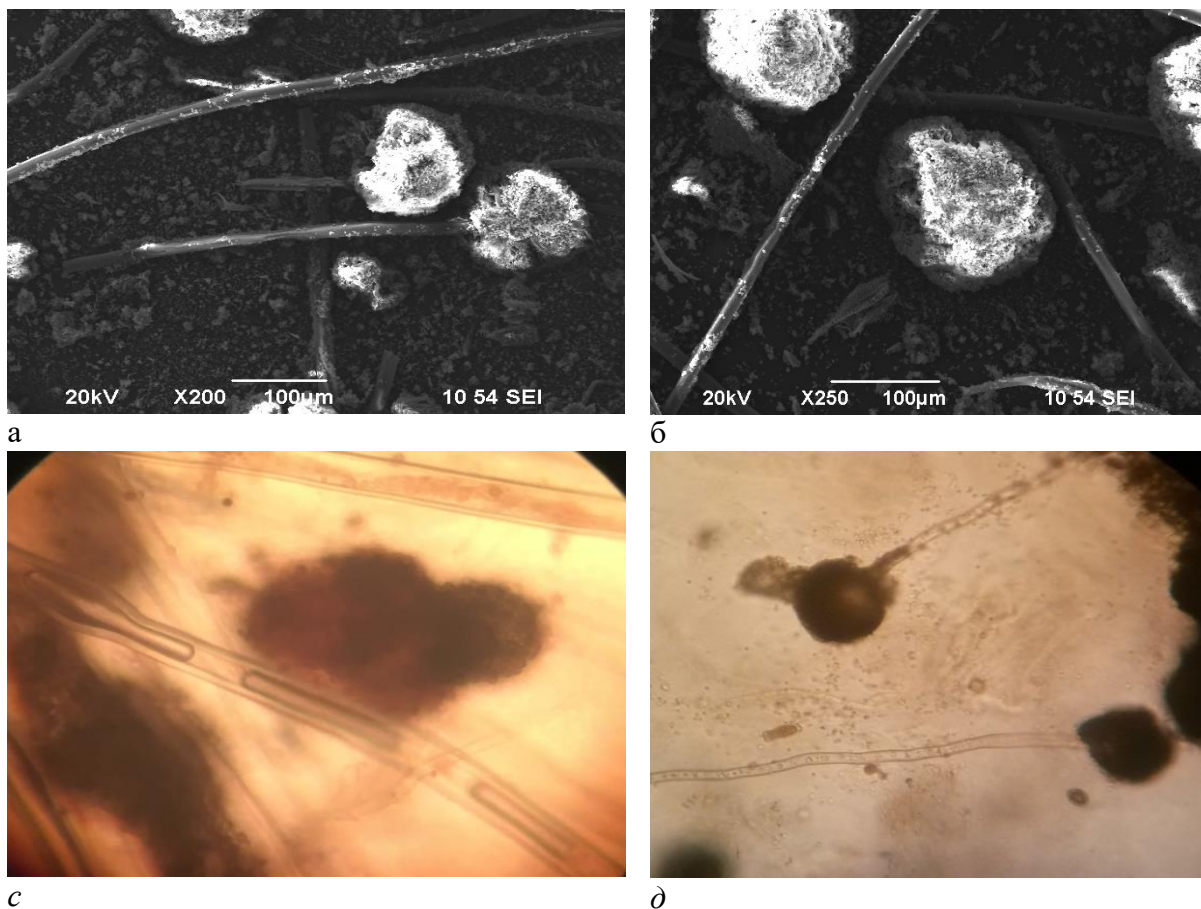


Сурет 35 – *A. flavus* AsZ штамының филогенетикалық ағашы

Зерттелген AsZ штаммы *A. flavus* саңырауқұлақ үлгісі MN186667.1:18-546 *A. flavus* штамына гомологиялық дәрежесі 100 % сәйкес келуі, үлгінің осы түрге жататындығының айқын дәлелі болды.

ASIA штамының таксономиялық белгілеріне қарай *Aspergillus* туысының өкіліне жатқызылды. Петри табақшасында өскен колонияларының пішіндері дөңгелек, өлшемі 4-5 см, бастапқыда ақ түсті, кейін қара түсті жеміс денелерінің қалыптасуына қарай қара түске енеді. Колонияларының беті дөңес, шеті тегіс, жанынан көрінісі тегіс, астыңғы беті бастапқы кездерде түссіз, кейін ақшыл-сары түске енеді. Конидиялық бастары радиалды, пісіп жетіле келе колонкаларға бөлінеді. Өсу қарқыны орташа. Гифалары септаларға бөлінген, түссіз. Мицелийлері түссіз. Өсудің оңтайлы температурасы 27-30 °C аралығы, максималды температура 50 °C, минималды температура 18 °C, оңтайлы pH-7,0. Микроағзалар дақылдарын 4 °C температурада арнайы тоңазыту камераларында

сақтау ұсынылады. Б үлгідегі түйіршікті, тығыз қалдықтардың (шлак) 20-30 см тереңдігінен алынған үлгілерден бөлініп алынды (сурет 36).



электронды кескінді микроскопта: а × 200 ұлғайту; б.×250 ұлғайту, жарық микроскопта: с,д × 1000 ұлғайту

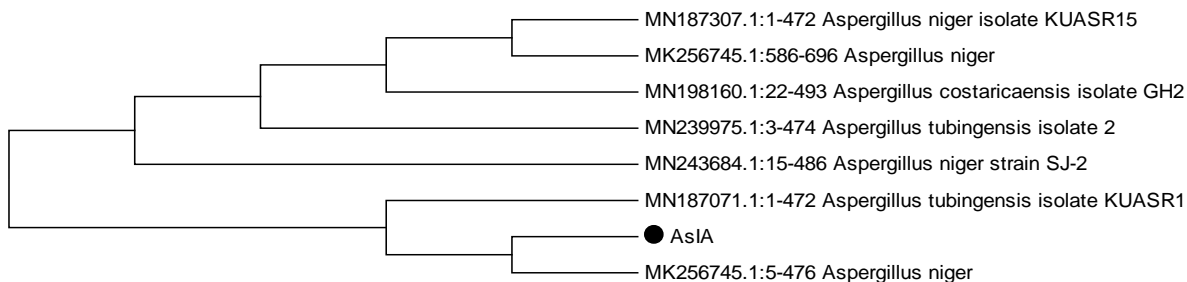
Сурет 36 – *A. niger* ASIA штаммы жасушасының морфологиясы

ПТР сараптамасы нәтижесінде ASIA штаммы *A. niger* түріне жататыны анықталып, идентификацияланды. Штамның таксономиялық идентификациясы МК256745.1:5-476 *A. niger* штамына жақын туыстығының гомологиялық дәрежесі 100% сәйкестігі анықталып, зерттелген штаммды осы түрге жатқызуға мүмкіндік берді (сурет 37).

Нуклеотидтер тізбегі:

```

CAAAGCCCCATACGCTCGAGGATCGGACGCGGTGCCGCCGCTGCCTTT
CGGGCCCGTCCCCCGGAGAGGGGGACGGCGACCCAACACACAAGCCGGG
CTTGAGGGCAGCAATGACGCTCGGACAGGCATGCCCCCGGAATACCAGGG
GGCGCAATGTGCGTTCAAAGACTCGATGATTCACTGAATTCTGCAATTCACA
TTAGTTATCGCATTTTCGCTGCGTTCTTCATCGATGCCGGAACCAAGAGATCC
ATTGTTGAAAGTTTTAACTGATTGCATTCAACTCAGACTGCACGCTTT
CAGACAGTGTTTCGTGTTGGGGTCTCCGGCGGGCACGGGCCCGGGGGGCAAA
GGCGCCCCCCCCGGCGGCCGACAAGCGGCGGGCCCCGCCGAAGCAACAGGGT
ATAATAGACACGGATGGGAGGTTGGGCCCAAGGACCCGCACTCGGTAATG
ATCCTTCCGCAGGTT
    
```



Сурет 37 – *A. niger* ASIA штамының филогенетикалық ағашы

Саңырауқұлақ үлгілерін ДНҚ талдаулар сараптамасы нәтижесінде зерттелген саңырауқұлақ үлгілерінің ITS аймағының нуклеотидтік тізбегі алынды. Алынған мәліметтер NCBI халықаралық базасындағы мәліметтермен салыстырылды, нәтижесінде ең жақын байланысты штамдармен зерттелетін штамдарды таксономиялық сәйкестендіруге мүмкіндік беретін филогенетикалық ағаш құрылды.

AiA штаммы *A. restrictus* түріне жатқызылды. Келесі таксономиялық белгілерге ие: жасыл зәйтүн түсті, домалақ пішінді, шеттері иректелген, беті дөңес, қатпарлы, жанынан көрінісі томпақ, құрымы тарамды, жұмсақ консистенциялы колониялар түзеді, жылдам өседі. Гифтері септаларға бөлінген, түссіз. Чапек агарлы ортасында дақылданды, инкубациясы 3 күн, температура оптимумы 23-35 °С, рН 7. Құрамында фосфоры бар В үлгідегі шлактардан 20-30 см тереңдігінен алынған үлгілерден бөлінді.

AO50F штаммы *A. fumigatus* түріне жататыны анықталған. Олардың таксономиялық көрсеткіштері келесі: колонияларының түсі қанық жасыл, пішіні домалақ, мөлшері 3-4 см, беті кедір-бұдырлы, жанынан көрінісі томпақ, колония шеті тегіс, құрылымы тарамды. Мицелийлері үлпек тәрізді, топтанып, қалың болып өскен конидитасушылары қою көкшіл жасыл түсті рең беріп тұрады. Әрбір конидитасушыларындағы конидий тізбектері бірігіп тығыз баған түзетіні байқалады. Конидитасушыларының жоғары ісінген бөлігінде жоғары қабаттарын жауып тұрған фиалидалары болады. Споралары шамамен 2-3 мкм құрайды. Бөлініп алынған орны 40-50 см тереңдіктегі құрамында фосфоры бар шламдар. Агар қосылған Чапек қоректік ортасында дақылданды, инкубациясы 3-4 күн, 23-37 °С, аэротолерантты.

Штамм AOSh *Aspergillus* туысының өкілі екендігі макроморфологиялық белгілеріне қарап ажыратылды. Колониялары ашық қызғыш түсті реңк береді, астыңғы жағы түссіз, агар бетіне жайылып өседі, шеттері толқынды, майда иректелген, колониялардың қоректік орта бетінен көтерілуі дөңес, жанынан көрінісі төмпешікті, консистенциясы нәзік, құрғақ, сынғыш (сурет 38).

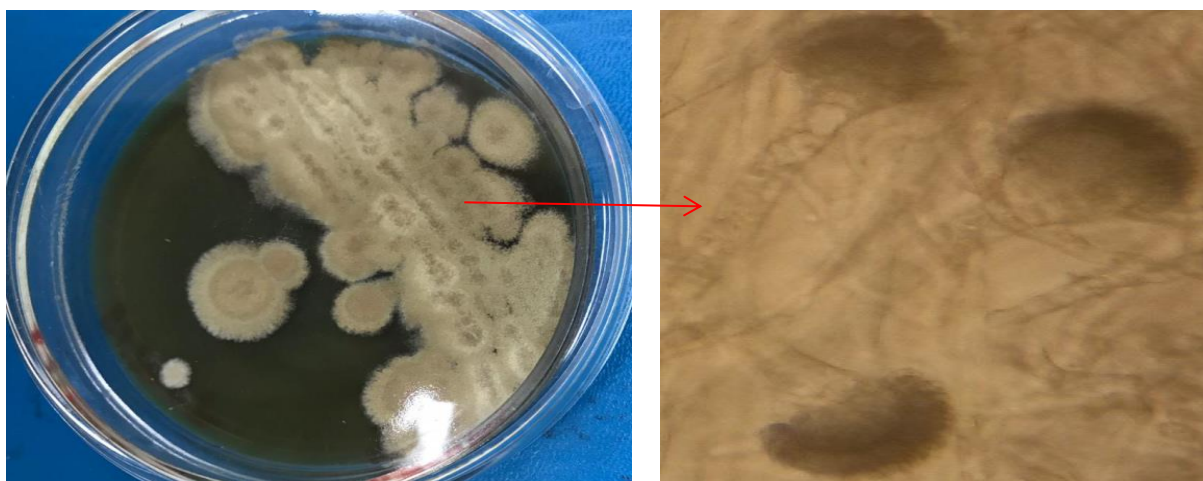


а-колониялары, б-кониядиясы

Сурет 38 – *Aspergillus sp.* AOSh штамының көрінісі

Штамм IOFM10(1) *Aspergillus sp.* туысының өкілі екендігі морфологиялық белгілеріне қарап ажыратылды. Колонияларының түсі ашық сары, пішіні дөңгеленген, мөлшері 3-4 мкм, беті әжімді, шеті толқынды, құрылымы біртекті, мөлдірлігі көмескі, жанынан көрінісі дөңес, төмпешік тәрізді өседі, консистенциясы нәзік, дақылдану ерекшелігінде аса үлкен ерекшелік жоқ, инкубациялық режимі басқа *Aspergillus* саңырауқұлақтарына ұқсас. Микроморфологиясы: шумақталған гифтері топталып мицелиялар түзеді, денесі жұмсақ, гифтері септаланған, конидийтасушалары жуан, тармақталған, сыртқы беті түйіршікті, конидийспора түзеді. 10-20 см тереңдіктен алынған В үлгідегі шлактан бөлініп алынды.

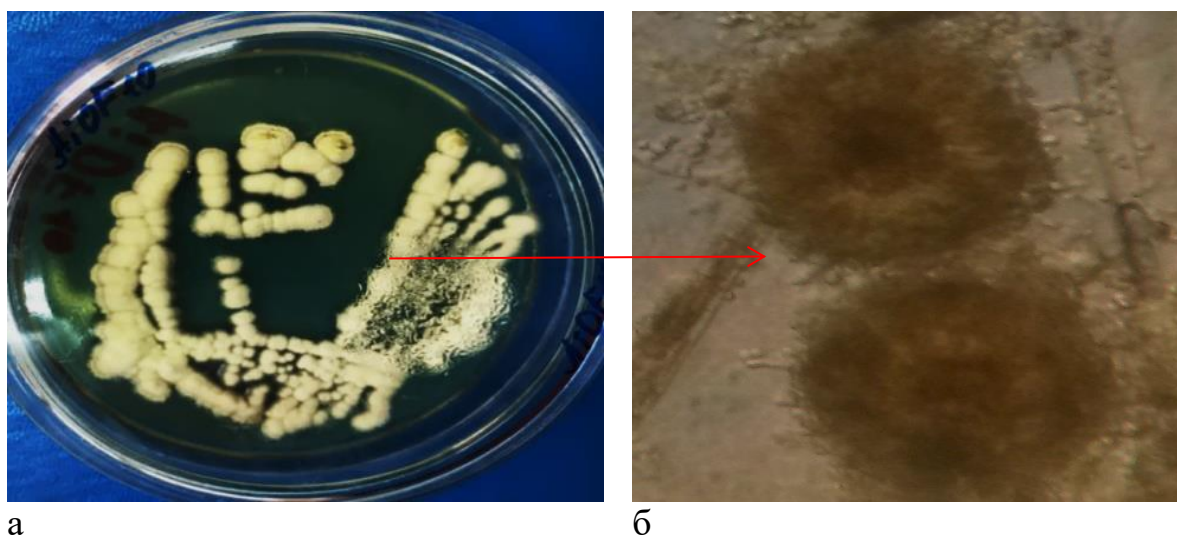
IOFM10(2) штаммы таксономиялық белгілеріне қарай *Aspergillus* туысының өкілі екені белгілі болды. Келесі таксономиялық белгілер байқалды: Чапек агарланған тығыз ортада хакки түсті колониялар пайда болды (сурет 39), пішіндері домалақ, шеттері иректелген, құрылымы ірі тарамды, жанынан көрінісі томпақ, жұмсақ консистенциялы. Гифтері септаларға бөлінген, пернелі, конидийтасушылары жуан, конидиалды ұштары дөңес. Дақылдануы: Чапек қоректік ортасы, 25-35 °С температурада 3-5 күнде инкубацияланады, қолайлы рН 7. 10-20 см тереңдіктен алынған шлак үлгілерінен бөлініп алынды, аэротолерантты.



а
а- Петри табақшасындағы колониялары; б- конидияспорасы

Сурет 39 – *Aspergillus sp.* IOFM 10(2) штаммының көрінісі

AiOF10 штаммы таксономиялық белгілеріне қарап *Aspergillus sp.* туысының өкілі екендігі анықталды, колонияларының түсі сарғыш түстен зәйтүн түске дейін, пішіндері домалақ, қарсы беттері қоңыр түсті болды, қоңыр түсті пигментация түзеді, колонияларының шеттері тегіс, жанынан көрінісі кедір-бұдырлы, көтеріңкі болып өседі, консистенциясы жұмсақ (сурет 40).

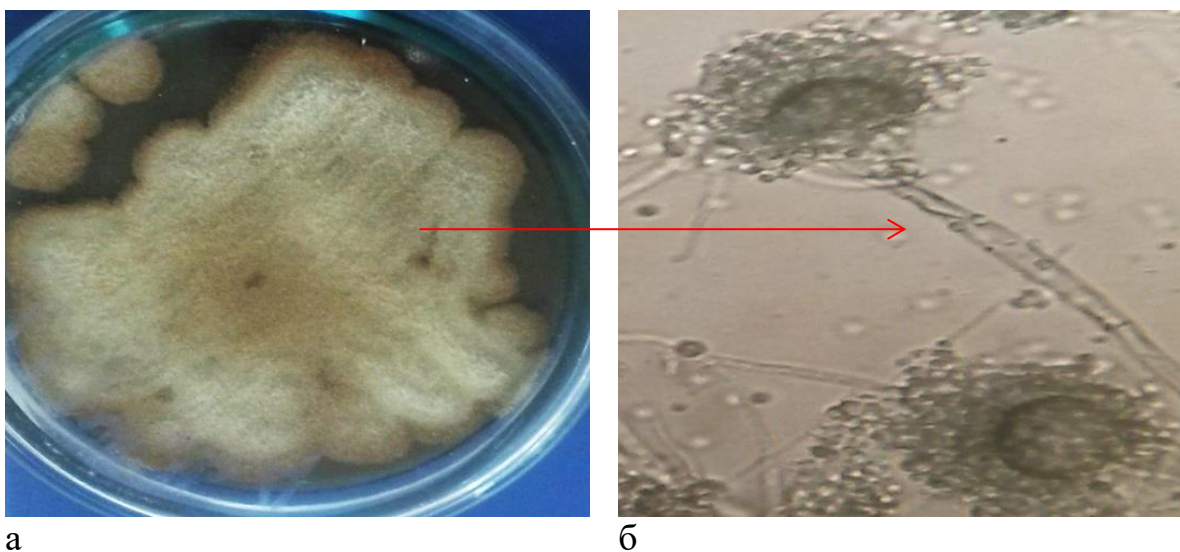


а
б
Сурет 40 – *Aspergillus spp.* AiOF10 штаммы

Микроморфологиясы: гифтері септаларға бөлінген, конидитасушылары қысқа. Дақылдануы: 20 агар қосылған Чапек қоректік ортасы, 25-35 °С температурада 4-5 күнде инкубацияланады. В үлгідегі қалдықтардың 10-20 см тереңдіктен бөлініп алынды.

Штамм AOI50F *A. flavipes* түріне жататыны анықталған. Таксономиялық белгілері: колониялары алғашқыда ақ түсті болып, кейін сарғыш крем түске енеді, ескірген колониялар кірленген сарғыш қоңыр түске дейін барады (сурет 41). Колонияларының пішіні домалақ, шеттері толқынды, колониялардың жанынан көрінісі тегіс, құрылымы ұсақ түйіршікті, мөлдірлігі ұнтақты, гифтері септаға

бөлінген. Дақылдануы 5 күн, температура 25-35 °С жақсы өседі, Чапека қоректік ортасында дақылданды, аэротолерантты. Г үлгідегі қалдықтардың 40-50 см тереңдігінен алынған қалдық үлгілерінен бөлініп алынды.

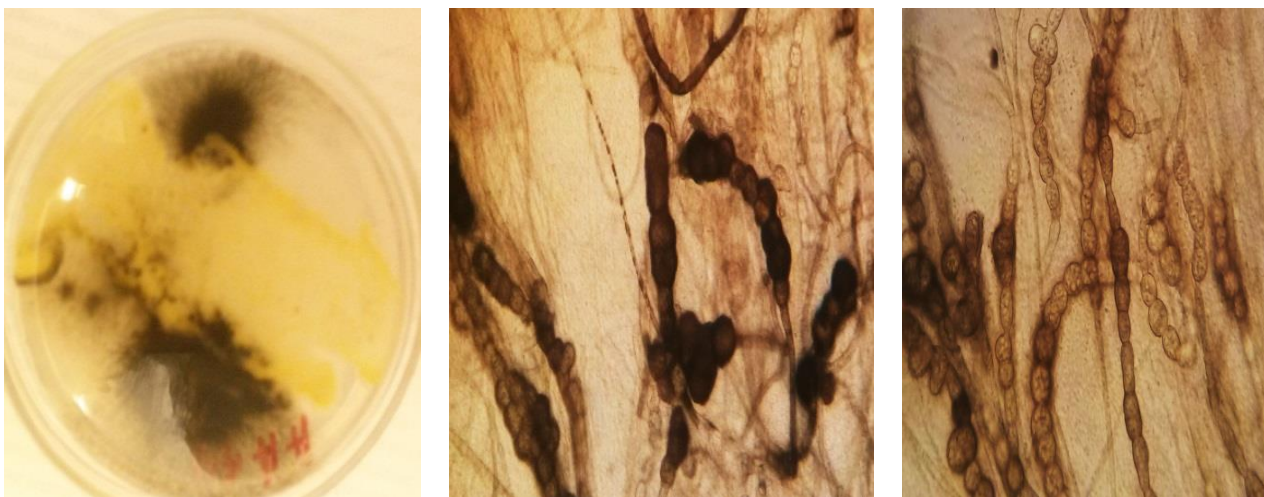


а б
Сурет 41 –*Aspergillus flavipes* AO50F штамм: а – Петри табақшасындағы колониялары, б – гифалары

AiAF50 штаммы *Mucorales* sp. зигомицеттер болып анықталды. Келесі таксономиялық белгілер ажыратылды: колонияларының пішіндері майда домалақ, түсі күңгірт көк түсті, беті тегіс, Петри табақшасында ортаға еніп өседі, шеттері тегіс, консистенциясы қатты, тығыз. Микроскоптың ұлғайтқыштарын үлкейтіп қарағанда гифтері тармақталған, септирленбеген, түссіз, споратасушыларында споралар орналасқан, шар тәрізді домалақ, шамамен 4-5мкм, спорангияларының бас жақтары домалақ. Б үлгілердің 40-50 см тереңдіктегі құрамында фосфоры бар шлактардан бөлініп алынды. Чапек агарланған қоректік ортасында дақылданды. Қолайлы температурасы 23-35 °С, рН7, дақылдану уақыты 5 күн, аэробты.

Аскомицеттер мен ашытқылар колонияларына морфологиялық сипаттама жасалынды.

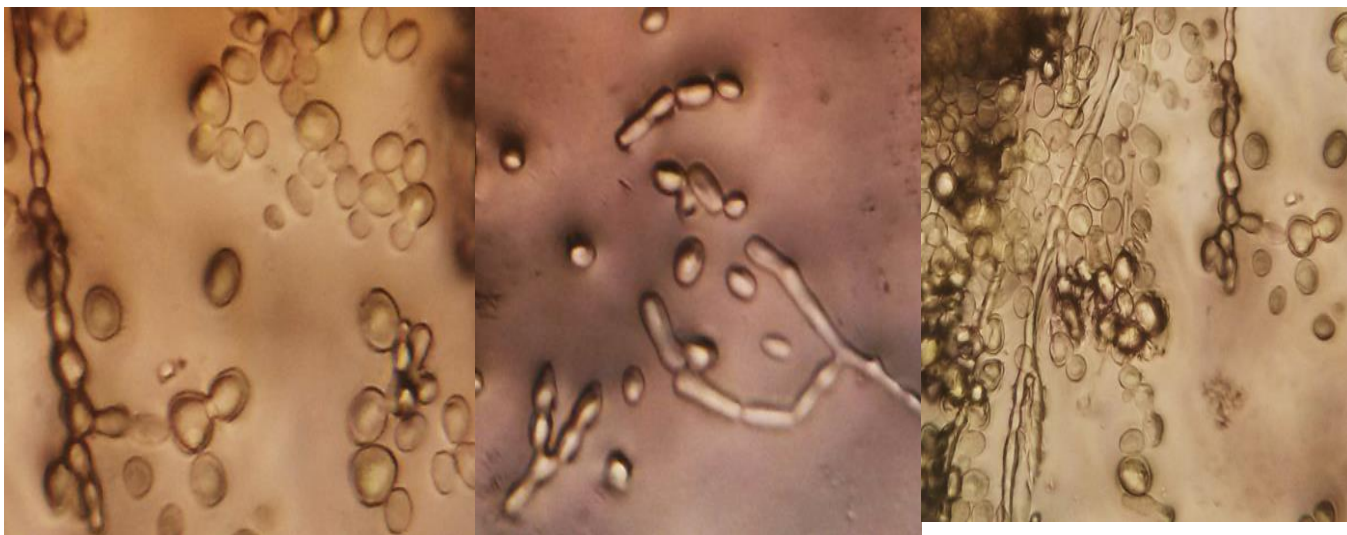
FM штаммы таксономиялық белгілеріне қарай аскомицеттерге жатқызылды. Петри табақшасына егілгеннен кейін 2 күн ішінде ауа мицелиялары байқалды. Колониялары Петри табақшасына толық жайылып өседі. Үлпек тәрізді ақшыл мицелиялар біртіндеп әлсіз қызғылт - сары түске енеді. Микроскоппен қарау кезінде бүршіктенген конидийлер байқалды. Гифалары ұзын, жуан, 2-10 мкм, тармақталған, буылттықтарға бөлінген, гиалинді, дихотомиялық тармақталған (сурет 42). Спораларының пішіні домалақ, жуан. FM штамының таксономиялық белгілері *Aureobasidium pullulans* саңырауқұлағының белгілеріне ұқсас келді. Бөлініп алынған орны 10-20 см тереңдіктегі Г үлгідегі қалдықтар. Чапек агарланған қоректік ортасында дақылданған. Қолайлы температурасы 23-35 °С, рН 7, дақылдану уақыты 5 күн, аэробты.



а
а – колониясы; б, в - гифалары

Сурет 42 – *A. pullulans FM* штамының микроскопиялық көрінісі

АА50 штамының дақылды-морфологиялық белгілері ашытқылардың белгілеріне сәйкес келді. Колониялары қара түсті, пішіні дұрыс емес, пигментация түзбейді, колониялардың астыңғы беті де қара түсті. Колониялары ылғалды, жұмсақ консистенциялы, гифалары септаларға бөлінген, буылтықты, қара түсті. Мицелиалды гифалары псевдогифаларға ұқсас. Жасуша пішіндері мицелий тәрізді. Бүршіктенген жасушалары көп, келесі суретте бүршіктенген жасушаларды көруге болады, (сурет 43).

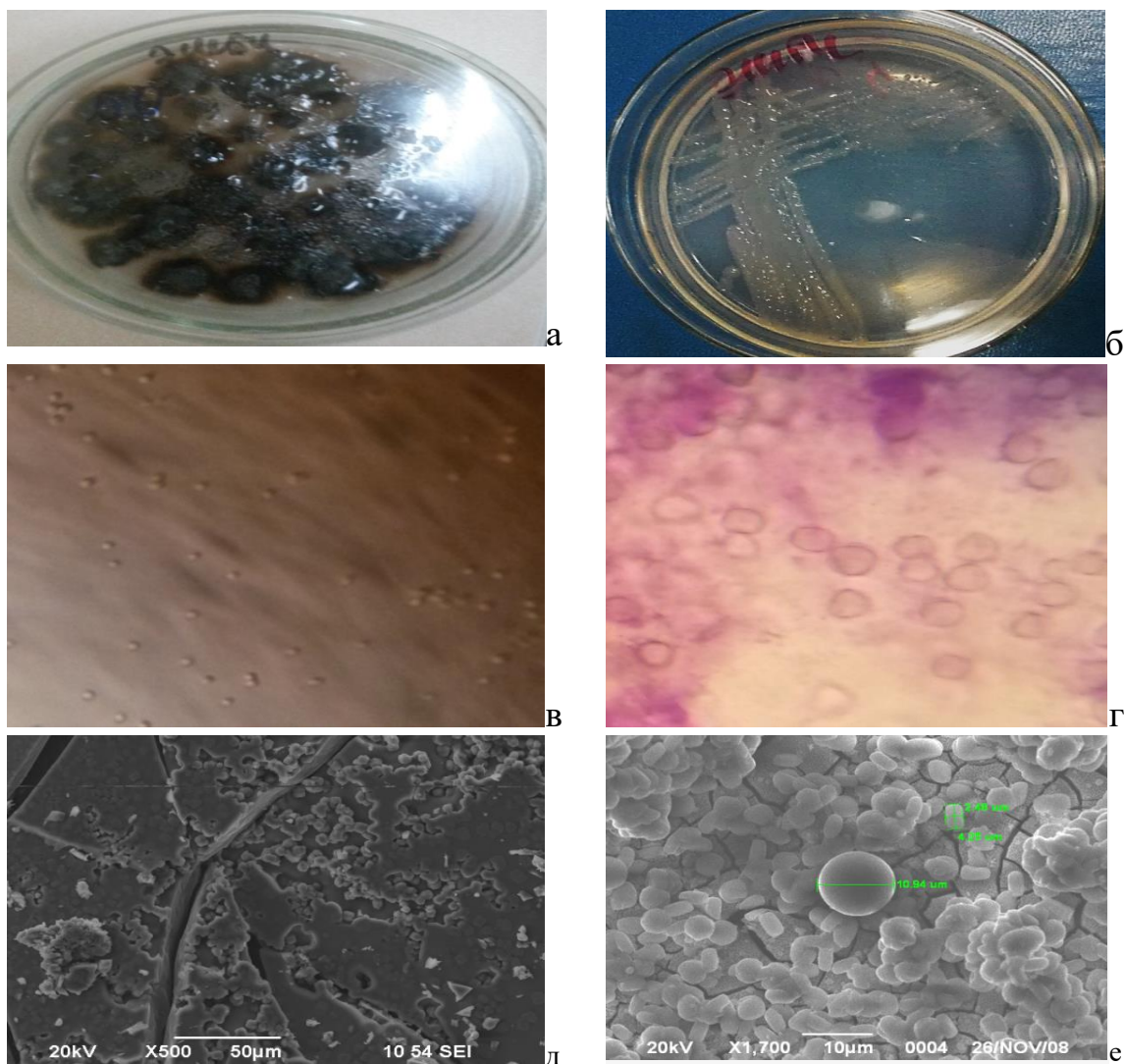


Сурет 43 – Штамм АА (50) ашытқылар жасушасының гифалары мен споралары

3.3.3 Азоттың биогеохимиялық айналымына қатысатын микроағзалар тобы

Азоттұтқыш бактериялардан AzB50 штаммы *Azotobacter chroococcum* түріне жатқызылды. Эшби қоректік ортасында 8-9 тәуліктен кейін алғышқыда

түссіз, мөлдір шырышты колониялар пайда болып, біртіндеп қоңыр түсті колонияларға айналды. Құрылымы біртекті, жұмсақ консистенциялы (сурет 44 а, б). Жасушалары ірі, дөңгелек шар тәрізді коккалар, диаметрі 1-2 мкм. Жасушасы Грамм теріске боялады, жасушаларының морфологиялық пішіні өзгермелі, плеоморфты, бастапқы кезде көптеген перитрихильды талшықтары болды, кейін қозғалғыштығын жоғалтып кокка түрінде қалың қабатты капсула түзеді (сурет 44 в, г), азотобактерлердің электронды кескінді микроскоппен қарағандағы жасушаларының пішіні көрсетілген (сурет 44, д-ұлғайту $\times 500$; е-ұлғайту $\times 1,700$).



а, б Эшби ортасында өскен колониялары, в - бастапқы кездегі жасушалары, г-капсуламен қапталған жасуша, д- ұлғайту $\times 500$; е- ұлғайту $\times 1,700$.

Сурет 44 – *Azotobacter chroococcum* AzB50 штаммы жасушаларын электронды кескінді микроскоптау нәтижесі

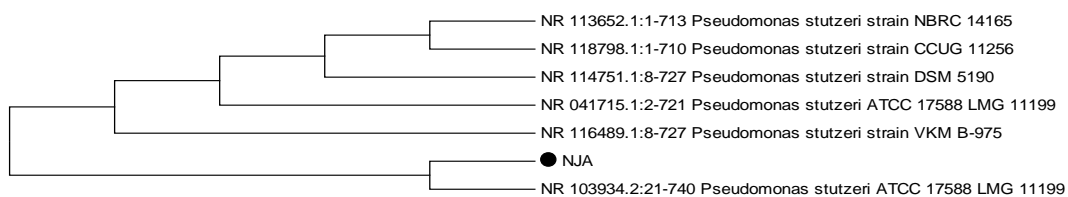
Эндоспоралар түзілмейді, бірақ цисталар түзеді. Факультативті анаэроб. Өсуге оңтайлы рН 7,1, максималды өсу температурасы 45 °С, минималды температура 10 °С, қолайлы температура 28-30 °С, инкубация 7-9 тәулік. 40-50 см тереңдіктен алынған құрамында фосфор қалдығы бар шлактардан бөлінді.

Штамм Nit1 *N. europaeae* түріне жататыны белгілі болды. Келесі таксономиялық белгілер анықталды: Пробиркада Виноградкий ортасында алғашқыда түсі мөлдір, біртіндеп орта әлсіз лайланады, уақыт өте көпіршіктер түзілген. Жасушаларының пішіні сопақша, мөлшері 1,5 мкм, спора түзбейтін, қозғалғыш келеді. Өсуге оңтайлы рН көрсеткіші 7,8, 6 -9 рН диапазоны аралығында өсуге қабілетті, ұсынылатын өсу температурасы 28-30 °С, инкубация 7 тәулік.

Штамм NJA келесі таксономиялық белгілермен сипатталды: егілгеннен соң екі күн ішінде Петри табақшасында бірдей мөлшердегі колониялар пайда болды, колонияларының пішіні жалпақ, дөңгелек, жылтыр емес, диаметрі 2-3 мм құрайды, қоңыр сарғыш түсті, шеттері қармалауышты, колония беті қатпарлы, қоректік орта бетінен төселіп өседі, жұмсақ консистенциялы. Грамм теріс, жасушалар пішіні таяқшалы, әртүрлі орналасқан, спора түзбейді. Температураға қатынасы: минималды 8 °С, максималды 38°С, оңтайлы дақылдану температура диапазоны 27-28 °С, қолайлы рН көрсеткіші 7,3 ±0,2 ұсынылады, инкубация уақыты 24 сағат құрады, оттегіне тәуелділігі аэробты. 10-20 см тереңдіктегі құрамында фосфоры бар қатты тығыз шлактардан бөлініп алынды. NJA штаммы *P. stutzeri* түрге жататыны ПТР сараптамасы нәтижесінде анықталды. NR 103934.2:21-740 *P. stutzeri* ATCC 17588 LMG 11199 штамына гомологиялық ұқсастығы 99,58% құрап, NJA штаммы *P. stutzeri* болып идентификацияланды. Штамның филогенетикалық ағашы жасалынды (сурет 45).

Нуклеотидтер тізбегі:

TAGCCCAGGTGGTCGCTTCGCCACTGGTGTTCCCTTCCTATATCTACGC
 ATTTACACCGCTACACAGGAAATTCCACCACCCTCTGCCATACTCTAGCTCGC
 CAGTTTTGGATGCAGTTCCCAGGTTGAGCCCCGGGGCTTTCACATTCAACTTA
 ACGAACCACCTACGCGCGCTTACGCCAGTAATTCCGATTAACGCTTGCAC
 CCTTCGTATTACCGCGGCTGCTGGCACGAAGTTAGCCGGTGCTTATTCTGTC
 GGTAACGTCAAAACAGCAAGGTATTAACCTTACTGCCCTTCCTCCCAACTTAA
 AGTGCTTTACAATCCGAAGACCTTCTTCACACACGCGGCATGGCTGGATCAG
 GCTTTCGCCCATTTGTCCAATATTCCTCCACTGCTGCCTCCCGTAGGAGTCTGG
 ACCGTGTCTCAGTTCCAGTGTGACTGATCATCCTCTCAGACCAGTTACGGAT
 CGTCGCCTTGGTGAGCCTTACCTCGCCAACCTAGCTAATCCGACCTAGGCTC
 ATCTGATAGCGTGAGGTCCGAAGATCCCCCACTTTCTCCCGTAGGACGTATG
 CGGTATTAGCGTTCCTTTTCGAAACGTTGTCCCCCACTACCAGGCAGATTCCCT
 AGGCATTACTCACCCGTCCGCCGCTGAATCATGGAGCAAGCTCCACTCATCC
 GCTCGACTTGCATGTGTTAGGCCTGCCGCCAGCGTTCAATCTGAGCC

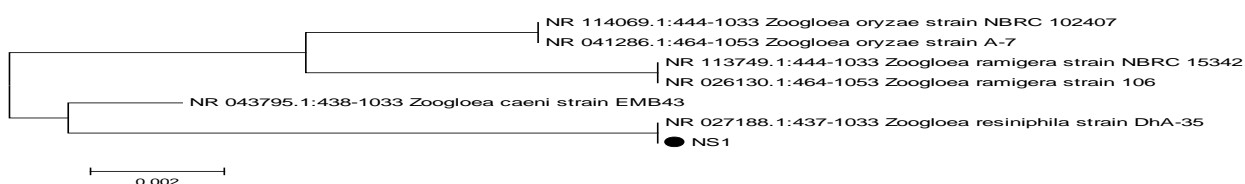


Сурет 45 – *P. stutzeri* NJA штамының филогентикалық ағашы

Штамм NS1 мынадай таксономиялық белгілері бойынша сипатталды: пробиркаларда өскенде бактериялардың тіршілік әрекеті салдарынан шырышты матрикс түзеді, орта лайланады, лайлануы орташа, ақ ұлпа тәрізді тұнбалар пайда болады, орта бетінде көпіршіктер түзілді. Жасушалары таяқша пішінді, диаметрі 1,0-1,3 × 2,1-3,6 мкм құрайды. Температураға қатынасы бойынша: қалыпты өсу температурасы 28-37°C, орта реакциясына қатынасы бейтарап, ЕПА агарлы, картопты агар, желатин қосылған тығыз орталарда өсуге қабілетті, өсуге қолайлы рН көрсеткішінің диапазоны 7,5±0,4. Инкубациялану уақыты 24 сағат. 30-40 см тереңдіктегі құрамында фосфоры бар қатты тығыз шлактардан бөлініп алынды. NS1 штаммы *Z. resiniphila* түрге жататыны ПТР сараптамасы нәтижесінде белгілі болды (сурет 46).

Нуклеотидтер тізбегі:

CCTGGGAGGATGACGGTACCGTAAGAAGAAGCACCCGGCTAACTACGT
 GCCAGCAGCCGCGGTAATACGTAGGGTGCGAGCGTTAATCGGAATTA CTGG
 GCGTAAAGCGTGCGCAGGCGGTGATGTAAGACAGATGTGAAATCCCCGGGC
 TCAACCTGGGA ACTGCGTTTGTGACTGCATCACTCGAGTACGGCAGAGGGA
 GGTGGAATTCGCGTGTAGCAGTGAAATGCGTAGATATGCGGAGGAACACC
 GATGGCGAAGGCAGCCTCCTGGGCCAGTACTGACGCTCATGCACGAAAGCG
 TGGGGAGCAAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCCTAAACGATGT
 CAACTAGTTGTTCCGGTGAGGAGACTCATTGAGCGTGAAGTTGACCGCCTGG
 GGAGTACGGCCGCAAGGTTAAACTCAAAGGAATTGACGGGGACCCGCAC
 AAGCGGTGGATGATGTGGATTAATTCGATGCAACGCGAAAAACCTTACCTA
 CCCTTGACATGCCAGGA ACTTACCAGAGATGGTTTGGTGCTCGAAAGAGAG
 CCTGGACACAGGTGCTGCATGGCTGTC

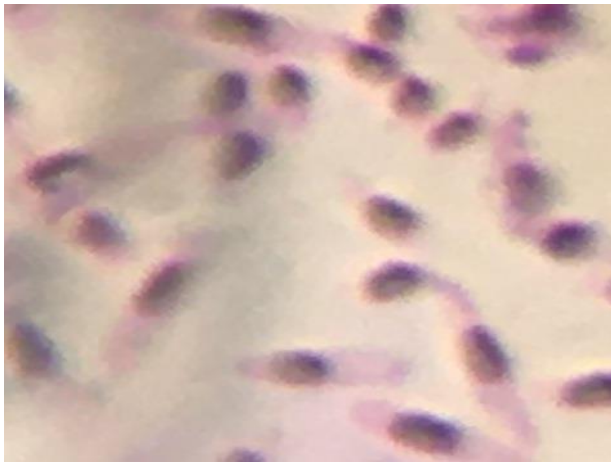


Сурет 46 – *Z. resiniphila* NS1 штамының филогенетикалық ағашы

NR 027188.1:437-1033 *Z. resiniphila* strain DhA-35 штаммына ұқсастығы мен жақындығының гомологиясы 97,65% құрады.

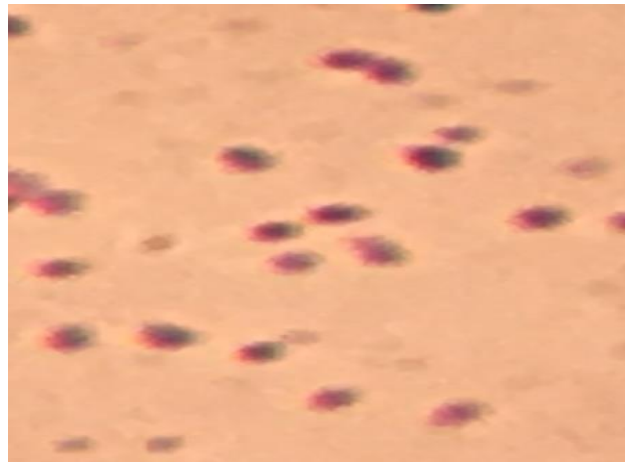
Ralstonia pickettii түрінің 2 штаммы ASA және TS анықталып, ПТР сараптамасы нәтижесінде идентификацияланды (сурет 47, 48).

ASA штамының дақылданған ортасы Виноградский I фазалы сұйық қоректік ортасы, алғашқыда пробиркаларда мөлдір, түссіз болып өседі, уақыт өте орта лайланады, лайлану деңгейі орташа, ақшыл сары түсті жұмсақ тұнбалар пайда болады.



а

а *R. pickettii* ASA штаммы



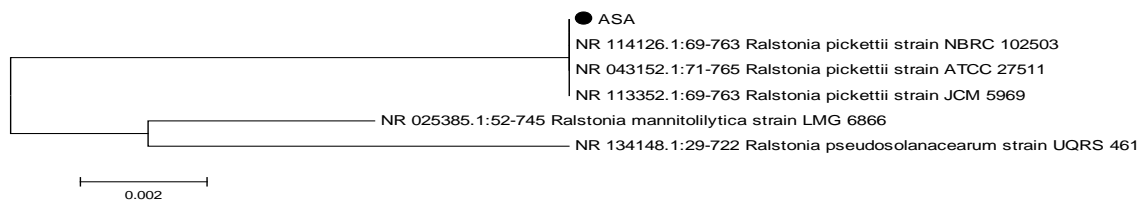
б

б *R. pickettii* TS штаммы

Сурет 47- *R. pickettii* ASA, *R. pickettii* TS штамдары

Нуклеотидтер тізбегі:

TGGCGAGTGGCGAACGGGTGAGTAATACATCGGAACGTGCCCTGTAG
 TGGGGGATAACTAGTCGAAAGATTAGCTAATACCGCATAACGACCTGAGGGT
 GAAAGTGGGGGACCGCAAGGCCTCATGCTATAGGAGCGGCCGATGTCTGAT
 TAGCTAGTTGGTGAGGTAAGGCTCACCAAGGCGACGATCAGTAGCTGGTC
 TGAGAGGACGATCAGCCACACTGGGACTGAGACACGGCCCAGACTCCTACG
 GGAGGCAGCAGTGGGGAATTTTGGACAATGGGCGAAAGCCTGATCCAGCA
 ATGCCGCGTGTGTGAAGAAGGCCTTCGGGTTGTAAAGCACTTTTGTCCGGA
 AAGAAATGGCTCTGGTTAATACCTGGGGTTCGATGACGGTACCGGAAGAATA
 AGGACCGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACGTAGGGTCCAAGC
 GTTAATCGGAATTAAGCGTAAAGCGTGCAGGCGGTTGTGCAAGACC
 GATGTGAAATCCCCGAGCTTAAGTGGGAATTGCATTGGTGACTGCACGGCT
 AGAGTGTGTCAGAGGGGGGTAGAAATCCACGTGTAGCAGTGAAATGCGTAG
 AGATGTGGAGGAATACCGATGGCGAAGGCAGCCCCCTGGGATAACACTGAC
 GCTCATGCACGAAAGCGTGGGGGAGCAAACAGGATTA



Сурет 48 – *Ralstonia pickettii* ASA штамының филогенетикасы

NR 134148.1:29-722 *R. pickettii* штаммымен гомологиялық жақындығы 99,86% құрады.

TS штаммы келесі таксономиялық белгілермен сипатталған: ЕПА ортасында дақылданғанда мөлдір, әлсіз сарғыш түсті колониялар пайда болды, колония жиектері қармалауышты, колониялардың жанынан көрінісі көтеріңкі, ішкі құрылымы: бір текті, өсуі жылдам, консистенциясы жұмсақ. Жасушалары

қозғалғыш, пішіндері қысқа таяқша тәрізді, мөлшері 0,5–0,7×1,5–2,5 мкм кұрайды, грам теріс ағзалар. Температураға қатынасы бойынша: қалыпты өсу температурасы 23-27 °С, орта реакциясына қатынасы бейтарап, өсуге қолайлы рН көрсеткіші 7,5±0,4, түсінің өзгеруі байқалды. Қоректік желатин, қоректік агар, картопты агар қосылған, ЕПА тығыз ортадаларда да өсуге қабілетті. Оттегіге қатынасы – аэробты. Инкубация уақыты 48 сағат. 20-30 см тереңдіктегі құрамында В үлгілерден бөлініп алынды.

Нуклеотидтер тізбегі:

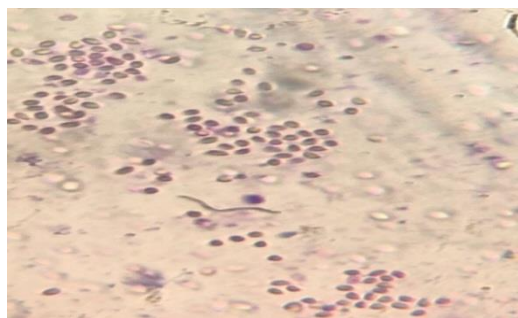
TCTAGCTTGCTAGATTGATGGCGAGTGGCGAACGGGTGAGTAATACAT
CGGAACGTGCCCTGTAGTGGGGGATAACTAGTCGAAAGATTAGCTAATACC
GCATACGACCTGAGGGTGAAAGTGGGGGACCGCAAGGCCTCATGCTATAGG
AGCGGCCGATGTCTGATTAGCTAGTTGGTGAGGTAAGGCTCACCAAGGCG
ACGATCAGTAGCTGGTCTGAGAGGACGATCAGCCACACTGGGACTGAGACA
CGGCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTGGGGAATTTTGGACAATGGGCG
AAAGCCTGATCCAGCAATGCCGCGTGTGTGAAGAAGGCCTTCGGGTTGTAA
AGCACTTTTGTCCGGAAGAAATGGCTCTGGTTAATACCTGGGGTTCGATGA
CGGTACCGGAAGAATAAGGACCGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAA
TACGTAGGGTCCAAGCGTTAATCGGAATTAAGCGTGCGCAG
GCGGTTGTGCAAGACCGATGTGAAATCCCCGAGCTTAACTTGGGAATTGCA
TTGGTGACTGCACGGCTAGAGTGTGTGAGAGGGGGGGTAGAATTCCACGTG
TAGCAGTGAAATGCGTAGAGATGTGGAGGAATACCGATGGCGAAGGCAGC
CCCCTGGGATAACACTGACGCTCATGCACGAAAGCGTGGGGGAGCAAA

Ең жақын *R. pickettii* штамымен гомология дәрежесі 99,72% құрады.

Штамм NAO *Acinetobacter sp.* туысының өкіліне жатқызылды, нақты түрі анықталмады. Жасуша пішіндері таяқша, диаметрі 0,9-1,6 мкм, ұзындығы 1,5-2,5 мкм. Спора түзбейді, грам теріс, қозғалғыш, аэробты, оптималды температурасы 33-35 °С. Азот көзі ретінде аммоний тұздарын немесе нитриттерді пайдаланады (сурет 49).

Нуклеотидтер тізбегі:

GTGGGGGACAACATTTTCGAAAGGAATGCTAATACCGCATACGTCCTA
CGGGAGAAAGCAGGGGATCTTCGGACCTTGCCTAATAGATGAGCCTAAGT
CGGATTAGCTAGTTGGTGGGGTAAAGGCCTACCAAGGCGACGATCTGTATC
GGGTCTGAGAGGATGATCCGCCACACTGGGACTGAGACACGGCCCAGACTC
CTACGGGAGGCAGCAGTGGGGAATATTGGACAATGGGCGCAAGCCTGATCC
AGCCATGCCGCGTGTGTGAAGAAGGCCTTATGGTTGTAAAGCACTTTAAGC
GAGGAGGAGGCTAC



NR 042387.1:120-435 Acinetobacter calcoaceticus strain NCCB 22016
 NR 114922.1:98-413 Acinetobacter calcoaceticus strain CIP 81.8
 NR 114968.1:114-429 Acinetobacter calcoaceticus strain ATCC 23055
 NR 116774.1:130-445 Acinetobacter pittii DSM 21653 strain CIP 70.29
 NR 113343.1:109-424 Acinetobacter calcoaceticus strain JCM 6842
 NR 117930.1:81-396 Acinetobacter pittii strain LMG 1035
 NR 117619.1:129-444 Acinetobacter calcoaceticus strain ATCC 23055
 NR 117621.1:129-444 Acinetobacter pittii DSM 21653 strain ATCC 19004
 NR 152004.1:129-444 Acinetobacter lactucae strain NRRL B-41902
 NR 114921.1:98-413 Acinetobacter calcoaceticus strain LMG 1046

● NAO

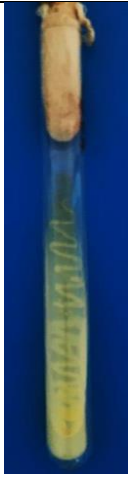



0.0005


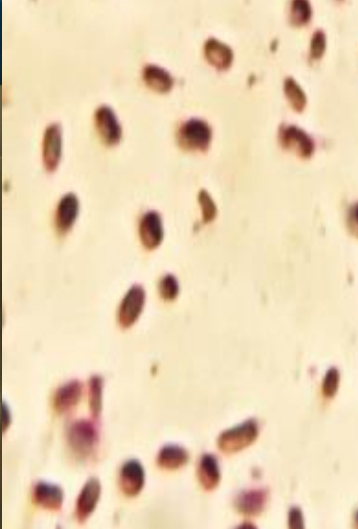
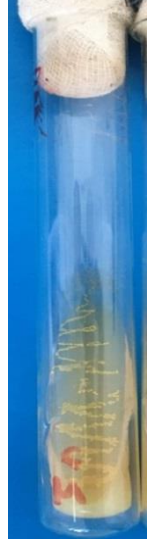
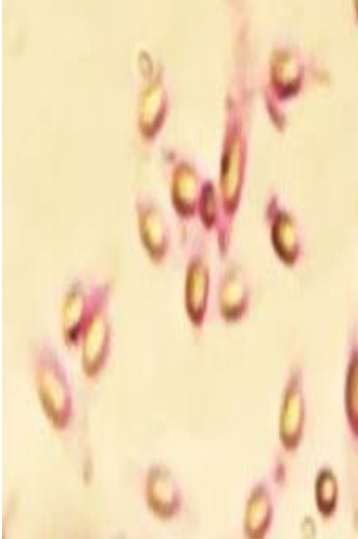


Сурет 49 – *Acinetobacter sp.* NAO штаммының филогенетикалық ағашы


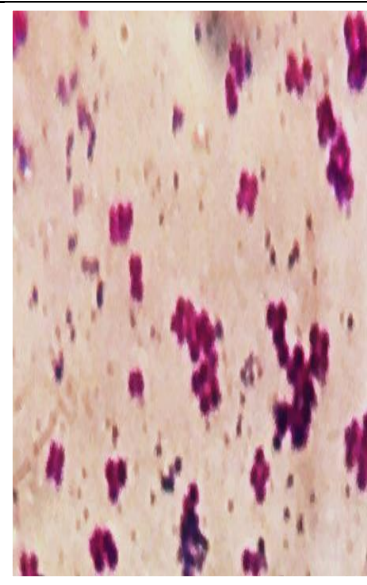

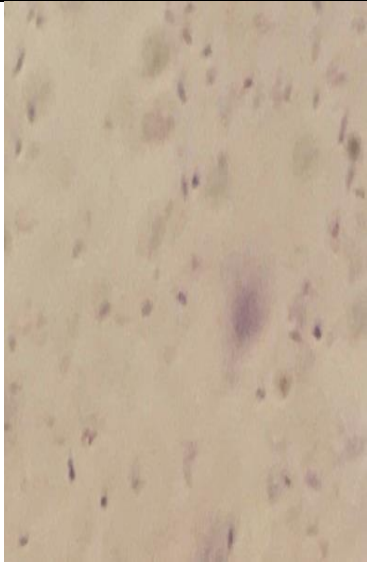

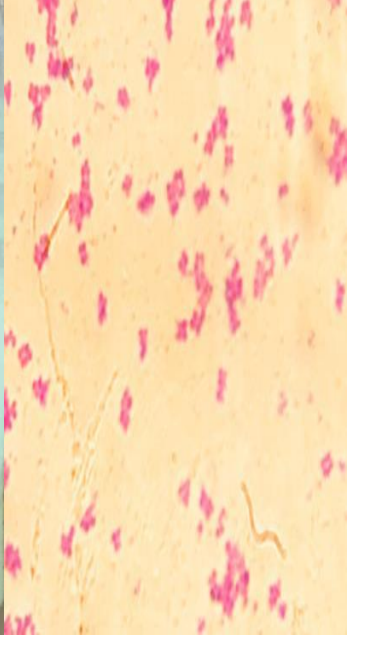
3.3.4 Гетеротрофты микроағзалардың морфофизиологиялық сипаттамасы



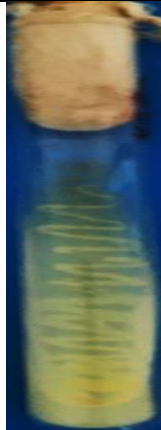

Зерттеу жұмыстары әрі қарай гетеротрофты микроағзалар тобының кейбір өкілдеріне морфологиялық сипаттамасын жасаумен жалғасты (кесте 6).

Кесте 6 – Бөліп алған микроағзалар штамдарының морфологиялық сипаттамасы

Штам атауы	Морфо-физиологиялық сипаттамасы	Қисық агар сызығында өсуі	Микроморфологиясы	Туыстық атауы
1	2	3	4	5
IOFB50	Колониялар сүт сары түсті, қисық агарда толқынды өседі, шеті тегіс, беті дөңес, құрылымы біртекті, жұмсақ консистенциялы. Жасуша пішіндері таяқшалы, қысқа, тізбектер түрінде орналасқан, жекелей, жұп күйінде де болады. Грам-теріс, аэробты. ЕПА қоректік ортасында дақылданды, оңтайлы температурасы 25-27 °С, рН-7. Фосфоры бар қылдықтардың 40-50 метр тереңдік горизонтынан бөлініп алынды.			<i>Bacillus sp.</i>
FIA50	Колониялары сүт түсті ақшыл, пішіні домалақ, шеті қатпарлы, жалпақ, консистенциясы жұмсақ, колониялардың мөлшері 0,5- 1 мкм. Қисық агарда жайылып өседі. Жасушалары иілген таяқша тәрізді, жекелей, топтанып, жұп болып орналасады. Грам-теріс, аэробты. ЕПА қоректік ортасында дақылданып, оңтайлы температурасы 25-27 °С, рН-7.			<i>Spirillum sp.</i>

<p>АЮ штам мы</p>	<p>ЕПА ортасында домалақ пішінді колониялар түзілді, шеті тегіс, крем түсті, жұмсақ консистенциялы, көтеріңкі, пигментация түзбейді, диаметрі 1-2 мм. Аэробтар. Қисық агарда жайылып өседі. Жасушасы таяқша тәрізді ірі, жекелей, дара орналасқан, грам оң бациллулар. ЕПА ортасында дақылданды, иісі жоқ. Инкубациясы 3 тәулік, температурасы 25-27 °С, рН-7,2 ±0,2.В үлгіден 10-20 см.алынған.</p>			<p><i>Bacillus</i> <i>sp.</i></p>
<p>АІР штам мы</p>	<p>Колониялары қисық агарда өсу мардымсыз, ақшыл сары түсті, консистенциясы жұмсақ. Жасушалары пішіні таяқша тәрізді, жекелей орналасқан, грам оң бациллулар, профилі көтеріңкі, пигментация түзбейді, диаметрі 2-2,5 мм. Дақылдану ерекшеліктері: Аэробтар. ЕПА ортасында дақылданды, инкубациясы 3 тәулік, температурасы 25-27 °С, рН-7,2 ±0,2.</p>			<p><i>Bacillus</i> <i>sp.</i></p>
<p>ІА10 штам мы</p>	<p>Колониялары ЕПА ортасында домалақ, ақшыл – сары крем түсті, беті тегіс, шеттері тегіс, жылтыр, консистенциясы жұмсақ. Қисық агарда төселіп өседі, Жасуша пішіндері таяқша тәрізді, ірі, жекелей, дара орналасқан. грам оң бациллулар. Дақылдану ерекшеліктері: Аэробтар. ЕПА ортасында дақылданды, инкубациясы 3 тәулік, температурасы 25-27 °С, рН-7,2 ±0,2.</p>			<p><i>Bacillus</i> <i>sp.</i></p>

ABF штам мы	Колониялары агар бетіне төселіп өседі, сары түсті, паста тәрізді, шеттері иректелген, жасушаларының пішіні шар тәрізді коккалар, тетракоктар, диаметрі 1-2 мкм. Аэробтар. ЕПА ортасында өскенде иісі жоқ, дақылдану температурасы 25-27 °С, рН-7,3 ±0,3, инкубациясы 3 тәулік.			<i>Micrococcus sp.</i>
FAI	Колониялары ақшыл сары түсті, домалақ, шеттері тегіс, жылтыр, консистенциясы жұмсақ. Қисық агарда иректеліп өседі. Жасушалар пішіні майда таяқшалар, қозғалғыш, жасушалар диаметрі 1-1,5 мкм. Дақылдау шарттары: ЕПА ортасында дақылданды, аэробтар, инкубациясы 3 тәулік, температурасы 25-27 °С, рН-7,2 ±0,2.			<i>Bacillus sp.</i>
Ю 50	Колониясы крем тәрізді сары, шеттері тегіс, домалақ пішінді, майда, жұмсақ консистенциялы. Қисық агар бетінде өсуі орташа, шеттері тегіс, түсі сарғыш, беті тегіс болып өсті. Жасуша пішіндері кокктар, жекелей, шоғырланып орналасады, диаметрі 2 мкм.			<i>Micrococcus sp.</i>

IOF50	Колониялардың түсі крем тәрізді сарғыш. Қысық агарда бір-біріне жайылып өседі, шеттері иректі, консистенциясы жұмсақ. Жасуша пішіндері жабысқан ірі таяқшалар.	 	<i>Bacillus</i> sp.
AOF2 0	Колониялары ақшыл-сары түсті, дөңгелек, шеттері тегіс, беті тегіс, профиль тамшы тәрізді, жұмсақ консистенциялы. Грам оң, жасушасы жіңішке, майда таяқшалар, тізбек тәрізді және жекелей, жұптасып та орналасқан.	 	<i>Pseudo monas</i> sp.

Сонымен микробиологиялық зерттеулер жүргізуде сұрыптық, таксономиялық талдаулар нәтижесінде 42 таза штамм бөлініп алынды. Олар әртүрлі физиологиялық топтарға жататын микроағзалар: оның ішінде темір және күкірттің биогеохимиялық айналымына қатысатын 5 штамм: *A.ferrooxidans* ThIO1; *A.ferrooxidans* ThIO2; *A. thiooxidans* SAT; *S. thermosulfidooxidans* ST; *G. capsiferriformans* TS жатқызылды. Микромицеттердің 5 таза штамдары: *A. niger* ASIA, *A. tubingensis* ASPN, *A. terreus* JOM, *A. flavus* AsZ және AsF штамдары ПТР талдаулар жасалынып анықталды. Ал, азот айналымына қатысатын микроағзалардың 8 таза штамдары бөлініп алынды: азот тұтқыш бактериялар *A. chroococcum* AzB50, нитрификаторлардың I және II тобының бактериялары *N.europeae* Nit1, түрлік құрамы анықталса, *M. thermotolerans* MSO штамның ПТР сараптамасы бойынша идентификацияланды, ал денитрификациялаушы *P. stutzeri* NJA, *R. pickettii* ASA және TS2, *Acinetobacter* sp. NAO, *Z. resiniphila* NS1 штамдарына ПТР сараптамасы жасалынып, идентификацияланды. Ал келесі микромицеттердің 5 штамның таксономиялық белгілеріне қарай морфологиялық сипаттама жасалып туыстық және түрлік құрамы анықталды: *A.restrictus* AiA; *A. fumigatus* AO50F; *A.flavipes* AOI50F, *Mucor* sp. AiAF50, ал AA50 мен FM штамдары ашытқылар туысының өкілдері екендігі анықталды. 18 штамм гетеротрофты микроағзаларға жатқызылды, штамдар: AIO, AIP, IA 10, FAI, IOF 50, IOFB50 *Bacillus* sp.; ABF, IO 50, BIOM 1, IOF 50, FIAO50 - *Micrococcus* sp., сонымен қатар шлам құрамынан бөлініп алынған 5 штамдар AAShF1; AAShF2;

AAShF3; AAShF4, AAShF5 *Bacillus sp.* екені анықталынды, FIA50 штаммы *Spirillum sp.*; AOF20 штаммы *Pseudomonas sp.* жатқызылды.

4. Шымкент қаласындағы құрамында фосфоры бар қалдықтардан бағалы компоненттерді биосілтісідендірудің технологиясын дайындау

4.1. Құрамында фосфоры бар қалдықтардан бағалы металдарды бөліп алуда моно-поликомпонентті микроағзалардың әсері

Биосілтісідендіру үрдісі кезінде микроағзалардың әртүрлі түрлері мен қауымдастықтарының белсенділігі микроағзалардың төзімділігіне қарай әсер беруі мүмкін. Сондықтан да микроағзалардың әртүрлі топтарынан немесе біртүрден тұратын микроағзалардың штамдарын, сондай-ақ әртүрлі таксономиялық топтардың өкілдерінен құралған консорциумдарын салыстыру биогеотехнология үшін өзекті шешімдердің бірі болып табылады. Бұл бөлімде ацидофильді бактериялар мен әртүрлі микроағзалар топтарының жаңа дақылдарымен фосфор қалдықтарын биосілтісідендіру қабілетін зерттеу нәтижелері келтірілді. Әдетте, отандық биосілтісідендіруде нысан ретінде *A. ferrooxidans* бактерияларын пайдаланады, алайда көптеген шетелдік өндірістерде микроағзалардың әртүрлі топтары мен биоконсорциумдары қолданылып келеді.

Скрининг зерттеулер нәтижесінде бөлініп алынған 135 изоляттың 42 штамына іріктеулер жүргізіліп, биосілтісідендіруге қолдану үшін перспективтіліктері анықталынды (Кесте 7).

Кесте 7 – Микроағзалар штамдарының өсу сипаты, %

Штамдар	Өсу сипаты						
	9К қоректік ортасы	Ваксман қоректік ортасы	Чапек қоректік ортасы	ЕПА Қоректік ортасы	Виноградский қоректік ортасы	Эшби қоректік ортасы	Маннинга қоректік ортасы
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>A.ferrooxidans</i> ThIO1	98	-	-	-	-	-	-
<i>A.ferrooxidans</i> ThIO2	99	-	-	-	-	-	-
<i>A. thiooxidans</i> SAT	-	97	-	-	-	-	-
<i>G. capsiferriformans</i> TS	-	-	-	-	-	-	97
<i>S. thermosulfidooxidans</i> ST	-	-	-	-	-	-	97
<i>A. niger</i> ASIA	-	-	98	85	-	-	-
<i>A. tubingensis</i> ASPN	-	-	98	81	-	-	-
<i>A. terreus</i> JOM	-	-	94	75	-	-	-
<i>A. flavus</i> AsZ	-	-	95	26	-	-	-
<i>A. flavus</i> AsF	-	-	96	35	-	-	-
<i>A. restrictus</i> AiA	-	-	98	55	-	-	-
<i>A. fumigatus</i> AO50F;	-	-	98	68	-	-	-
<i>A. flavipes</i> AOI50F ,	-	-	98	91	-	-	-
<i>Mucorales sp.</i> AiAF50,	-	-	91	75	-	-	-

<i>Z.resiniphila</i> NS1	-	-	-	-	86	-	-
AA50 штаммы	-	-	75	45	-	-	-
<i>A.pullulans</i> FM	-	-	65	42	-	-	-
<i>A. chroococcum</i> AzB50	-	-	-	-	-	95	-
<i>N.europeae</i> Nit1	-	-	-	-	98	-	-
<i>P.stutzeri</i> NJA	-	-	5	68	-	-	-
<i>M. thermotolerans</i> MSO	-	-	-	-	98	-	-
<i>R. pickettii</i> TS 2	-	-	-	-	81	-	-
<i>R. pickettii</i> ASA	-	-	-	-	78	-	-
<i>Acinetobacter</i> sp. NAO	-	-	-	75	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp.IOFB50	-	-	2	0	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp. AIO	-	-	2	54	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp.AIP	-	-	1	55	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp.IA 10	-	-	0	57	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp.FAI	-	-	2	65	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp. IOF 50	-	-	25	58	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp. AAShF1	-	-	28	65	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp. AAShF2	-	-	35	67	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp. AAShF3	-	-	32	63	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp. AAShF4	-	-	0	69	-	-	-
<i>Bacillus</i> sp. AAShF5	-	-	0	55	-	-	-
<i>Microccus</i> sp., ABF	-	-	0	72	-	-	-
<i>Microccus</i> sp.BIOM 1	-	-	0	76	-	-	-
<i>Microccus</i> sp.IOF50	-	-	0	45	-	-	-
<i>Microccus</i> sp.FIAO50	-	-	0	37	58	-	-
<i>Microccus</i> sp.IO50	-	-	7	18	0	-	-
<i>Spirillum</i> sp.FIA50	-	-	0	20	0	-	-
<i>Pseudomonas</i> sp. AOF20	-	-	2	45	0	-	-
Ескерту: 0-өсу жоқ; < 45 % - өте әлсіз өсу; 45-75 %- әлсіз өсу; 76-85 % - орташа өсу; 86-94 % - жақсы өсу; 95-100 % - белсенді өсу; - элективті орталары болмағандықтан өсу тексерілмеді							

Кестеде көрсетілгендей микроағзалардың ішінен *Spirillum* sp. FIA50 мүлдем өсу жоқ, *Microccus* sp. ABF, *Bacillus* sp. AIP, *Bacillus* sp. AAShF1 өсу сипаты 20-30 % аралығын құрап, әлсіз өсу байқалса, *A. thiooxidans* SAT, *S. thermosulfidooxidans* ST, *G. capsiferriformans* TS штамдары – орташа өсу сипатында болды, *Z. resiniphila* NS1, *P. stutzeri* NJA, микромицеттерден *A. terreus* JOM, *A. flavipes* AO50F, *A. fumigatus* AO50F өсу дәрежесі жоғары болғанымен басқа микроағзалармен қарым-қатынасында антагонистік қарама-қайшылықтар байқалды. Көрсетілген 42 штамм арасында *A. ferrooxidans* ThIO1, *A. ferrooxidans* ThIO2, *A. thiooxidans* SAT, *G. capsiferriformans* TS, микромицеттерден *A. niger* ASIA, *A. tubingensis* ASPN, *N. europeae* Nit1, *M. thermotolerans* MSO штамдарының өсу сипаты 95-100 % құрап, белсенділіктері жоғары екендігі анықталды. Сонымен бірге, штамдар арасындағы антагонистік қарама-қайшылықтары тексеріліп, антагонизм жоқ екені белгілі болды. Өсу белсенділіктері мен қарама-қайшылық сипаттарына қарай тионды бактериялар *A. ferrooxidans* ThIO1, ThIO2, нитрифицирлеуші *N. europeae* Nit1 штаммы мен *M. thermotolerans* MSO, микромицеттер *A. niger* ASIA және *A.*

tubingensis ASPN штамдарынан консорциумдар дайындалып, биосілтісіздендіру технологиясында қолданылды.

Зертханалық жағдайда жүргізілген зерттеулер нәтижелерінен анықталғандай пайдаланылған барлық микроағзалардың композициясы өнеркәсіптік масштабта қолдануға перспективті екендігі нақтыланды.

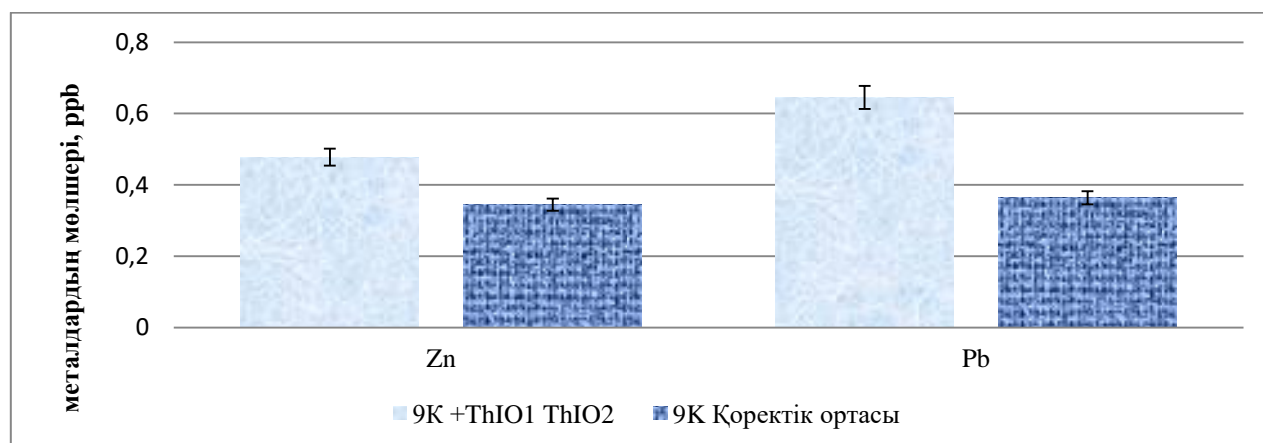
Металдарды сілтісіздендіру үрдісін оңтайландыру үшін үш сатылы сілтісіздендіруді қолдану туралы шешім қабылданды, оның әр кезеңінде көрсетілген сызбаға сәйкес микроағзалардың жекелей композициялары қолданылады: тионды бактериялар → микромицеттер → нитрификаторлар. Үрдістің жүру алгоритмінің бастапқы сатысын тионды бактериялардың *A. ferrooxidans* ThIO1, *A. ferrooxidans* ThIO2 штамдарынан тұратын TIAI консорциумы қышқылдығы төмен рН жағдайында, сутектік көрсеткіштің мәнін біртіндеп 4,0 - 4,5 дейін жоғарылату арқылы сульфидты минералдарды сульфаттарға дейін тотықтыру қасиетке ие екендігімен түсіндіруге болады. Әрі қарай үрдістің екінші сатысында микромицеттердің *A. niger* ASIA және *A. tubingensis* ASPN штамдарынан тұратын ANAT консорциумы қолданылады, олар әлсіз қышқылды рН жағдайында силикатты минералдарды ыдырата отырып, ішкі кристалды торшаларында бағалы металдарды тотықтырып, босап шығуына ықпал етеді. Биосілтісіздендірудің соңғы сатысында сілтісіздендіру ерітіндісінің биомассасын нитрификаторлардың белсенді *N.europeae* Nit1 және *M.thermotolerans* MSO штамдарынан құралған NEMfos консорциумы қолданылады, олар жанама түрде азотты қышқылдарды түзе отырып, ерітінді құрамында қалған сульфидты қосылыстарды ыдыратып, сирек кездесетін жер металдарын тотықтырып шығарады.

Зерттеу жұмысында алғаш рет биосілтісіздендіруде микроағзалар топтарын қолданумен қатар, қоректік орталар микроағзаларсыз қолданылып, бақыланды. Жалпы алғанда, құрамында фосфоры бар қалдықтарды биосілтісіздендіруде қолданылған элективті орталар мен микроағзалар дақылдарын пайдалануда берілген тығыздық пен сұйықтық ара-қатынасында, белгіленген температурада, тәуліктік экспозиция параметрлерде элементтердің негізгі массаның бөліну нәтижесінде айтарлықтай айырмашылықтар байқалмайды.

Металдарды биосілтісіздендіруде қолданылып отырған тионды бактериялар сілтісіздендіру үрдістеріндегі ең негізгі потенциалды микроағзалар қатарына жатқызылған. Біздің зерттеулердегі таңдауларымыз осы микроағзаның кендермен қатар техногендік қалдықтарды да қайта өндеуде әлемдік тәжірибеде жиі қолданылысына негізделді және оны Fatemeh P.[70] тағы басқа да ғалымдардың зерттеу тәжірибелеріндегі микроағзалар көмегімен мыс, цинк, неодий т.б. металдарды бөліп алудағы зерттеу деректері растайды. Бірақ, біздің зерттеулер техногендік қалдықтарды биосілтісіздендірудің негізгі балама технологияларын іздеуден тұрды. Сондықтан да биосілтісіздендіру мақсатында, әлемдік деңгейде, халықаралық әдебиеттерде жақсы ұсынылған, микромицеттердің ішіндегі ең көп қолданылатын *A.niger* штамдарынан құралған ANAT биоконсорциумы сыналып, жұмыстың жоғары бөлімдерінде сипатталғандай, микроағзалардың барлық нұсқаларының ішінен ANAT биоконсорциумы таңдалды (*A. niger* ASIA және *A. tubingensis* ASPN штамдарынан құралған консорциум). Әлемдік тәжірибелерде

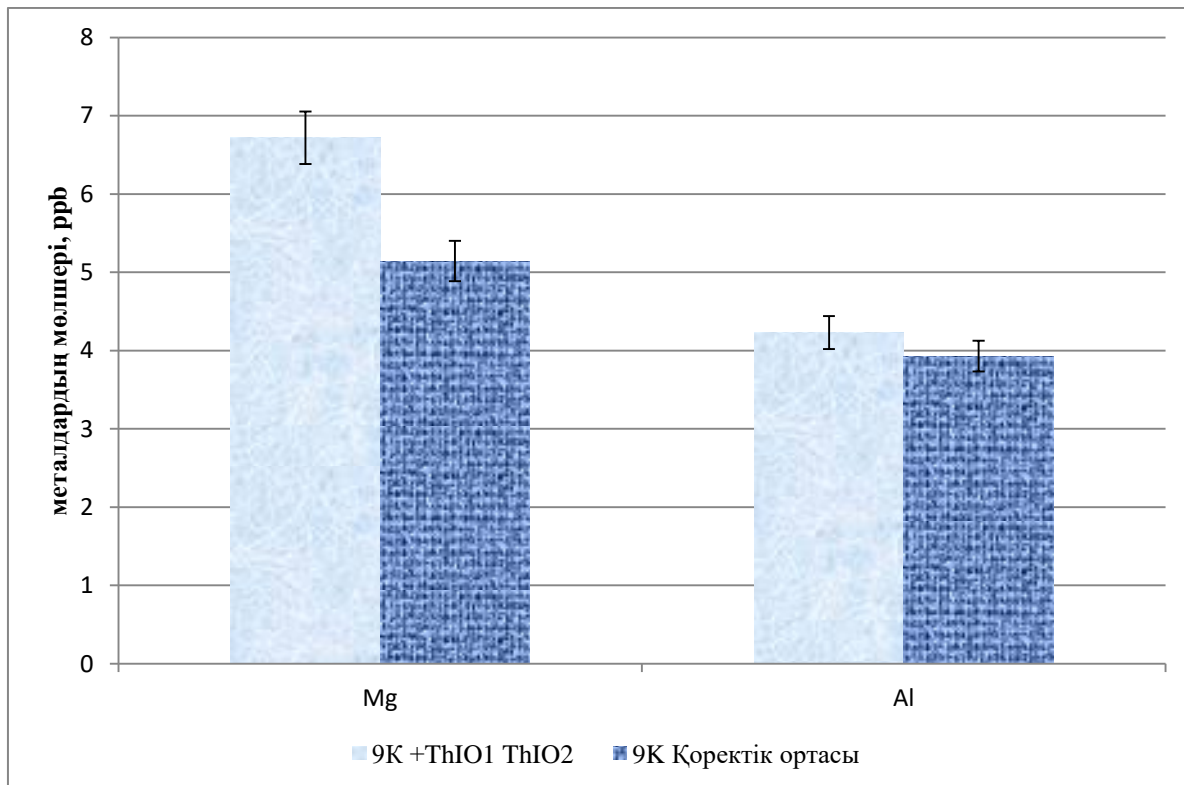
қолданылған *A. niger* және басқада микромицеттердің ауылшаруашылық және басқада тұрмыстық қалдықтарды биологиялық сілтісіздендіруде қалдық құрамынан бағалы компоненттерді бөліп алуда ең тиімді микроағза екенін көрсетуі де соның дәлелі, ал біздің зерттеулерімізде құрамы күрделі техногенді қалдықтарда ANAT биоконсорциумы түсті металдармен қатар, бағалы, кейбір сирек жер металдарын бөліп алуда да ең жақсы көрсеткіштерге ие болды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей ANAT консорциумы лантоноидтарды ерітінді құрамына бөліп шығаруда нитрификаторлардан кейінгі орынды алып шықты. Биосілтісіздендіруде басқа бақылау нұсқаларына қарағанда ANAT биоконсорциумы үйінділі сілтісіздендіруде мысты 51,4%, рубидийді 67,1 %, цирконийді 42,56 %, чандыда 56,6 %, молибденді 39,8%, чанды да 58,7 %, күміс 57,2 %, барийді 19,9- 29,4 %, ал стронцийді үйінділіде басқа микроағзалардан 40,7%, чандыда -36,6 % артық бөліп шығарды, сондай-ақ магний, алюминий, калий, фосфор элементтерінің бөлінуінде чанды сілтісіздендіру үйінділі сілтісіздендіруге қарағанда тиімдірек екені байқалды. Әрі қарай, микроағзалардың 3-ші балама тобы – нитрификаторлар зерттелді [212]. Бүгінгі таңда нитрификаторлардың биосілтісіздендіруде ролі туралы зерттеулер мен ақпараттар сирек. Біздің зерттеулерімізден нитрификаторлардың металдарды бөліп алуда жанама әсер етеді деп болжамдалды және де олардың тағы бір үлкен мәні, нитрификаторлар қолданысында күкірт қышқылы пайдаланылмайды, демек қоршаған ортаны екіншілік ластаудың көзі болмайды. Сілтісіздендіру технологиясындағы күкірт қышқылының дәстүрлі кең қолданысына қарамастан, күкірт қышқылы қоршаған ортаның екіншілік ластаушы көзі болып есептеледі, аз мөлшерде тионды бактерияларға арналған қоректік ортаның құрамында да күкірт қышқылы қосылады, ал нитрификаторлар жағдайында сілтісіздендіру бейтарап жағдайда жүреді және ол қоршаған ортаға жүктемені айтарлықтай азайтады.

9К қоректік ортасына қарағанда 9К ортасын *A. ferrooxidans* бактериясының 2 түрлі ThIO1, *A. ferrooxidans* ThIO2 штамдарынан құралған TIAI консорциуммен бірге пайлану Zn, Pb бөлінуінде жоғары белсенділік көрсетті (сурет 50).



Сурет 50 – *A. ferrooxidans* бактериясының ThIO1, *A. ferrooxidans* ThIO2 штамдарынан құралған TIAI консорциумы Zn, Pb бөліп шығару көрсеткіші

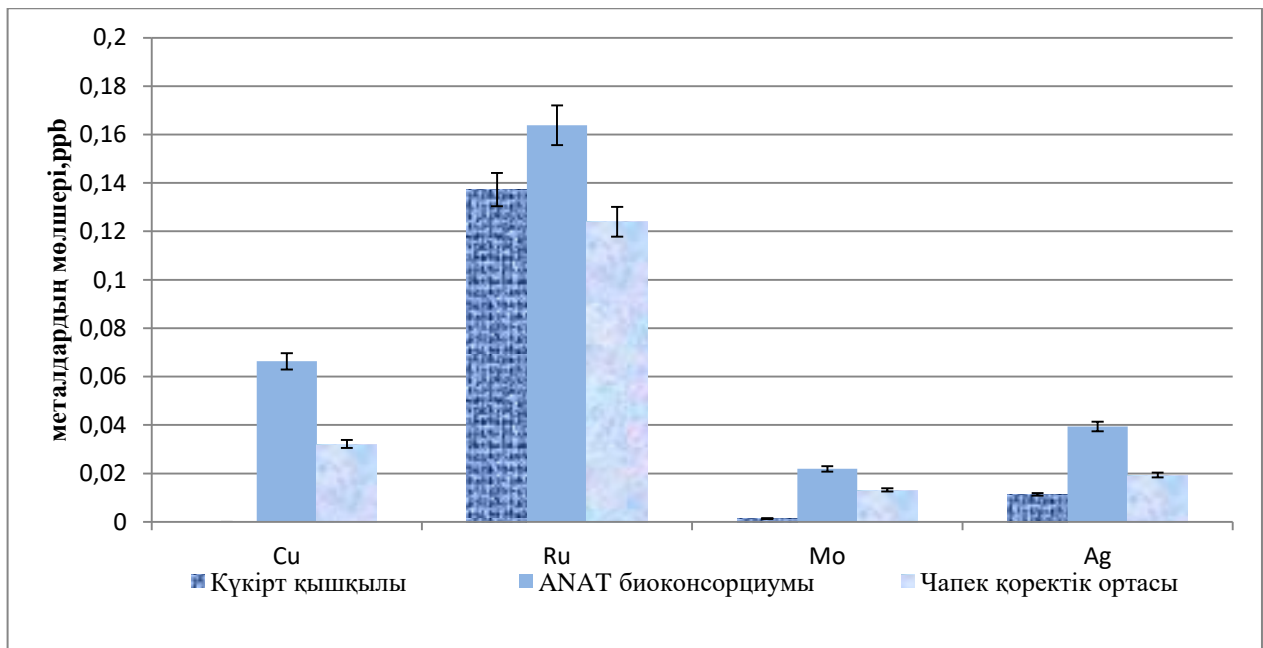
ТІАІ консорциумы (*A. ferrooxidans* ThIO1, *A. ferrooxidans* ThIO2 штамдарынан құралған) магний, алюминий, марганец, рубидий, тантал сияқты металдардың бөліп алуда тек 9К қоректік ортасын пайданылған нұсқамен салыстырғанда, мкг/л: Mg -30,6%, Al -7,58%, Mn -28,4%, Rb -22,9%, Ta -13,4% артық бөліп шығарды (сурет 51).



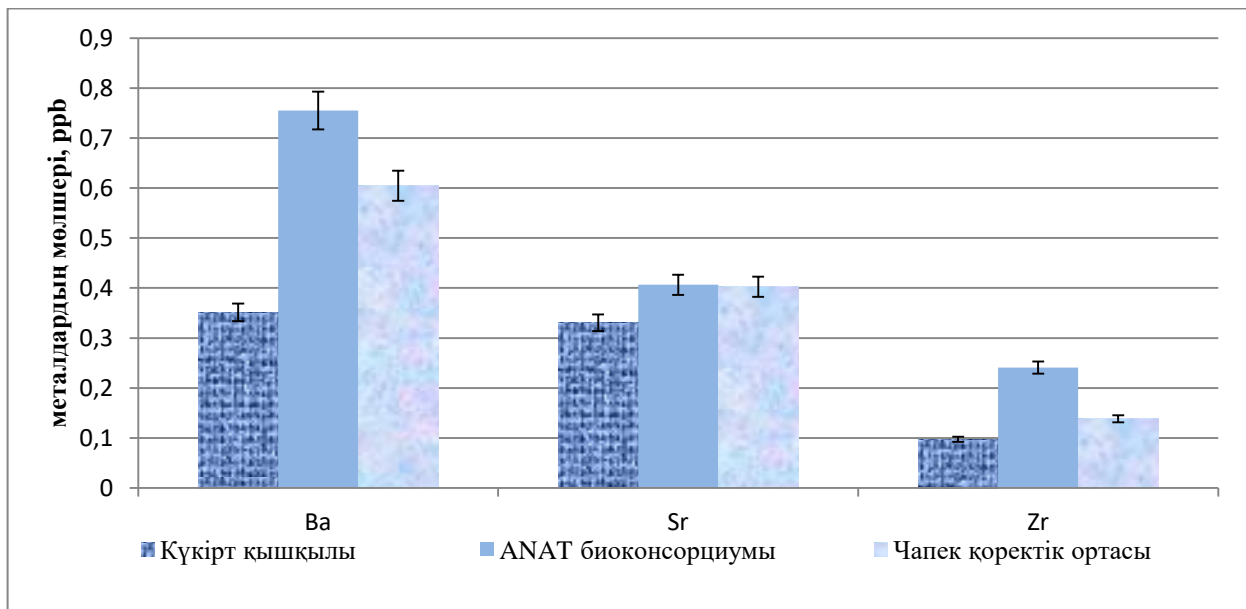
Сурет 51 – *A. ferrooxidans* ThIO1, *A. ferrooxidans* ThIO2 штамдарының Mg, Al бөліп шығаруы

Фосфор қалдықтарын биосілтсіздендіруде бөлінген бағалы компоненттердің көп мөлшері микромицеттердің ANAT консорциумына тиесілі болды.

Үйінділі сілтсіздендіруде калий, мыс, рубидий, цирконий, молибден, күміс, барий және қорғасын иондарын бөліп шығаруда ANAT консорциуы жоғары көрсеткіш көрсетті, ерітінді құрамына метал иондарының, ppb: калийді 11,6%, мыс 95,9%, рубидий 32,2 %, цирконий 74,2%, молибденді 66,3%, күмісті 13,2%, барийді 25,1%, қорғасынды 58,9% бөліп шығарды (сурет 52).



а



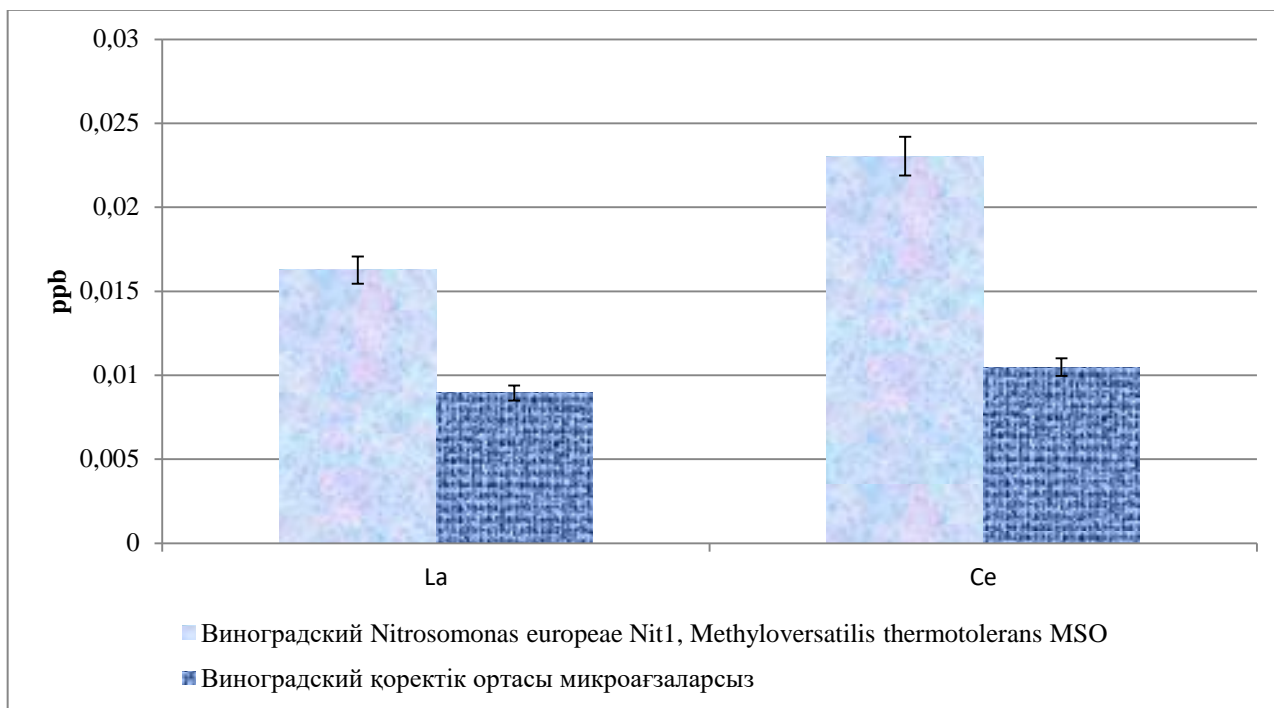
б

Сурет 52 – ANAT консорциумы Cu, Ru, Mo, Ag (а), Ba, Zr (б) элементтерін бөліп шығаруы

ANAT биоконсорциумын қолдануда чанды сілтісіздендіру үйінділі сілтісіздендіруге қарағанда V 30,4 %, Zn 17,5 %, Ge 77,1 %, Sr 22,3 % артық көрсеткіш берді.

Метал иондарын ерітінділер құрамына бөліп шығаруда нитрификаторлардың да белсенділігі жоғары болды. Тәжірибелер нәтижесі көрсеткендей калий, барий иондары мен лантоноидтардың бөлінуінде Виноградский қоректік ортасын NEMfos консорциумымен (*N. europaeae* Nit1, *M.thermotolerans* MSO штамдарынан құралған) бірге қолдану максималды көрсеткішкер берді. Кобальттың мөлшері тәжірибеде қолданылған барлық нұсқалардың ішінде тек нитрификатордың үлесінде екі есе жоғары болды. Сирек

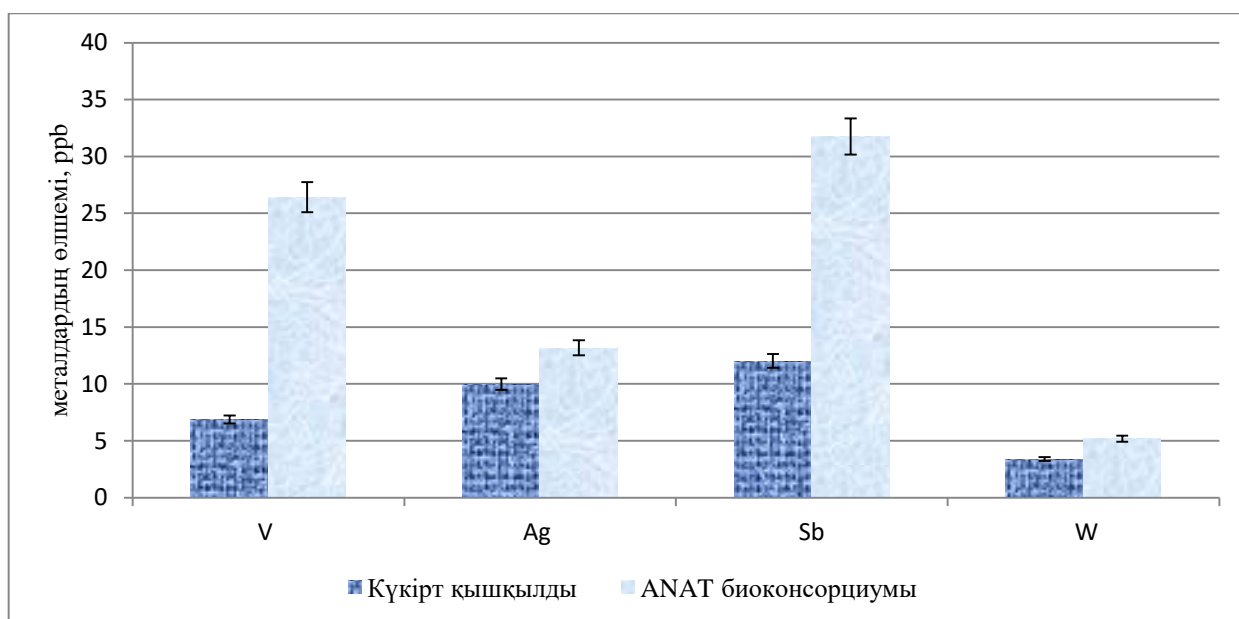
жер металдарын бөліп алуда Виноградский қоректік ортасын нитрификаторлардың *N. europaeae* Nit1, *M. thermotolerans* MSO штамдарынан тұратын NEMfos консорциумын қолдану жоғары көрсеткіштер берді. Нитрификаторларды қоректік орталармен бірге пайдалану церий иондарын бөліп шығаруда белсенділігі басқа нұсқалармен салыстырғанда екі есеге жоғары болды (сурет 53).



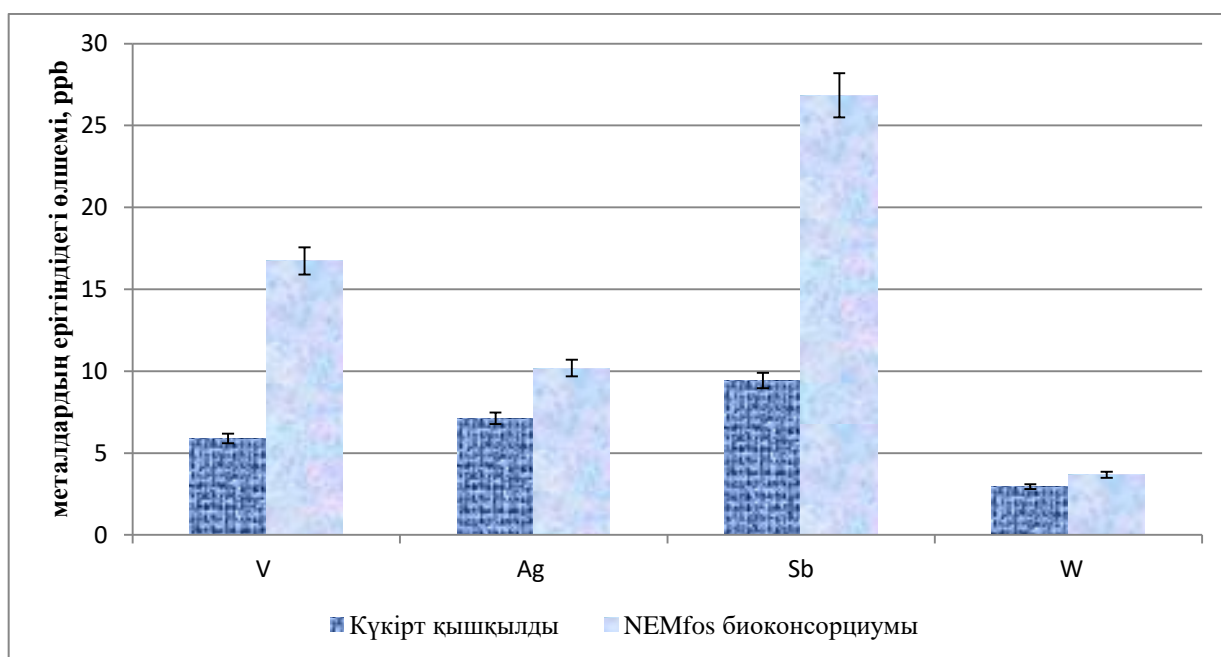
Сурет 53 – NEMfos биоконсорциумы La, Ce бөліп шығаруы

Тәжірибелер талдауларынан кейін белгілі болғандай микроағзалар тобының элементтерді сұрыпты түрде металдарды бөліп шығаруы, тәжірибелер нәтижелері көрсеткендей: *A. ferrooxidans* ThIO1, *A. ferrooxidans* ThIO2 штамдарынан құралған TIAI консорциум цинк, магний, фосфор, алюминий, тантал, ал микромицеттердің ANAT консорциумы рубидий, цирконий, молибден, күміс, ниобий, NEMfos консорциумы (*N. europaeae* Nit1, *M.thermotolerans* MSO штамдарынан құралған) лантан, церий элементтерін бөлумен бірге кобальт бөлінуінде де белсенділік көрсеткені белгілі болды (Қосымша Г, кесте 1). Ендігі жағдайда қай микроағзалар топтарын биосілтісідендіру шешімін таңдау мен оларды пайдалану тиімділігі жөнінде сұрақ туындайды. Жалпы сілтісідендірудің 3 тәсілі белгілі: жер асты сілтісідендіру, үйінділі сілтісідендіру және чанды сілтісідендіру. Жер асты сілтісідендіру әдетте қауіптілігі жоғары элементтерді бөліп алуда қолданылады, мысалы уран сияқты элементтер. Үйінділі және чанды сілтісідендіру түсті және бағалы металдарды бөліп алуда кеңінен қолданылатын технологиялар болып табылады. Іс жүзінде чанды сілтісідендірудің тиімділігі барлық металдарды бөліп алуда анықталып, расталынған, бірақ оның экономикалық шығынын есептеп, бағалағанда: керекті құрал-жабдықтары, қыздыру мен аэрация үшін жұмсалатын электр энергиясы, ғимарат, т.б. бұның барлығы бөліп шығаратын

метал құнына үлкен әсерін тигізеді, сондықтан да чанды сілтісіздендіруді әдетте СКЖМ бөліп алуда кеңінен қолданылды. Жүргізіп отырған зерттеулер нәтижелері зерттеп отырған фосфор қалдықтарының құрамында бағалы металдардың да және түсті металдардың да бар екенін көрсетті, сондықтан зерттеулердің келесі этапы үйінділі және чанды сілтісіздендірудің тиімділігін көрсету болды. Зерттеулер нәтижелері: чанды сілтісіздендіруде ерітінді құрамына, ppb: лантан 0,00708, церий 0,00909, цинк 0,14913 т.б, ал үйінділі сілтісіздендіруде лантан 0,01626, церий 0,02304, празеодим 0,00174, магний 6,72954, алюминий 4,39768, калий 19,89686 мөлшерде элементтер ерітінді құрамына бөлініп шығып, чанды сілтісіздендірудің тиімділігі жоғары болғанын көрсетті (Қосымша Г, кесте 1). Бірақ чанды сілтісіздендіру экономикалық тұрғыдан тиімсіздік көрсетеді, себебі чанды сілтісіздендіруде қолданылатын компоненттер құны қымбат болып келеді. Тәжірибелер нәтижесінен алғаш рет микроағзалардың поликомпоненттерінен құралған биоконсорциумдардың, микроағзалар кешенін қолданудың нәтижесінде чанды сілтісіздендіру үрдісінде бағалы компоненттердің бөліну үрдісі, үйінділі сілтісіздендіруге қарағанда көрсеткіші жоғары болатыны анықталынды. Микромицеттер штамдарының биоконсорциумы бағалы, түсті және сирек жер металдарын бөліп шығаруда басқа микроағзалар тобынан белсендірек екенін байқалды. Нитрификаторларлы микроағзалар сирек жер метал иондарына төзімділігі жоғары болды, металдарды бөліп шығару қарқыны басқа моно және поликомпонентті микроағзалардан белсендірек жүрді. Тионды бактериялар түсті металдарды бөліп шығаруда белсенділігі жоғары болды, себебі тионды бактериялардың негізгі тіршілік ортасы қышқылды орта болып табылады. Қазіргі таңда құрамында фосфоры бар шлактар әр түрлі фракциялық өлшемді қалдықтарды құрайды. Ашық аспан астында жатқан қалдықтардың фракциялық өлшемі 0,14 - 40,0 см аралығын құрады. Металдардың көп дәрежеде бөлінуіне ықпал ететін ең оңтайлы фракциялық мөлшерді анықтау үшін фракциялық құрамның металдардың бөлінуіне әсері зерттелді. Моделді тәжірибелерде қалдықтар 0,25-0,5 см, 0,5-1,0 см; 1,0- 1,25 см; 1,25- 2,5 см фракция аралығында ұсақталып, майдаланылып пайдаланылды. Тәжірибелер көрсеткендей фосфор шлактарының фракциясы 0,25 см - 0,5 см өлшемге майдалағанда, ерітіндіге металдардың бөліну көрсеткіші жоғарылап, ең тиімді фракция болып анықталды. Мысалы ANAT консорциумымен биосілтісіздендіру нұсқасында металдардың ерітіндідегі мөлшері, ppb: Ti 71,4; V - 88,7; Ag -70,4; Sb - 73,4; W -61,8 артқан (сурет 54). Ал фракция өлшемі 0,5-1,0 см болған жағдайда, нитрификаторларды қолдану нұсқасында, ерітінді құрамында, ppb: Ti -65,2; V -57,2; Ag -68,5; Sb -65,1; W -55,8 артты. Бақылау нұсқасы ретінде күкірт қышқылды сілтісіздендіру нұсқасында, ерітінді құрамындағы Ti -23,4; V - 19,8; Ag -38,1; Sb -21,8; W -35,1 құрады (сурет 55).



Сурет 54 – ANAT биоконсорциумының фракция 0,25-0,5 мм биосілтiсiздeндiру нәтижесi



Сурет 55 – NEMfos консорциумы биосілтiсiздeндiру нәтижесi

Тәжірибелер көрсеткендей фракциялық құрамның 0,25-0,5 см өлшемі ең тиімді оптималды фракция мөлшері болып саналды, себебі одан үлкен фракциялық мөлшер металдардың толық бөлініп алынуын қиындатады, себебі ірі қалдықтардың ортасына микроағзалардың енуі қиындық туғызады, ал одан төмен фракциялық мөлшерде ұнтақталған қалдықтар құм сияқты бітеліп, металдардың бөлінуіне кедергі келтіреді. Қалдықтардың фракциясының мөлшерін төмендету ерітіндіге металдардың бөлініп шығуын азайтады. Аз байытылған құрамында

фосфоры бар қалдықтарды қайта өңдеуде факультативты-анаэробты жағдайда тіршілік етуге қабілетті келетін микромицеттердің ANAT консорциумы титан, күміс, сурьма, ванадий, вольфрам элементтерін бөліп алуда белсенділігі жоғары екенін тәжірибелер нәтижесі көрсетті. Биосілтісіздендіру үрдісінде қоршаған ортаға минималды әсер ету қажеттілігін ескере отырып, тион бактерияларына балама микроағзалар тобын одан әрі зерттеу перспективалы деп қарастырылады.

Сонымен, жүргізілген зерттеу нәтижелерінен микроағзалармен бірлестіре пайдалану, мысалы, микромицеттер бағалы және түсті металдарды 99,2 %, нитрификаторлар сирек жер металдарын 84,1 %, тионды бактериялар түсті металдарды 87,3 % бөліп шығаруда артық көрсеткіштер беретіні белгілі болды. Үйінділі және чанды сілтісіздендіру арасында таңдау болған жағдайда, металдардың бөліну көрсеткіші мен артықшылықтарына қарай таңдау жасалуы тиіс. Егер сирек жер және бағалы металдар бөлініп шығу көрсеткіштері жоғары болса чанды сілтісіздендіру, ал егер түсті металдардың көрсеткіші жоғары болса үйінділі сілтісіздендіруді қолдану ұсынылады. Сонымен қатар, қалдықтардың фракциялық құрамы үлкен мәнге ие, фракциялардың оңтайлы мөлшері 0,25-0,5 см болып табылды. Қалдықтардың фракциясының мөлшерін төмендету немесе одан арттыру ерітіндіге металдардың бөлініп шығуын азайтатыны анықталынды.

4.2 Құрамында фосфоры бар қалдықтардан бағалы компоненттерді биосілтісіздендірудің технологиясы

Биосілтісіздендіруге шикізат дайындау үшін алдын-ала кендердің немесе техногенді қалдықтардың технологиялық қасиеті сияқты белгілі бір критерийлерді анықтауды талап етеді. Ол үшін фосфорлы қалдықтардың өткізгіштігі, штабелдердің төзімділігі және минералды торшаларының ашылуын қамтамасыз ету маңызды орын алады және дәстүрге сай қолданылатын кен немесе кен қалдығын қосымша ұсақтауды қажет етеді, ол үшін арнайы ұнтақтағыштар мен диірмендер қолданылады.

Зерттеу нысаны болып отырған құрамында фосфоры бар шлактардың фракциялық құрамына талдау жүргізу нәтижесінде, басым бөлігі майда фракциялардан тұратыны анықталған. Бірақ, қалдық үйіндісінің кейбір жерлерінде мөлшері 20-30 см болатын ірі, бүтін, бір-біріне жабысқан фракциялардың да үлкен көлемі жинақталып қалғаны байқалады. Стационарлы ұнтақтағыштарды пайдалану уақыт, орын және қосымша құралдарды қажет етеді және ол жұмыстың бағасын көтереді, сондықтан да кен дайындаудың бұл кезеңінен бас тартуға болады. Үйіндіні немесе штабелдерді құруда қалдықтарды фракциялар бойынша ажыратып, механикалық іріктеуден өткізіледі. Үлкен, ірі фракцияларды үйіндінің астында жинақтап, ал майда фракциялар басқа фракциялардың арасындағы кеңістіктерді біртіндеп толтырады. Бұл жағдайда сілтісіздендіретін ерітінді (СЕ) ірі фракцияларға толықтай сіңе алады да, ал майда фракциялардың ішіне толық ене алмай, тек ұштарымен шеттерін ылғалдайды. Сондықтан, мұндай майда фракциялары басым үйінділерде кен материалдарын түйіршіктеу тиімді болып табылады. Түйіршіктеу үйіндіні құруда төзімді, сілтісіздендіретін ерітіндіні ішіне оңай сіңіруге қабілетті кеуекті масса алу үшін қажет. Түйіршіктеу үрдісі келесі кезеңдерден тұрады:

шикізатты байланыстырушы қоспалармен араластыру, ылғалдау, қажет болған өлшемде түйіршіктеу, кептіру. Ал байланыстырушы қоспа ретінде цемент, әк немесе өндірістік тозандарды қолдануға болады. Кен материалын түйіршіктеу үшін арнайы жабдықтар пайдаланылады: түйіршіктегіш, диірмендер, батпақезуші (глиномялка), таспалы транспортерлар және т.б. Түйіршіктеуді жалпы қалдық көлеміндегі майда фракциялардың көлеміне қарай жүргізуге де болады. Егер де тозаң тәрізді және майда фракциялар көлемі аз болса, онда таспалы транспортерлерді қолдану ұсынылады, ал егер орташа болса барабанды түйіршіктеу, ал егер үлкен көлемде болса тостағанды түйіршіктеу типін таңдауға болады. Кей жағдайларда штабелдерді қалыптастыруда фракцияларды біркелкі орналастыру үшін мөлшері 5,0- 15,0 см болатын жұқа фракцияларды қабат қабатымен үйіндінің жалпы биіктігі бойынша ұзына бойына орналастырады. Бұл СЕ үйіндінің барлық қалыңдығы бойынша біркелкі таралуын оңайлатады. Үйіндіні қалыптастыру үшін алдын-ала оған арнайы орын дайындалу керек. ҚФҚ жиналған орында үйінділерді қалыптастырудың пайдалы түсімен қатар қоршаған ортаға жағымсыз тұстары да болады. Жағымды жағы, қалдықтар жиналған аймақтың топырағы сазбалшықты сұр топырақтар типіне жатады. Топырақтың бұл түрі Қазақстанның оңтүстігінде басымдық құрайтын топырақ типі болып табылады және қарашірігі аз, әлсіз микроқұрылымдылығымен ерекшеленеді. Көп жағдайда қарашірікті қабат фульват құрамынан тұрады. Сұр топырақтардың физика-химиялық қасиеттері, сіңіру қабілетінің төмендігімен (9-10 мг. экв. ашық сұр топырақтарда, 12-15– типтік және 18-20 мг дейін. экв. қара сұр топырақтарда), сілтілі реакциясымен және негіздердің қанықтылығымен сипатталынады. K^+ және Na^+ алмасу иондарының саны шамамен 2-5 % құрайды. Топырақтың тығыздығы 0,5-тен 1,7 dv аралығын қамтиды. Ал теріс әсер ететін тұстары фосфор қалдықтарының үйіндісі Бадам өзеніне жақын орналасқан, жел, су эрозиясы арқылы қалдық шаң-тозандары үнемі өзен суларын ластап, экологиялық мәселе туындатады. Сондықтан штабелдің астына орын дайындауда көп реттік қолданылатын, қалыңдығы 10,0 -30,0 см құрайтын асфальт жабындысын, көлемі 15,0 - 45,0 см келген тығыздалған саз жабындысын; көлемі 0,03 - 0,05 см болатын саз балшықты су өткізбейтін полимерлі қабықтан жасалған жабындарды қолдану ұсынылады. Алаңдардың негізгі іргетасын қалыптастыру үшін 10,0 - 45,0 см қабат болып төселген, ірілігі 3,0-3,5 см өлшемді қиыршық тастар мен майдаланған тастар пайдаланылады. Алаңның периметрлерінде орналасқан жыралар мен ойықтарға өнімді ерітіндінің (ӨЕ) еркін өтуі үшін алаң шеттері 45^0 бұрышпен қиғашталуы керек.

Құрамында фосфоры бар қалдықтарды биосілтісіздендіру сызбасының сипаттамасын жасамас бұрын, штабелдерді қалай қалыптастыру керектігін шешу керек. Штабелдерді қалыптастыру үшін арнайы техникалардың біреуін пайдалануға болады: жүкті өздігінен түсіргіш көліктер (камаз, самосвал) арқылы, үйінділі толтыру немесе конвейерлерді пайдалану арқылы жүзеге асырылады. Ең арзан әрі қолжетімді тәсіл, ол жүк түсіргіш көліктерді (самосвалдарды) қолдану. Бірақ бұл жағдайда қалдық үйіндісінің қалыңдығы біркелкі болмайды және үйінділердің бетіне самосвалдар үстінен басып өтуіне байланысты төселген

қабаттар жаншылып, тығыздалады. Штабелдерді түйіршіктелген фракциялар арқылы қалыптастыруда автокөліктерді қолдану мүмкін емес. Сондықтан ондай жағдайда ең ыңғайлысы – конвейерлер арқылы жеткізіп, жинақтау, ол тек өз салмағымен жаншылып, тығыздалған борпылдақ құрылым пайда болған кезде қолданылады. Бұл кезде босаған бункерлерден қалдықтар үйінді жасалатын орынға дейін бірқатармен тізбектеліп конвейерлермен жеткізіледі де, ретімен келіп түседі, одан әрі қарай биіктігі 3,0 м, диаметрі 120⁰ дейін болатын үйінді түзіледі, осылайша оның жоғары беттеріне ұзындығы 6-9 м жеткенге дейін қалдықтардың жаңа қабаттарын төсеп, үйінді қалыптастырады.

Үйінді дайындаудың келесі кезеңінде, шлактар құрамындағы іліспе компоненттерден, түсті металдар мен мышьяктардан тазарту үшін $pH < 2$ дейін күкірт қышқылды өңдеу жүргізіледі. Бұл кезең үйіндінің бетін сулау арқылы жүзеге асырылады және сілтісіздендіру ерітіндісінің булануын және үйінді ішіндегі ерітіндінің үздіксіз қозғалуын болдырмау үшін жасалынады. Әрі қарай биосілтісіздендірудің бірінші кезеңіне қажетті параметрлерді дайындау үшін үйінді ішін $pH\ 2,0-2,5$ құрайтын күкірт қышқылының ерітіндісі қосылады. Қалдықтардың ірі фракциялары тек ылғалданып, ал майда фракциялардан ерітінді ішке толық ене алмауы мүмкін. Сондықтан ірі кесекті фракциялардың беттері ерітіндімен шайылады немесе тамшылатылып жуылады. Әрі қарай үрдіс түсті металдар мен мышьяқты тұндыру мақсатында күкірт қышқылды (жуу) ерітінділерді одан әрі бейтараптандыру немесе күкірт қышқылы ерітінділерден сорбциялау арқылы бөліп алу жүргізіледі, ол түсті металдар гидраттарын сүзумен немесе қоюлатумен, оларды қалдық қоймаға жинап, сүзгілеп, бейтараптандыру операциясына дайындаумен жалғасады.

Құрамында фосфоры бар шлак қалдықтардан үйінділі сілтісіздендіру әдісімен үш түрлі консорциумдарды қолдану арқылы бағалы металдарды бөліп алудың үш сатылы технологиялық сызбасы келесі этаптардан тұрады:

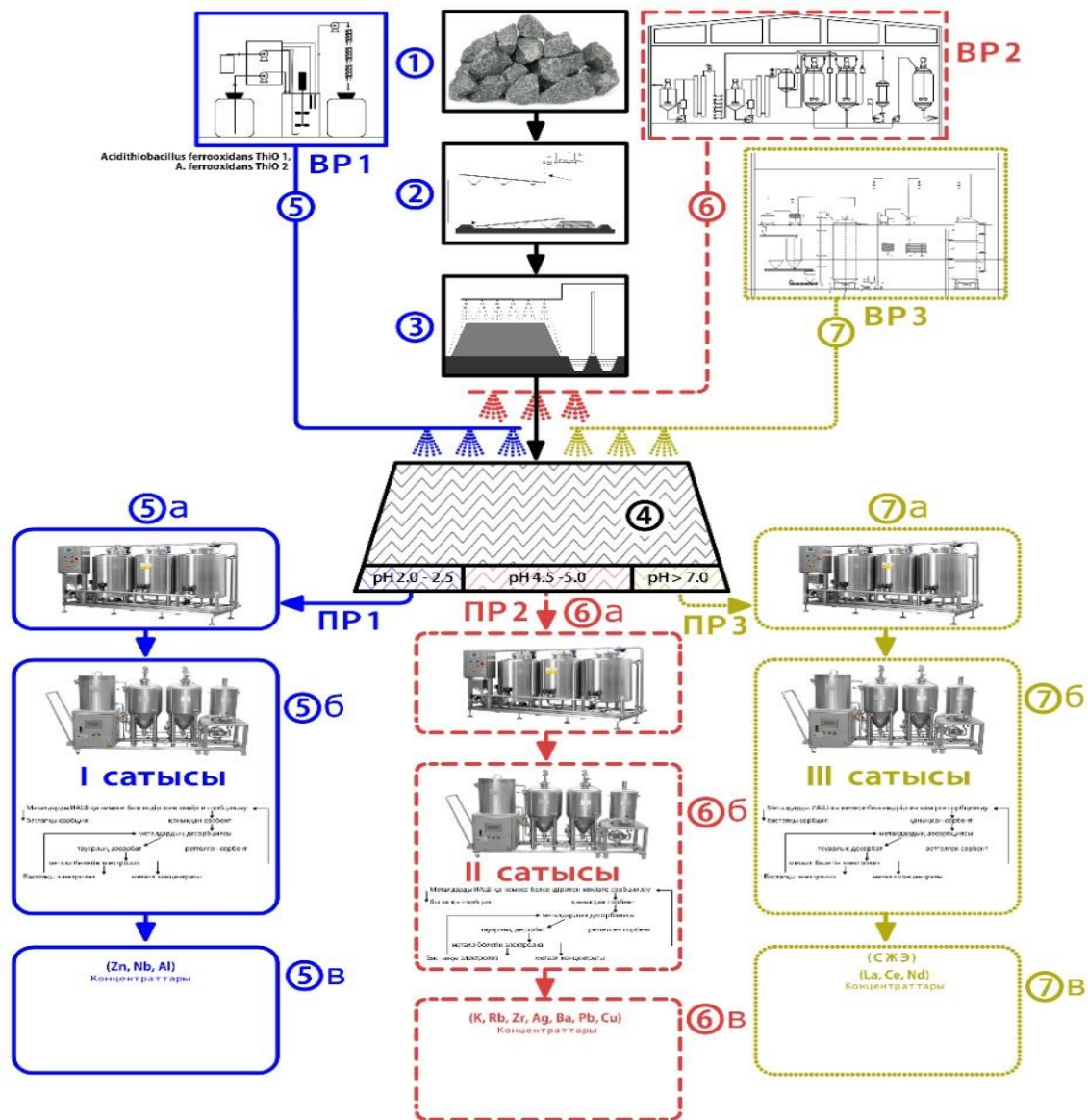
1. Өндіріс орнының құрамында фосфоры бар шлак түріндегі қалдықтарын штабелге жинақтау;

2. Шлак құрамынан іліспе компоненттер – түсті металдармен мышьяқты бөліп алу үшін алдын-ала $pH < 2$ дейін күкірт қышқылды өңдеу;

3. Фосфор қалдығы құрамындағы түсті металдар мен мышьяқты тұндыру мақсатында күкірт қышқылды ерітінділерді бейтараптандыру немесе күкірт қышқылды ерітінділерден сорбциялап, бөліп алу;

4. Түсті металл гидраттарын сүзу немесе қоюлату, фильтраттарды бейтараптандыру үшін қалдық қоймасына қайтару;

5. Тионды бактериялардың *A. ferrooxidans* ThIO1 және ThIO2 штамдарынан құралған ПИАІ консорциумын қолдану арқылы металдарды биосілтісіздендіру үрдісінің бірінші этапы іске қосылады, арнайы көрсеткіштерде ортаның оңтайлы параметрлері көрсетіліп, қадағаланады, температура, $pH-2,0-2,5$. *A. ferrooxidans* ThIO1, *A. ferrooxidans* ThIO2 штамдарынан тұратын ПИАІ консорциумын қолдану жыл мезгіліне қарай 5 айдан 8 ай аралығында белсенділігі жүреді. Бактериялар ортаның pH 2-ден 4-ке дейін жоғарылатып, бактериялар үшін оңтайлы параметрлері өзгерісінен бактериялар тіршілігі тоқтайды (сурет 56).



1. Құрамында фосфоры бар қалдықтардан штабелді қалыптастыру. 2. Шлактарды күкірт-қышқылды өндеу. 3. Үш сатылы биосілтісіндіруге арналған штабел. 5- Биосілтісіндіру сатыларына сәйкес микроағзалар негізіндегі биосілтісіндіру ерітінділері (TIAI консорциумы). TIAI консорциумының берілуі, 5a – өнімді ерітіндіні алу. 5b. Ионалмасушы шайырлар немесе белсендірілген көмірдегі бағалы металдардың сорбциясы. 5в. Zn, Al метал концентраттарының бөлініп шығуы. 6.-ANAT консорциумы –биосілтісіндіру ерітіндісінің берілуі. 6a-6б. Ионалмасушы шайырлар немесе белсендірілген көмірдегі бағалы металдардың сорбциясы. 6в. Сорбенттерден бағалы металдардың десорбциясы және R, Rb, Zr, Ag, Ba, Pb металдарының концентраттарын алу. 7. NEMfos консорциумы сақталатын биореактор. 7. а NEMfos консорциумын үрдіске қосу, 7б Белсендірілген көмірде СКЖЭ сорбциясы. Сорбенттерден СЖЭ десорбциясы және электролизды десорбцияға қайтара отырып, катодтағы СЖЭ электролизді бөлініп шығуы. 7в. СКЖЭ La, Ce металдарының концентраттарын алу.
 BP – выщелачивающий раствор (сілтісіндіретін ерітінді); ПР – продуктивный раствор (өнімді ертінді).

Сурет 56 – Микроағзалардың үш түрлі консорциумдарын қолдана отырып, фосфорлы қалдықтардан бағалы компоненттерді бөліп алудың технологиялық сызбасы

А. Al, Zn сияқты элементтердің катиониттерде немесе адсорбент ретінде қолданылатын белсендірілген көмірде сорбциялануы жүреді.

Б. Сорбенттерден аталған элементтердің десорбциясы және десорбциялау үшін электролиздің маточниктері қайтарылатын катодтардан Al, Zn металдардың электролизды бөлінуі жүреді.

В. Al, Zn, концентраттары алынады.

6. 1-ші кезеңдегі сілтісіздендірілген материал 2-ші кезеңдегі микромицеттердің *A. niger* ASIA және *A.tubingensis* ASPN штамдарынан құралған ANAT консорциумы биомассасынан тұратын сілтісіздейтін 2-ші ерітіндімен өңделеді. рН 5-6. Оптималды параметрлер көрсеткіштерде көрсетіліп, қадағаланады.

А. Белсендірілген көмірде бағалы металдар сорбциясы болады.

Б. Бағалы металдардың десорбциясы және электролизды бөлінуі.

В. R, Rb, Zr, Ag, Ba, Pb метал концентраттарын алу.

7. Келесі кезең сілтісіздендірілген заттар 3-ші этапта нитрифицирлеуші бактериялардың *N.europeae* Nit1, *M. thermotolerans* MSO штамдарынан құралған NEMfos консорциумының биомассасынан тұратын сілтісіздендіретін ерітіндімен өңделеді. рН 7,0.

А. Бағалы металдардың сорбциясы ионалмасушы шайырларда немесе белсендірілген көмірлерде жүреді.

Б. Бағалы металдардың десорбциясы және электролизды бөлінуі.

В. Co, Cu, Ag, Se метал концентраттарын алынуы, (Қосымша Д, суретД1)

Зертханалық жағдайда жүргізілген зерттеулер нәтижесінің негізінде үйінділі сілтісіздендіру технологиясының техникалық-экономикалық негіздемесін жасау үшін бастапқы деректерден тұратын 8-і кестесі құрылды.

Кесте 8 – Үйінділі сілтісіздендіру технологиясының ТЭН құру үшін бастапқы деректер

р/с №	Аталуы	Өлшем бірлігі	Көлемі	Ескерту
1	2	3	4	5
I	Үйінділерді қалыптастыру			Біреттік қолдану
1	Үйінділер сипаттамасы			Пайдаланылған үйінді өз орнында қалады
2	Өңделген кеннің мөлшері	мың.т/сезон	300	
3	Үйінділерді құру үшін берілген материалдың ірілігі	мм	>0,074	>85%
4	Себілген кеннің салмағы	т/м ³	1,6-1,7	
5	Үйінді қатпарларының биіктігі	м	6-9	
6	Үйінді ернеулерінің горизонттық бұрышы	градус	38	
7	Бастапқы материалдағы ылғалдылықтың массалық мөлшері	%	11-12	
8	Жоғары қаныққан материалдағы ылғалдылық үлесі	%	15-17	

9	Ерітінделер толық шығарылғаннан кейін кендегі ылғалдылық мөлшері	%	13-15	
10	Материал құрамында, ррб: -магний -фосфор -титан -күміс - рубидий -цирконий -барий -кобальт -мыс -церий -қорғасын		2,2 18,5 0,11 0,001 0,05 0,05 0,21 0,0001 0,0001 0,005 0,25	
II Шлактарды сілтісіздендіру				
1	Шлак материалы арқылы ерітіндінің ағу жылдамдығы	См/сағ	15-25	
2	Сілтісіздендіру ұзақтығы	тәулік	75	
3	Сілтісіздендірілген кендердің сипаттамасы			
	-цианидтердің мөлшері	%	0,03-0,15	
	-Әк мөлшері	%	0,02-0,1	
4	Сілтісіздендіру кезіндегі суармалау тығыздығы	л/сағ/м ²	4-6	
5	Өнімді ерітіндіге бөліп шығару: -магний -фосфор -титан -күміс - рубидий -цирконий -барий	%	95	
1	2	3	4	5
	-кобальт -мыс -церий			
6	Сілтісіздендіру циклінің соңында өнімді ерітіндідегі СЖЭ мөлшері	г/м ³	>0,001	
7	Булану кезіндегі ылғалдылықтың жоғалуы	%	3-5	
8	Реагенттердің үлестік шығысы: - ТІАІ консорциум; -ANAT консорциумы -NEMfos консорциумы	Кг/т	8,0-10,0 6,0-8,0 7,0-9,0	Микроағзалардың титрі 10 ⁷ -10 ⁹ кл/мл кем болмауы тиіс
III Өңделген кендерді жуу				
1	Шлактарды сумен шаю ұзақтығы	Тәулік	2-5	
2	Сумен шаю кезіндегі суармалау тығыздығы	л/м ² / сағ.	4-6	

3	Жуғаннан кейінгі судың сипаттамасы: -сутектік көрсеткіш: 1 -ші кезеңнен кейін 2 -ші кезеңнен кейін	pH	4,5-5,0 ≥7,0	
4	Сорбциялаудан кейін ерітінді құрамы: -СЖЭ -R, Rb, Zr, Ag, Ba, Pb -Co, Cu, Ag, Ce	г/м ³ г/м ³ г/м ³	0,001- 0,003 0,02-3,61 0,01-1,62	
5	Шайырларға бөлінеді: -СЖЭ -R, Rb, Zr, Ag, Ba, Pb -Co, Cu, Ag, Ce	% % %	90 90 85	
6	Қаныққан сорбенттердің құрамында: -СЖЭ -R, Rb, Zr, Ag, Ba, Pb -Co, Cu, Ag, Ce	кг/т кг/т кг/т	0,3-0,7 1-5 1-3	
7	Қайта өңделген сорбенттердегі құрамы: -СЖЭ -R, Rb, Zr, Ag, Ba, Pb -Co, Cu, Ag, Ce	кг/т кг/т	0,01-0,02 0,005-0,01 0,01-0,04	

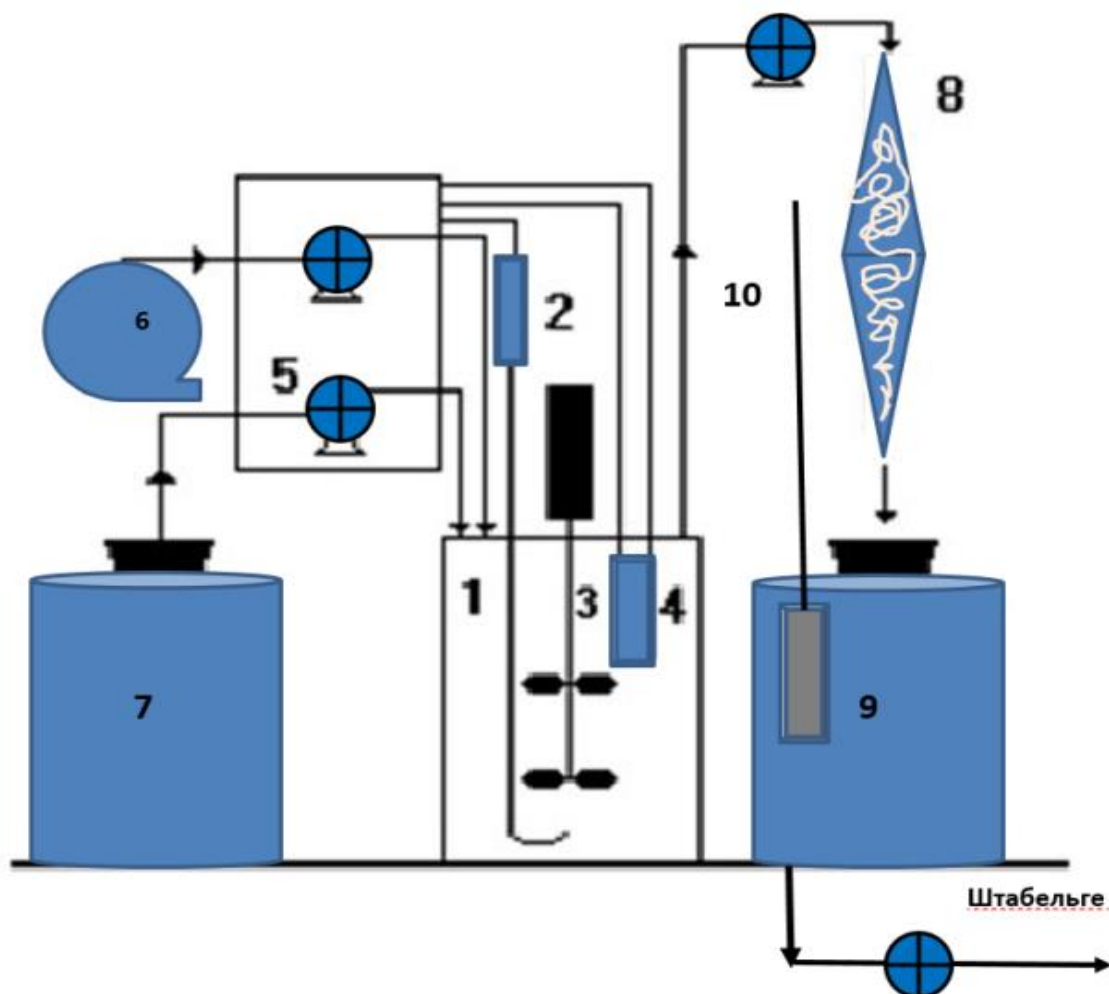
Микроағзаларды қолдана отырып сілтісіздендіру суару әдісі арқылы жүзеге асырылады, қалдықтардың сипаттамаларына байланысты гидростатикалық, сүзу, инфильтрация және импульстік әдістерді қолдануға да болады. Қолданылған әр әдістердің өз тиімділігі болуы мүмкін, өйткені оларды қолдану шарттарын модельдеу арқылы, тіпті бір штабелдің өзінен бағалы металдарды бөліп алу үрдісін оңтайландыруға болады.

Гидростатикалық әдіс, бұл әдісте кеуек кеңістігін толтырумен, белгілі бір уақытты сақтайды, өнімді ерітіндінің шығарылуымен сипатталады. Бұл әдісті қолданудың басты талабы, бүйір қабырғалардың өткізгішбеушілігі, сондықтан бұл әдіс үйіндінің бүйір беттерін жабатын қосымша су өткізбейтін пленкаларды пайдалану арқылы қолданылады. Ал сүзгілеу әдісі қолданылған кезде, қалдықтардың өткізгіштігі жоғары болуы керек, ал сілтісіздендіретін ерітінді үздіксіз айналып тұру тиіс.

Инфильтрация әдісі ең қарапайым, әрі ең арзан әдіс ретінде СЕ су бүрку, шашырату немесе тесілген құбырлар арқылы үйіндінің ішіне еркін енуін қамтиды.

Биосілтісіздендірудің 1-ші кезеңінде Zn, Al алу үшін тионды бактериялардың *A. ferrooxidans* ThIO1, *A. ferrooxidans* ThIO2 штамдарының TIAI биоконсорциумы пайдалану ұсынылады. Бұл композицияны өнеркәсіптік жағдайда дақылдауға қойылатын негізгі талаптар: инертті материалдардан (коррозияға төзімді тат баспайтын болат, металл емес материалдар және т.б.) жасалған сыйымдылықтар болуы керек. Хемотрофты қоректенудің негізгі көзі ретінде екі валентті темір қолданылады, аммонийлі қоректену аммофос немесе

аммоний сульфаты түрінде беріледі. Аэробты жағдайларда көбіктену немесе араластыру арқылы жүзеге асырылады (сурет 57). Бейтараптандырғыш ретінде КОН немесе NH_4OH қолдануға болады. Fe^{2+} ; Fe^{3+} , рН және микроағзалар титрі деңгейінің құрамы бақыланады.



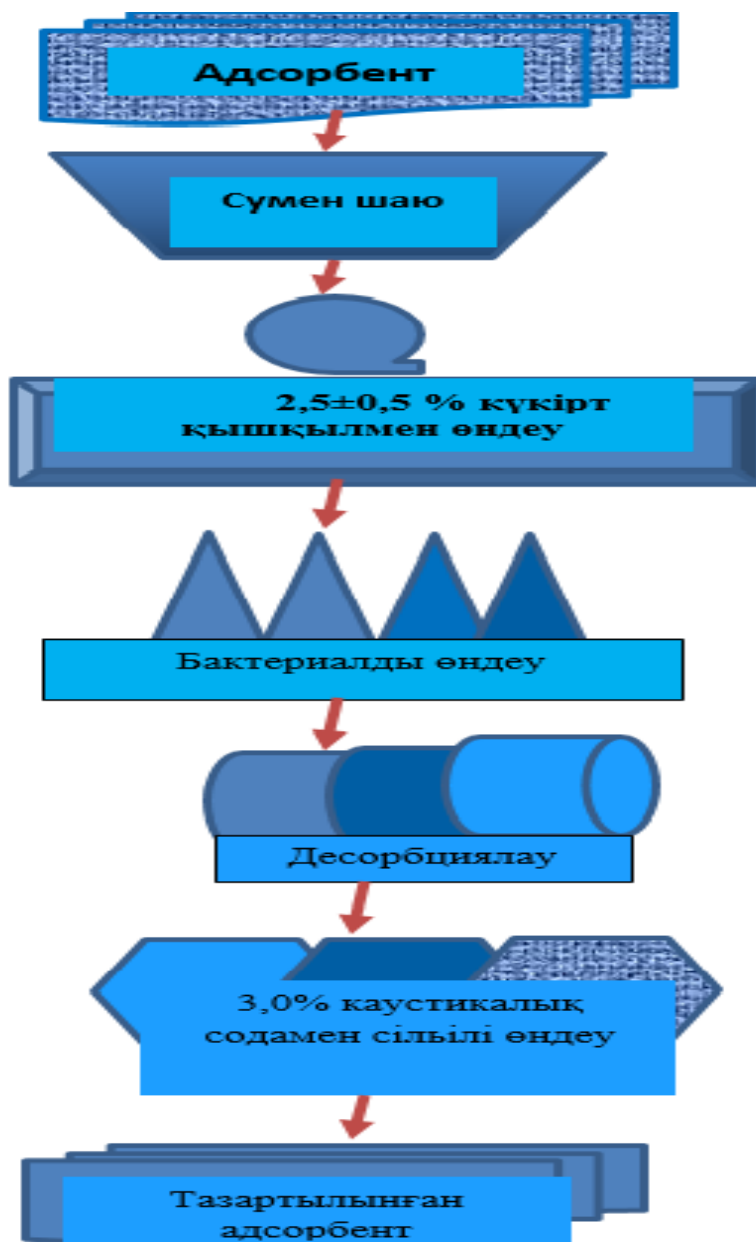
1-Биореактор; 2- Шығын өлшегіш; 3-рН көрсеткіші; 4-жылытқыш; 5-перистальтикалық сорғы;
6- бейтараптандырғыш; 7- Сильверман-Люддгрэн ортасы; 8- Аглопоритпен толтырылған колонкалар; 9- биосілтісідендірудің 1-ші сатысы үшін дайын биомасса, 10- микроағзалар титрінің датчигі.

Сурет 57 – Құрамында фосфор бар қалдықтарды биосілтісідендірудің 1- кезеңі үшін ПАІ биоконсорциумы биомассасын дайындау жүйесінің сызбасы

Бактериялар үшін оңтайлы дақылдау температурасы $+28\text{ }^{\circ}\text{C}$ $+32\text{ }^{\circ}\text{C}$. Аглопорит бағандарды толтырғыш ретінде қоректік ортамен үлкен жанасу бетіне және 10^7 - 10^9 кл/мл микроағзалардың қажетті титрін жинақтау мүмкіндігіне байланысты қолданылады.

Зерттеулер жүргізу барысында шайырлардан немесе белсендірілген көмірден элементтерді десорбциялау үрдісінде әртүрлі қоспалар теріс әсер ететіні анықталды. Бұл мәселені шешу үшін металдарды десорбциялау әдісі жасалынды, онда ең алдымен ағынды сумен жуу үрдісі іске асады. Әрі қарай адсорбентті $2,5 \pm 0,5\%$ күкірт қышқылының ерітіндісімен өңдеу жүргізіледі (58 сурет). Бұл жағдайда рН мәні 2,0-2,5 дейін төмендейді, бұл темір тотықтырушы тион

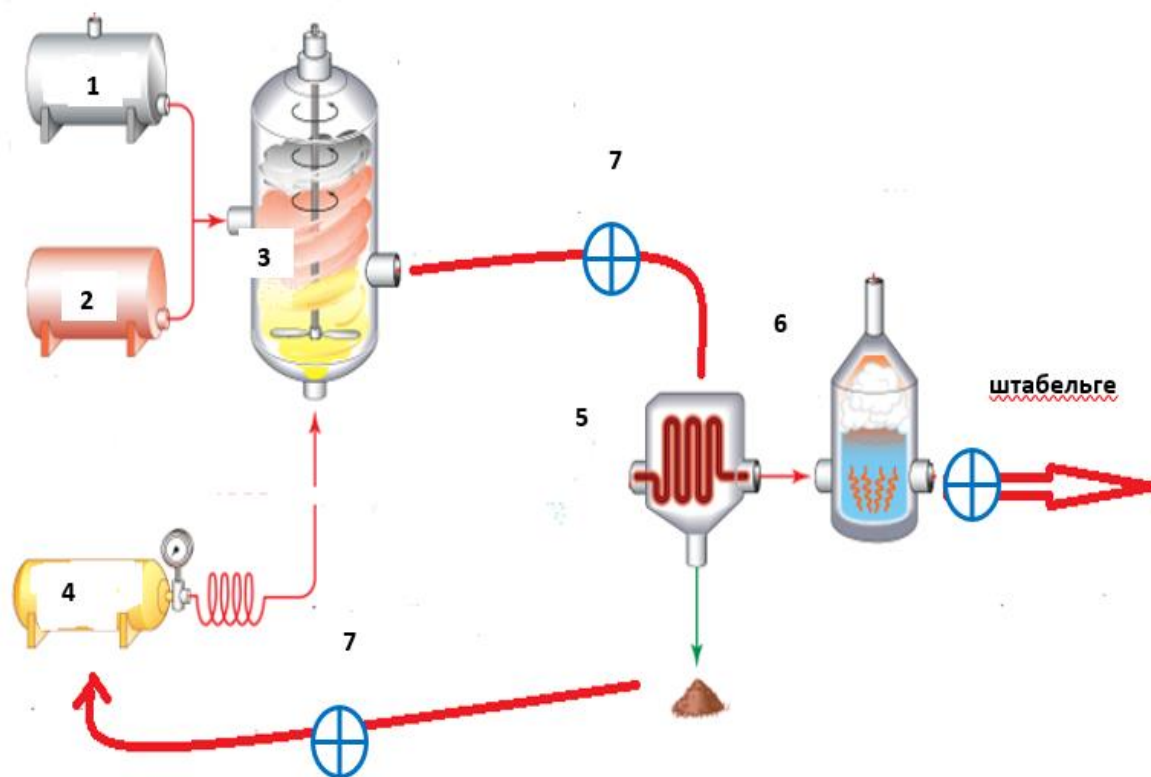
бактериялар үшін қолайлы жағдай болып табылады. Бактерияларды құрамында $0,35 \pm 0,15$ % үш валентті темір бар ортада қолданғанда адсорбент қабаттарынан металдардың десорбциясы жүреді. Каустикалық соданың 3,0 % ерітіндісімен өңдеу рН бейтараптандыруға және бактериалды-химиялық үдерістердің тоқтатылуына әкеледі. Жүргізілген іс-шаралардың нәтижесінде пайдаланылған адсорбент 89,9 - 93,5 % тазартылады.



Сурет 58 – Адсорбенттердің бактериалды десорбциясының сызбасы

Келесі этап микромицеттердің *A. niger* ASIA және *A. tubingensis* ASPN штамдарынан құралған ANAT биоконсорциумының биомассасын дайындау сатысымен жалғасады. Микромицеттер жабдықтардың металл компоненттеріне темір тотықтырушы тион бактериялар сияқты агрессивті емес, бірақ олардың кез-келген экологиялық жағдайға бейімделуге және аэробты және анаэробты

жағдайда тіршілік ету қабілетті екенін ескеру қажет. Сондықтан микроағзалардың осы тобымен жұмыс істеу кезінде қауіпсіз жұмыс ережелерін сақтауды есте сақтаған жөн. ANAT биомассасын дайындаудың негізгі қағидасы ферменттерді немесе биореакторды (3) пайдалану болып табылады, онда аэрация режимінде ортаны шайқап, араластыруды қамтамасыз етеді (сурет 59). Микромицеттерді өсіруге арналған қоректік орта әр түрлі қант, глюкоза, фруктоза, галактоза және т.б. негізінде дайындалады, жұмыста Чапек қоректік ортасы пайдаланылды. Құрамында қанты бар компоненттердің қымбаттығына қарай органикалық зат көзі ретінде сүт, сыра қайнату, нан ашыту, ағаш өңдеу өнеркәсібінің қалдықтарын да пайдалануға болады. Резервуардан биогенді элементтерді енгізу жеткілікті (2). Бастапқыда резервуардағы (4) микромицеттердің биомассасы сұйық қоректік ортаға 1:10 қатынасында беріледі. Ал биореактордағы бактериялар үшін қолайлы температура $+25^{\circ} + 35^{\circ} \text{C}$ құрайды. Микромицеттер титрін бақылау және 10^7 - 10^8 кл/мл титрдің анықтау 2-ші сатыда құрамында фосфоры бар қалдықтарды биосілтісіздендіруде биомассаны пайдалануға дайын екендігін көрсетеді. Сүзгі (5) сілтісіздендірілген ерітіндіден мицелийлерді алып тастау үшін қажет, онда сүзілініп алынған сұйықтық үйіндіні суармалауға жұмсалынады, ал мицелий түрінде сүзіліп алынған тұнба утилизацияға немесе микромицеттердің биомассасынан дайындалған резервуарға жіберіледі. Микромицеттердің артық биомассасын бейтараптандыруды $\geq 15^{\circ} - +20^{\circ} \text{C}$ температурада термиялық өңдеу арқылы жүргізуге болады.

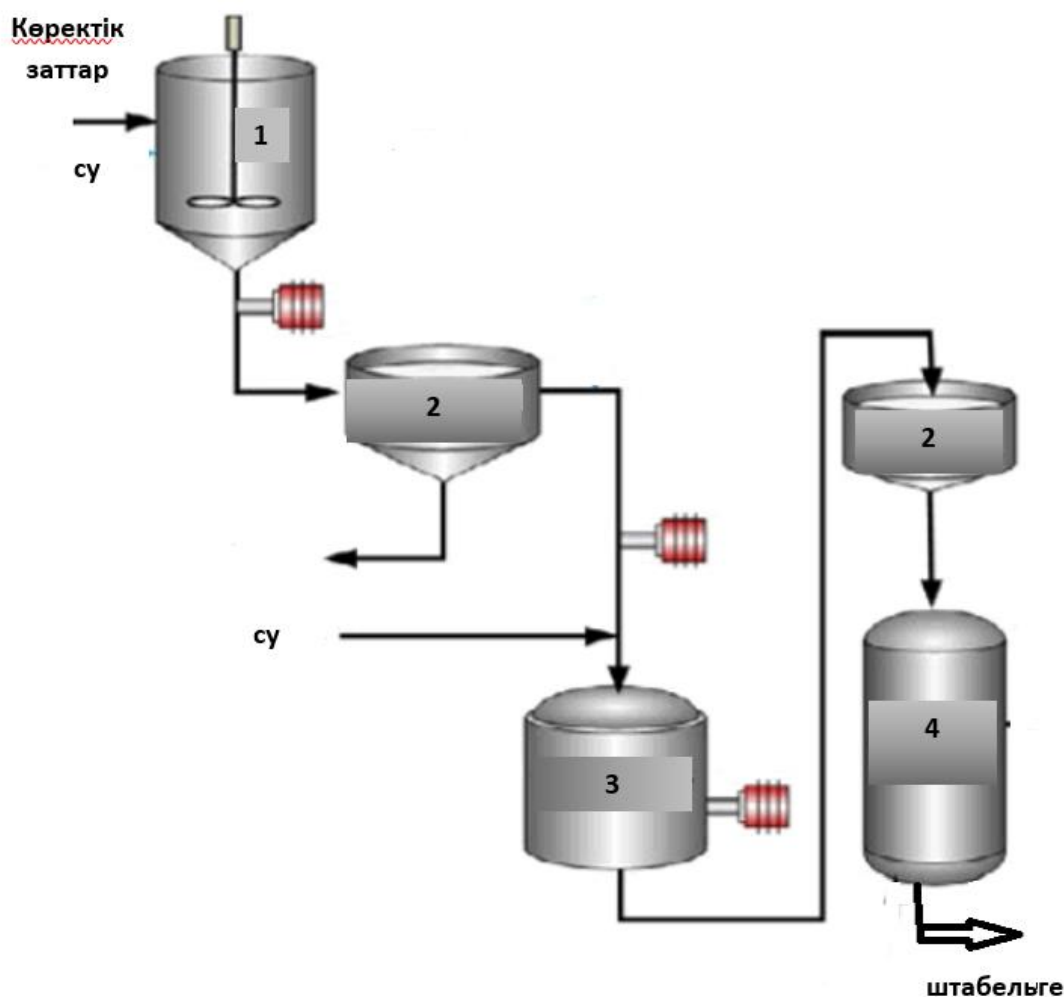


1. Су; 2. Қоректік орта компоненттері; 3. Биореактор; 4. Микромицеттердің ANAT консорциумы инокуляты; 5. Фильтр; 6. Дайын биомасса жинағы; 7. Компрессорлар/ сорғыштар.

Сурет 59 – ANAT биомассасын дайындаудың технологиялық сызбасы

Температураның жоғары шегі термофильді тіршілік ортасынан бөлініп алынған *Aspergillus* штамдарының бейімделу қабілетіне байланысты. Сондай-ақ, ҚФБҚ ашық аспан астында жатыр, Оңтүстік өңіріндегі жаздық температура +55 °С жоғары болуы мүмкін, осындай климаттық жағдайлар микромицеттер штамдарының одан әрі модификациялық өзгергіштігіне белгілі бір таңдаулы әсер бере алады.

3-ші нитрификациялаушы бактериялардың NEMfos консорциумының биомассасын дайындау блогы типтік позициялардан тұрады: қоректік заттарды қабылдап, араластыруға арналған сыйымдылық (60 сурет).



1. Қоректік ортаны араластырғыш, 2. Адсорбент, 3. Биореактор, 4. Дайын биомассы жинақтауыш

Сурет 60 – 3 кезеңдегі NEMfos консорциумын дайындаудың технологиялық сызбасы

Микроағзалар инокуляты 1:10 Т:С қатынасында, композицияның өсу стац-фазасына және 10^7 - 10^8 кл/мл титріне жеткеннен кейін дайын ерітінді биореакторға (3) беріледі. Нитрификаторларды сұйық қоректік ортада дақылдау кезінде, орта құрамына қосылған әртүрлі адсорбенттер жоғарғы беткейлерінде орналасатыны анықталынған. Сондықтан, нитрификаторларды адсорбентсіз ортада өсіру әдетте қиын болып (2) табылады. Қоректік ортаны қатты бөлшектерден тазартқан кезде

нитрификация жылдамдығы төмендейді. Адсорбенттердің қатысуымен нитрификаторлар сұйық ортада да, кептірілген күйде де жақсы сақталады. Нитрификация жылдамдығы сіңірілген аммоний мөлшерінің өсуімен жоғарылайды және ерітіндідегі оның концентрациясының өзгеруіне қарай өзгермейді. Қоректік ортаға катиондарды адсорбциялау қабілеті жоғары заттарды, соның ішінде аммоний ионын қосқан кезде нитрификация жылдамдығы артады. Катион алмасу қабілеттері жоқ қатты заттарды қосу үрдістің жылдамдығына әсер етпейді. Егер қарқынды нитрификация басталғаннан кейін перфузиялық аппараттан адсорбентті алып тастаса, үрдіс толығымен тоқтайды, ал адсорбент сақталған ыдыстарда нитрификация өте қарқынды жүреді. Нитрификацияның жылдамдығы мен қарқындылығы көлемі 1 мм-ден төмен бөлшектегі фракцияларда жоғары болатындығы анықталды және бөлшектердің мөлшері одан жоғары болса төмендейтіні белгілі болды, бұл осы аммоний фракцияларының адсорбцияланатын мөлшерімен байланысты. Сонымен қатар, орта құрамына сіңіру қабілеті жоғары минералдарды қосу нитрификацияны ынталандырады. Кейбір жағдайларда нитрификация адсорбенттермен (топырақ, ион алмастырғыш шайырлар, тұнба) едәуір тежелуі байқалды, бұл ортаның жеткіліксіз аэрациясына, сондай-ақ кейбір адсорбенттердің уытты әсеріне байланысты болуы мүмкін. Көрсетілген сызбадағы адсорбенттер инокулятты енгізгенге дейін және берілген параметрлердің биомассасын алғаннан кейін екі рет қолданылады. Дайын биомасса (4) үйіндіге биосілтсіздендірудің 3-ші кезеңін жүргізу үшін беріледі. Ойықталған тік құбырлар штабелдің ішіне аралары 4,5-5,0 м қашықтықта орнатылады, онда сілтсіздендіру ерітіндісі арнайы сорғылардың көмегімен ағызылады. Ағып жатқан ерітінділер үйменің ішкі жағында жабық суару жүйесін құрап, ішкі беттегі барлық бөліктерді жүйелі түрде жууға ықпал етеді. Түркістан облысы сияқты құрғақ климаты бар аймақтарда суармалаудың осы түрін пайдалану өте тиімді болып саналады.

Түркістан облысының климаттық жағдайларында, жылдың ыстық мезгілінде артық булануды болдырмау үшін, биосілтсіздендіруді су басу режимінде жүргізу ұсынылады. Су басу бүкіл үйіндінің периметрі бойынша кішкене арықшалардың көмегімен жүзеге асырылады, ол арықшаларға диаметрі 10,0 см болатын пластик құбырлар қойылады. Құбырлар үйіндінің бұрыштарымен өнімді ерітіндісі бар контейнерлерге апаратын диаметрі 15,0 см болатын 2 құбырмен жалғасады. Штабелдерді суармалау кезінде ойықталған шлангілер, шашыратқыштар немесе басқа жүйелер түрінде қолданылатын, штабелдің қалыңдығына микроағзалардың биомассасын біркелкі және тамшылатып беретін кез келген суармалау жүйелері қолданылады. Микроағзалардың суспензиясын беру жылдамдығы, сондай-ақ шашыратқыштардағы тесіктердің диаметрі штабелдердің түріне және оның жиынтығын құрайтын кен бөлшектерінің сипатына байланысты болады. Биосілтсіздендіру үшін қысымды шлангілі таратқыштар, ойықты тік құбырлар, айналмалы бүріккіштер, жаңбырлатқыш қондырғылар, ағынды пластикалық жаңбырлатқыштар және т. б. пайдаланылады. Штабелдің бүкіл бетін толық суаруды ескере отырып, тегеурінді шлангілі таратқыштарды штабелдің тікелей бетінде, бір-бірінен бірдей арақашықтықта біркелкі орналастырылады.

Биосілтiсiздeндiрудiң бiрiншi кезеңi үшiн биосілтiсiздeндiрудiң ықтималды оңтайлы нұсқасы болып биіктігі 0,45-1,2 м айналмалы саптамалары бар пластик тіреуіштерге орнатылған айналмалы шашыратқыштар пайдаланылады. Суармалаудың бұл түріне инертті пластикалық компоненттерді қолдану айналмалы шашыратқыштарды металл конструкцияларға жоғары агрессивтілігімен сипатталатын тион бактерияларының биомассасын таратуға өте ыңғайлы болып табылады. Құбырлардың ұсақ қалдық фракцияларымен немесе тұндырылған кальциленген тұздармен бітелуі сияқты себептерге байланысты суармалау үрдістерінің тиімділігі төмендеуі мүмкін. Жалпы, суармалау параметрлері кен материалының түріне және 9-ші кестесінде көрсетілген шектерде байланысты болады.

Кесте 9 – Түркістан облысының құрамында фосфоры бар шлактарының үймелерін суармалаудың параметрлері, л/м²/сағат

Параметрлер	Шығын СЕ
Үймелердің жақсы өткізгіштігінде суармалау және сорғалатып суармалау	10,0-12,0
Үймелердің әлсіз өткізгіштігінде суармалау және айналмалы бүрккіштер	7,0-8,0
Цианидсіз технологияда суармалау	5,0-6,0
Үймелерде тік перфорацияланған құбырларды пайдалану арқылы суармалау	0,02-0,03

Құбырлар арқылы суармалағаннан кейін өнімді ерітінділер қабылдағыштарға түседі, олар бетон резервуарлары, пластик сыйымдылықтар және т.б. болуы мүмкін. Құбырлар сұйықтықтардың булануын тоқтатып, үйінді айналасына таралып кетуіне жол бермейді және үйменің қалыпты пішінін сақтап тұруға ықпал етеді.

Сонымен, зертханалық зерттеулерден алынған деректер негізінде және Түркістан облысының құрамында фосфоры бар қалдықтары жиналған орнының ландшафтық орналасуы қарай фосфорлы қалдықтардан бағалы компоненттерді үш сатылы биосілтiсiздeндiрудiң микробиологиялық-химиялық тәсілінің технологиялық сызбасы дайындалды. Сызба үш түрлі концентрат алудың үш сатылы технологиясын ұсынады, оның бірінші кезеңінде түсті металдарды шығаруға ықпал ететін *A. ferrooxidans* ThIO1, *A. ferrooxidans* ThIO2 штамдарынан құралған ТІАІ консорциумы қолданылады. Екінші кезеңде R, Rb, Zr, Ag, Ba, Pb металдар кешенін алуға ықпал ететін микромицеттердің *A.niger* ASIA және *A.tubingensis* ASPN штамдарынан құралған ANAT консорциумын қолдану ұсынылады. Үшінші кезеңде СКЖМ кешенін алуға ықпал еткен нитрификациялаушы бактериялардың *N.europeae* Nit1, *M.thermotolerans* MSO штамдарынан тұратын NEMfos консорциумын қолдану ұсынылады.

4.3 Шымкент қ. құрамында фосфоры қалдықтарды үйінділі биосілтсіздендіру технологиясының экономикалық тиімділігі

Құрамында фосфоры бар шлактарды биосілтсіздендіру технологиясының экономикалық тиімділігін есептеудің бастапқы деректері болып:

- үйілген қалдықтар құрамындағы бағалы металдардың үлесі;
- сілтсіздендірілетін қалдық салмағының көлемі;
- ауа-райлық жағдайы мен барлық жұмыс кезеңінде металдарды толық көлемді бөліп алу;
- пайдалану мерзімі;
- металдарды бөліп алу әдістері;
- алынатын тауар өнімінің өзіндік құны болып табылады.

Фосфор қалдықтарының үйінділі сілтсіздендірудің тиімді жақтары:

- қосымша ұсақтаудың қажеттілігі болмайды, өйткені шлактарды тасымалдаудың жолдары мен құрал-жабдықтардың саны қысқартылады;
- тазалағыш сүзгісінің болмауы;
- ерітінділер саны салыстырмалы түрде аз болғандықтан, ион алмастырғыш жабдықтар жеңілдетіледі.

Жалпы алғанда, үйінділі сілтсіздендіруде жұмсалатын үлкен көлемді күрделі шығындар 20-25 % құраса, ал пайдалану шығындары кен байыту фабрикаларында кендерді өңдеудің стандартты тәсілдерінде тиісті шығынның 40 % құрайды деп қорытындылауға болады.

Қалдықтар құрамының негізгі минерал көздері болып: псевдоволластонит (α -CaO×SiO₂), куспидин (3CaO×CaF₂×2SiO₂), мелилит Ca₂(Al,MgSi)Si₂O₇, акерманит-Ca₂MgSi₂O₇, ранкинит 3CaO×2SiO₂, фторapatит – Ca₅(PO₄)₃F, витлокит (Ca₉Mg(HPO₄)(PO₄)₆), флюорит (CaF₂) және силикокарнотит (5CaO×P₂O₅×SiO₂) құрайды.

Фосфор шлактарының құрамы негізінен CaO-SiO₂-P₂O₅ жүйесі өте күрделі поликомпонентті жүйе болып табылады және осы қалдықтардан басқа өнімдерді алу оның құрамының өзгеруіне байланысты болады. Зерттеулерге сәйкес, түйіршікті шлактағы кейбір компоненттердің құрамы: P₂O₅ (0,63-3,40%), CaO (44,60-49,35%), SiO₂ (40,10-43,54%), Al₂O₃ (2,46-3,48%) тұрады. Қалдық үлгілерінде силикокарнотит (5CaO×P₂O₅×SiO₂), псевдоволластонит (α -CaO×SiO₂), ранкинит (3CaO×2SiO₂), фторapatит – (Ca₅(PO₄)F₃) және кальцит түйіршіктері (CaCO₃) табылды. Фторид 2-3% мөлшерінде анықталынды.

Қалдықтардың элементтік құрамында: алтын, күміс, мыс, титан, никель, лантан, неодим, празеодим және басқалары бар екені анықталған. Фосфор шламының жалпы көлемі (Шымкент қ. бойынша) – 700 000 т құрайды, оның ішінде СКЖЭ құрамы: галлий - 0,1%, (700 тонна), германий - 0,092%, (650 т), скандий-0,071%, (500 т) құрайды. Фосфогипстің жалпы мөлшері 6-8 млн.т құрайды ("Қазфосфат" ЖШС деректері), онда СЖЭ үлесі: 0,15-0,4%, оның ішінде цезий Ce - 43,48-52%; неодим Nd- 14-16%; лантан La - 24-27%; празеодим Pr - 4-6%; самарий Sm – 2,3-2,5%; гадолиний Gd – 1,1-1,3%; еуропий Eu – 0,1-0,2%. Терриконнан келетін шлам кесектерінің ең үлкен мөлшері – 2000 мм, меншікті салмағы 2,65 т/м³, табиғи күйдегі шлактардың ылғалдылығы 3% -ға дейін болады.

Құрамында фосфоры бар қалдықтарды үйінділі биосілтсіздендірудің экономикалық тиімділігінің жалпы заңдылығы келесідей:

- үлестік күрделі шығындар (%):
- қалдықтарды ұсақтау және бөліп алу қондырғылары- 60,0;
- қалдықтарды жеткізуге және үйіндіні қалыптастыруға арналған құрылғылар- 10,7;
- үйінділі сілтсіздендіру алаңын салу - 13,3;
- залалсыздандыру қондырғылары- 16,0.

Барлығы: 100,0.

Пайдалану шығындары, %:

- жұмыс күші- 44,9;
- реагенттер мен материалдар- 20,0;
- электр қуаты - 2,5;
- қалдықтарды жеткізу, үйіндерді төгу – (жұмыс күшін қоспағанда) - 23,3;
- ағынды суларды залалсыздандыру- 9,3.

Барлығы: 100,0.

Үйінділі сілтсіздендіру үрдісін іске асыруға жұмсалатын күрделі шығындар 20-25%, ал пайдаланылған шығындар – дәстүрлі күкірт қышқылы үрдісіне жұмсалған шығындардың 35-40 % құрайды.

Есептеу жартылай өнеркәсіптік жағдайларда дайындалған технология бойынша жылына 500 мың т ұжымдық концентрат өнімділігі бар қондырғы үшін жүргізілді. Цехтың жұмыс режимі келесідей: үздіксіз өндіріс үрдісі, жылына 330 жұмыс күні, үш ауысымды жұмыс.

Күрделі шығындар. Жабдықтардың қажетті саны мен құны 10-ші кестесінде келтірілген.

Кесте 10 – Технологиялық және көтергіш-көлік жабдықтары

Атауы	Өлшем бірлігі	Саны	Бағасы, мың.тг.	Барлығы, мың тг.
1	2	3	4	5
Сүзгі CERAMIC	дана	1	15782,5	15783,0
Ұсақтағыш СМД-493Б	дана	1	3780,0	3780,0
Грануляторлы барабан 3,6 × 1,4	дана	1	1250,3	1250,0
Транспортер	дана	1	657,3	657,0
Барабанды цементатор	дана	1	5421,0	5421,0
Қышқылға төзімді сорғы Х-80-65-160	дана	8	52,00	416,00
Жинақтаушы	дана	1	1365,7	1366,0
Ғимарат	дана	1	1283,6	1284,0
ҮС ауданының құрылысы				6897,0
Барлығы				36854,0

Өндірістік шығындардың жалпы көлемі төменде келтірілген материалдық шығындардың 15 % құрайды, зауыт шығындарының жалпы шығыны барлық

материалдық шығындардың 20 % құрайды. Барлық материалдық шығындар 11-ші кестесінде келтірілген.

Кесте 11 – Жылдық үрдістегі материалдық шығындар

Материалдың атауы	Өлшем бірлігі	Шығын	Бағасы мың.тг.	Барлығы мың.тг.
Шлак	т	40000	0,008	320,0
Құбырлар	м	400	0,5	200,0
Шашыратқыш	дана	300,0	0,5	150,0
Қышқыл	т	787,5	3	2362,0
Темір	т	4968	0,6	2980,0
Тасымалдау таспасы	м	275	0,300	83,0
Жалпы өндірістік шығындар				914,0
Жалпы зауыттық шығындар				1402,0
Барлығы				8411,0

Сілтісіздендіру кезеңінен басқа үйінділі сілтісіздендіру үрдісінде қосымша сүзгілеу, майдалау, түйіршіктеу, цементациялау сияқты үрдістер де қамтылады. Осы көрсетілген үрдістердің барлығының пайдалану сатысын қамтитын бір жылдық шығын көлемін есептеу көрсеткіші көрсетілді (кесте 12).

Кесте 12 – Жылдық іске асырылған үрдістер бойынша шығын көлемін есептеу көрсеткіші

Үрдіс	Айлық\жалақы, мың., тг	Эл. энергиясы кВт	Материалды шығындар, мың. тг.	Амортизация мың. тг.
1	2	3	4	5
Сүзгілеу	251,0	175,0	1676,0	3036,0
Майдалау	372,0	935,0	1101,0	905,0
Түйіршіктеу	282,0	884,0	876,0	417,0
Сілтісіздендіру	385,0	57,0	1507,0	534,0
Ерітіндіні өңдеу	286,0	135,0	1267,0	2710,0
Барлығы	1576,0	2321,0	6220,0	7602,0

Шымкент қ. құрамында фосфоры бар қалдықтар құрамынан аралас концентраттарды сілтісіздендіруде түсетін пайда көлемі аралас концентраттың орташа құнының 37 200,0 тг орта есебімен есептелінді. Жыл сайынғы сілтісіздендіру мен цементация үрдісінен кейін шығатын концентрат көлемі 2 484,0 т құрайды. Қосымша табыс сілтісіздендірілген қалдықтарды т 8,0 тг құрылыс материалдарына пайдалануға сатудан түседі. Осы өндірістің табысы 55 459 00 мың.тг, ал құмнан түскен табыс 6 697,00 мың.тг. құрайды (кесте 13).

Кесте 13 – Құрамында фосфоры бар шлактарды үйінділі сілтісіздендіру үрдісінің қорытынды көрсеткіштері

Көрсеткіштер	мың.тг
Күрделі шығындар	36 854,0
Пайдалану шығындары	2 5037,0
Сатылымнан түскен түсім	6 2156,0
Пайда	30 892,0

Әлемдік тәжірибеде адам іс-әрекетінің қоршаған ортаға тигізетін залалын бағалау әртүрлі тәсілдер арқылы жүргізіледі. Табиғат пайдаланушылардан келесі келтірілген залал түрлерін жүзеге асырып, қоршаған ортаны ластағаны үшін төлемақы алынады, олар:

- тұрақты және қозғалмалы көздерден атмосфераға ластаушы заттардың шығарылуы;

- ластаушы заттарды жер үсті және жер асты су нысандарына төгу, сондай-ақ ластаушы заттарды кез келген жер асты орналастыру;

- қалдықтарды орналастыру.

Құрамында фосфоры бар қалдықтардың атмосфераға әсер етуінен болған залал мынадай формула бойынша есептелінеді (1):

$$U_i = (C_{\text{факт}} - C_{\text{норм}}) \times 3600/1000000 \times A_i \times T \times 2,2 \text{ АЕК} \times 10 \times K_1 \times K_2 \quad (1)$$

Мұндағы: U_i - атмосфералық ауаны қалдықтармен ластаудан болған шығындарды экономикалық бағалау, тг;

$C_{\text{факт}}$ – экологиялық бақылаумен анықталған өнеркәсіптік ластанулар, г/сек;

$C_{\text{норм}}$ – ластанудың нормативтік көрсеткіштері, г/сек;

A_i – қауіптіліктің салыстырмалы коэффициенті;

$A_i = 1/\text{ШРК}_{\text{от.}}$, $\text{ШРК}_{\text{от.}}$ – шекті рұқсат етілген концентрацияның орташа тәуліктік көрсеткіштері (ШРК);

T – ластаушы заттар анықталған кездегі құрылғының жұмыс уақыты, (сағат);

АЕК-айлықтық есептік көрсеткіш, 2 917 тг (мамыр 2021ж.);

10-көтеру коэффициенті;

K_1 -экологиялық қауіпсіздік коэффициенті;

K_2 - экологиялық қателік коэффициенті;

$$U_i = (25,5564 \times 17,6945) \times 3600/1000000 \times 1,26582 \times 8 \times 2,2 \times 2917 \times 10 \times 1 \times 1 = 18 336,67 \text{ тг}$$

Атмосфераның ҚФҚ ластануынан болатын экономикалық залал 18 336,67 тг құрайды.

Су ресурстарының ластануынан болатын экономикалық залал келесі формула бойынша есептелінді:

$$U_i = (C_{\text{факт}} - C_{\text{теор}}) \times V_{\text{факт}} \times N \times \text{АЕК} \times A_i \times 10 \times K_1 \times K_2 \quad (2)$$

U_i – су ресурстары қалдықтарымен ластанудан болған экономикалық залал, тг.

$C_{\text{факт}}$ - су ресурстарын ластаушының нақты шоғырлануы, мг / л;

$C_{\text{норм}}$ - ластаушы заттардың нормативтік көрсеткіштері, мг / л;
 $V_{\text{факт}}$ - экологиялық тексеру бойынша өнеркәсіптік су ресурстарының көлемі,
 млн. м³;
 $N=30$ -сарқынды суларды басқа су объектілеріне ағызу;
 $N=18$ -Ағынды суларды су қоймаларына ағызу;
 АЕК-айлық есептік көрсеткіш, 2 917 теңге (Мамыр 2021 ж.);
 10-көтеру коэффициенті;
 K_1 -экологиялық қауіпсіздік коэффициенті;
 K_2 - экологиялық қателік коэффициенті;

$$U_i = (30,5-20,1) \times 2000000 \times 30 \times 2\,917 \times 1,265 \times 10 \times 1 \times 1 = 22\,953,84 \text{ тг}$$

Су ресурстарын ластаудан келтірілген залал 22 953,84 тг құрайды. ҚФҚ жинақталған ауданда атмосфераға және гидросфераға біріктірілген әсерін ескере отырып, осы қалдықтардың ластануынан қоршаған ортаға алдын-ала келтірілген залал жиынтығы жылына 41 290,52 тг құрайды.

Бұл деректер Шымкент қаласында құрамында фосфоры бар шлактарды өңдеуде микробиологиялық сілтісіздендіру әдісін қолданудың экономикалық орындылығы тиімді екені туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген зерттеу жұмыстарының негізінде келесі нәтижелер алынды:

1. Қалдық шикізатының өңделуі мен ықпал еткен климаттық параметрлерге орай қалдықтардың басым фракциялық өлшемі 10,0-18,0 см, сирек 30,0 см болатыны анықталды, металдарды сілтісіздендірудегі тиімділік фракция 0,5-0,25 см болып саналды. Минералогиясы: псевдоволластонит ($\alpha\text{-CaO}\times\text{SiO}_2$), куспидин $\text{Ca}_4(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{F},\text{OH})_2$, мелилит $\text{Ca}_2(\text{Al},\text{MgSi})\text{Si}_2\text{O}_7$, акерманит $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$, ранкинит $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$, фторапатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, феррофосфор Fe_2P , витлокит $(\text{Ca}_9\text{Mg}(\text{HPO}_4)(\text{PO}_4)_6)$, флюорит CaF_2 және силикокарнотит $(5\text{CaO}\times\text{P}_2\text{O}_5\times\text{SiO}_2)$ және кальцит CaCO_3 құрайтыны нақтыланды.

2. Қалдықтардың физико-химиялық құрамы сыртқы климаттық факторлар әсерінен элементтік құрамын тұрақты болмайтыны және элементтік құрамында кремний, кальций, фосфор, темір, фтор, сирек жер металдардан лантан, неодим, церий болатыны анықталды. Қалдықтардың биологиялық сипатын анықтауда: шлақтың $1,0\pm 0,1$ % концентрациясы гидробионтты ағзалар мен жоғары сатыдағы *H. vulgare*, *Ph. vulgaris* мәдени өсімдіктер үшін өсуге «стимулятор» ретінде әсер беретін концентрация болып нақтыланды, шламның $10,0\pm 0,9$ % концентрациясы уытты концентрация болып анықталды. Қалдықтардың уыттылық дәрежесіне қарай тест-ағзалардың төзімділік деңгейі жоғары болып: цианобактериялар: *O. limosa*, *O. tenuis*, диатомды балдырлар *N. elegans*, *N. gracilis*, *Chlorococcum sp.*, *Ch. vulgarus* балдырлары, *Euglenophyta*, *Ciliophora* төзімділік деңгейі жоғары ағзалар болып саналды, төзімділігі төмен ағзалар: микробалдырлар *S. guadriceuda*, *S. protuberans*, диатомды *S. ulna* балдырына, қарапайымдылардан *A. proteus*, *A. limax*, *Aspidisca sp.*, құрттар *R. sallidina*, шаянтәрізділер *G. lacustris*, *D. magna* индикатор ағзалар ретінде анықталды.

3. Шымкент қ. құрамында фосфоры бар қалдықтардың микрофлоралық құрамын микромицеттер, гетеротрофты бактериялар, азоттұтқыштар, I-II фазалы нитрификаторлар, денитрификаторлар, күкірттотықтырғыш бактериялар және актиномицеттер құрады. Микроағзалардың таралу көрсеткіші қалдықтардың көлденең жазығының 10-20 см және 20-30 см тереңдіктерде жоғары екендігі анықталды.

4. Скринингтік жұмыстар нәтижесінде 135 изоляттар бөлініп алынды: оның 40,8% (55) бактерияларға, оның ішінде азоттұтқыш, нитрифицирлеуші, динитрифицирлеуші бактериялар, 50,4% (68) микромицеттерге, 8,8% (12) актиномицеттерге жатқызылды. Бөліп алған микроағзалардың белсенді штамдарының таксономиялық талдаулары жасалып, ПТР талдамасы нәтижесінде: *Aspergillus* туысының 5 жаңа штамдары: *A. terreus* IOM, *A. flavus* AsF, *A. flavus* AsZ, *A. niger* ASIA, *A. niger var. tubingensis* ASPN, бактериялардан: *Alicyclobacillus tolerans* (*Sulfobacillus thermosulfidooxidans*) ST; *Gallionella capsiferriformans* TS, *Pseudomonas stutzeri* NJA, *Methyloversatilis thermotolerans* MSO, *Ralstonia pickettii* ASA және *Ralstonia pickettii* TS2 штамдары, *Zoogloea resiniphila* NS1, *Acinetobacter sp.* NAO штамдары идентификацияланды.

5. Перспективтілігі мен тиімділігі жоғары микроағзалар штамдары негізінде Zn, Al, Mn, Rb бөліп шығаруда белсенді *A. ferrooxidans* ThIO1, *A. ferrooxidans* ThIO2 штамдарынан тұратын TIAI консорциумы, Cu, Ag, V, Ru, Mo, Ba, Zr, бөліп шығаратын *A.niger* ASIA және *A. tubingensis* ASPN штамдарынан ANAT консорциумы, СКЖЭ Ce, La металдарын бөліп шығаруда белсенді нитрификаторлардың *N.europeae* Nit1, *M. thermotolerans* MSO штамдарынан NEMfos консорциумы дайындалды, олардың биосілтсіздендірудегі оңтайлы параметрлері және биотехнологиялық әлеуеті анықталды.

6. Шымкент қ. фосфорлы қалдықтарынан үш түрлі TIAI, ANAT, NEMfos консорциумдарды пайдалану арқылы металдарды биосілтсіздендірудің үш сатылы технологиясының сызбасы дайындалып, ұсынылды. Үш сатылы биосілтсіздендіру технологиясының ұзақтығы ауа-райлық жағдайларға байланысты 5 айдан 8 айға созылуы мүмкін және металдарды бөліп шығару мүмкіндігі $85,2 \pm 7,8$ % құрайтыны болжанады, оның ішінде: Cu $95,9 \pm 9,1$ %, Zn - $17,5 \pm 1,7$ %, Al - $7,58 \pm 0,7$ %, Mn - $28,4 \pm 2,5$ %, Rb- $22,9 \pm 2,2$ %, Mg - $30,6 \pm 3,0$ % Ag $13,2 \pm 1,0$ % бөліп шығарды, осы жағдайда алдын ала зақымданудың экономикалық тиімділігі 55 459 00 мың.тг құрады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Абаканов Е.Н, Баймаганова А.К., Сулейменова З.Б., Чиканова К., Кертешев Т.С., Иралина А.Т., Байсеитова Д.М., Исмагулова Г.Е. Қазақстандағы Экологиялық Саясат: Негіздері мен Перспективалары: оқу құралы. Нұр-Сұлтан: Luxe Media Publishing, 2021. – 243 б.
- 2 Қазақстан Республикасының Экология, геология және табиғи ресурстар министрлігінің 2019 ж. арналған Қоршаған ортаның жай-күйі туралы және ҚР табиғи ресурстарын пайдалану туралы Ұлттық баяндама: ҚР Энергетика Министрі бұйрығымен бекітілген 17.05.2019ж., №184. – 2019. – 563б.
- 3 Хроническая интоксикация фосфором и его соединениями. Республиканский центр развития здравоохранения МЗ РК. Версия: Клинические протоколы МЗ РК, 2017. Категории МКБ: Токсическое действие других неорганических веществ. Фосфора и его соединений (Т57.1). Разделы медицины: Профессиональная патология. от 29. 06. 2017 г. Протокол № 24. <http://newecodoklad.ecogofond.kz/2016/kz/otxody/>
- 4 Байдаулет И. О., Намазбаева З. И., Досыбаева Г. Н., Базелюк Л. Т., Сабиров Ж. Б., Кусаинова Д. С. Факторы риска для здоровья детского населения в напряженных экологических условиях загрязнения свинцом // Гигиена и санитария. – 2015. – № 6. – С. 64-68.
- 5 Бишимбаев В.К., Исаева А.У., Отарбекова А.А.. Возможности применения биогеотехнологии при выщелачивании РЗЭ // Труды международной научно – практической конференции «Химия в строительных материалах и материаловедение в XXI веке». – Шымкент: ЮКГУ им. М.Ауэзова, 2008. – Том 2. – С. 31-35.
- 6 Отарбекова А.А., Акимбаев Б., Исаева А.У., Методы рационального природопользования в выщелачивании молибдена и рения из медно-молибденовых руд и концентратов одного из месторождений Казахстана // Труды Института биоресурсов и прикладной экологии. Материалы IV международной конференции биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий Оренбург. – Оренбург: Издательство Института биоресурсов и прикладной экологии, 2008. – С.120-122.
- 7 Садыков П.И. Фосфорношлаковые отвалы и их влияние на окружающую среду. -Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГУ, 2002.- 178с.
- 8 Фазлутдинов К.К. Физиологическое влияние фосфатов на организм человека, польза и вред. ООО "НПП Электрохимия". <https://zctc.ru>. 09.09.2018.
- 9 Қазақстан Республикасы Президенті Қ.К.Тоқаевтың Қазақстан халқына Жолдауы: Сындарлы қоғамдық диалог - Қазақстанның тұрақтылығы мен өркендеуінің негізі. <https://kaz.zakon.kz/4983994-prezident-m-zd-al-ash-y-zholdauyn-oldau.html>. 02.09.2019
- 10 ҚР Экологиялық кодексі: 2021 жылғы 2 қаңтарда қабылданған – № 400- VI ҚРЗ. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/K2100000400/k21400.htm>. 07.02.2023.
- 11 Состояния окружающей среды Восточно-Казахстанской области. 2001г. Всероссийский Экологический портал (ecoportal.su). 27.11.2020.

- 12 Issayeva A., Tleukeeva A. Ecological condition and microflora of Shymkent lead-zinc waste // *Inter. J. of Education and Research*. – 2015. – Vol. 3, No. 1. – P. 325-332.
- 13 Габов Ю. А., Кист В.Э. Отходы Казахстана и проблемы утилизации: 3-часть. – Алматы: New book, 2018. -164с.
- 14 Dinh T., Dobo Z., Kovacs H. Phytomining of rare earth elements - A review // *Chemosphere*. – 2022.– Vol.297:134259. –P.35271907.
- 15 Tayar S. P., Palmieri M. C., Bevilaqua D. Sulfuric acid bioproduction and its application in rare earth extraction from phosphogypsum // *Minerals Engineering*. – 2022. –Vol. 185. – P.107662.
- 16 Jin H., Reed D.W., Thompson V.S., Fujita Y. Sustainable bioleaching of rare earth elements from industrial waste materials using agricultural wastes // *J. ACS Sustainable Chemistry - Engineering*. – 2019. – Vol. 7 (18). – P. 15311-15319.
- 17 Mukaba, J.L., Eze C.P., Perea O., Petrik, L.F. Rare Earths Recovery from Phosphogypsum: An Overview on Direct and Indirect Leaching Techniques // *J. Minerals*. – 2021. – Vol.11. – P.1051.
- 18 Исаева А.У., Отарбекова А.А., Омирзак А.К., Дауренбекова К.П. Экологические проблемы складирования фосфорсодержащих отходов // *J. Spirit time*. – 2018. – №11. – С.11-15.
- 19 Каравайко Г.И. Биотехнология переработка металлосодержащих руд и концентратов. // *Вестник АН СССР*. – 1985. – №1. – С. 72-83.
- 20 Mokarian P., Bakhshayeshi I., Taghikhah F., Boroum Y., Erfani E., Razmjou A. The advanced design of bioleaching process for metal recovery: A machine learning approach. *Separation and Purification Technology* // *J. Separation and Purification Technology*. –2022. – Vol 291. – P.120919.
- 21 Xiufang G., Li J., Yilin M., Bin Y., Jiang P., Progress, challenges, and perspectives of bioleaching for recovering heavy metals from mine tailings // *J. Adsorption Science Technology*. – 2021. –Vol. 941979. – P.13.
- 22 Reed D. W., Fujita, Yoshiko, Daubaras, Dayna L., Jiao. Yongqin, Thompson Vicki S. Bioleaching of rare earth elements from waste phosphors and cracking catalysts // *J. Hydrometallurgy*. – 2016. – Vol.166. – P. 34-40.
- 23 Кулаковская Т. В., Личко Л. П., Рязанова Л. П. Разнообразие фосфорных резервов микроорганизмов // *Журнал Успехи биологической химии* . – 2014. – № 54. – С. 385-412.
- 24 Takayuki I., Du Ch., Xu G., Kim, SJ., Ueda Sh., Kitamura Sh. Extraction of Phosphorus from Steelmaking Slag by Selective Leaching Using Citric Acid // *ISIJ International*. – 2018. – Vol. 58, No. 7. – P. 1351–1360.
- 25 Zimmermann J., Dott W. Sequenced bioleaching and bioaccumulation of phosphorus from sludge combustion – a new way of resource reclaiming // *Advanced materials research*. – 2009. – Vol. 71-73. – P.625-628.
- 26 Rasoulnia P., Barthen R., Lakaniemi A.M., Ali-Löyty H., Puhakka J. Low residual dissolved phosphate in spent medium bioleaching enables rapid and enhanced solubilization of rare earth elements from end-of-life NIMH batteries // *J. Minerals Engineering*. – 2022. – Vol. 176. – P. 107361.

- 27 Mauricio L., María P. C., Dante T., Alex D.G., Marko B., Angélica R.J., Christian H., Mauricio G., Pilar P., Roberto A., Verónica C., Alejandro M. The bioleaching potential of a bacterial consortium // *J. Bioresource Technology*. – 2016. – Vol. 218. – P. 659–667.
- 28 Yang, F., Kubota, F., Baba, Y., Kamiya, N., Goto, M. Selective extraction and recovery of rare earth metals from phosphor powders in waste fluorescent lamps using an ionic liquid system // *Journal of Hazardous Materials*. – 2013. – Vol. 254. – P.79-88.
- 29 Jing H., Kappler A. Recovery of precious metals from waste streams // *J. Microbial Biotechnology*. – 2017. – Vol.10(5). – P.1194–1198.
- 30 Gomez-Ramírez M., Rivas-Castillo A., Rodríguez-Pozos I., Avalos-Zuñiga R. A., Rojas-Avelizapa N., Feasibility G. Study of Mine Tailing's Treatment by *Acidithiobacillus thiooxidans* DSM 26636 // *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Biotechnology and Bioengineering*. – 2018. – Vol.12. – P.468- 471.
- 31 Srichandan H., Singh S., Kim D.J., Seoung-Won Lee. A Comparative Study of Metal Extraction from Spent Catalyst Using *Acidithiobacillus ferrooxidans* // *International Scholarly and Scientific Research Innovation. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Materials and Metallurgical Engineering*. – 2013. – Vol. 7 (6). – P.430-434.
- 32 Zhang R., Duan J., Xu D., Xia J., Munoz J.A., Sand W. Editorial: Bioleaching and Biocorrosion: Advances in Interfacial Processes // *J. Front. in Microbiol.* – 2021. – Vol.12. – P.1-4.
- 33 Lhamo P., Mahanty B. Bioleaching of rare earth elements from industrial and electronic wastes: mechanism and process efficiency. In book: *Environmental Technologies to Treat Rare Earth Elements Pollution: Principles and Engineering*. – 2022. – P.207-226.
- 34 Magrini C., Jagodzinska K. Can bioleaching of NIB magnets be an answer to the criticality of rare earths, an ex ante life cycle assessment and material flow cost accounting // *Journal of Cleaner Production*. – 2022. – Vol. 365. – P. 132672.
- 35 Makinen J., Wendling L., Lavonen T., Kinnunen P. Sequential Bioleaching of Phosphorus and Uranium // *J. Minerals*. – 2019. – Vol. 9(6):331. – P. 7-11.
- 36 Биогeотехнология металлов: Практ. руковод. / Под ред. Г. И. Каравайко. М.: Центр междунар. Проектов ГКНТ, 1989. – 375 с.
- 37 Pollmann K., Kutschke S., Matys S., Kostudis S., Hopfe S., Raff J. Novel Biotechnological Approaches for the Recovery of Metals from Primary and Secondary Resources // *J. Minerals*. – 2016. – Vol.6. – № 54. – P.1-14.
- 38 Chang C.Y., Chen Sh.Y., Klipkhayai P., Chiemchaisri C.. Bioleaching of heavy metals from harbor sediment using sulfur-oxidizing microflora acclimated from native sediment and exogenous soil // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2019. – Vol.26. – P. 6818–6828.
- 39 Микробиология и биотехнология очистки промышленных сточных вод / А. Н. Илялетдинов, Р. М. Алиева; АН КазССР, Ин-т микробиологии и вирусологии. - Алма-Ата : Гылым, 1990. – 223 с.

- 40 Камалов М.Р. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд Казахстана. –Алма –Ата: ГЫЛЫМ, 1990. –184с.
- 41 Yaashikaa P.R., Priyanka B., Senthil Kumar P., Suresh K., Jeevanantham S., Indraganti S. A review on recent advancements in recovery of valuable and toxic metals from e-waste using bioleaching approach // *Chemosphere*. – 2022. – Vol. 287. – P.1-14.
- 42 Wasim S.,Guodong Zh., Ghufanud D., Xiangxian M., Muhammad R.,Wang X., Metals Extraction from Sulfide Ores with Microorganisms: The Bioleaching Technology and Recent Developments // *J.The Indian Institute of Metals- IIM*. – 2019. – Vol. 72(3). – P.559–579.
- 43 Debaraj M., Rhee Y.H. Microbial leaching of metals from solid industrial wastes // *J. of Microbiology*. – 2014. – Vol. 52. – No. 1. – P. 1-7.
- 44 Harogobinda S., Mishra S., Singh P., Blight K., Singh S. Sequential-Anaerobic and Sequential-Aerobic Bioleaching of Metals (Ni, Mo, Al and V) from Spent Petroleum Catalyst in Stirred Tank Batch Reactor: A Comparative Study // *Indian J Microbiol*. – 2022. – Vol.62. – P.70–78.
- 45 Kaibin F., Hai L., Deqiang L., Wufei J., Ping Z. Comparison of bioleaching of copper sulphides by *Acidithiobacillus ferrooxidans* // *J. Environ Geochem Health*. – 2014. – Vol.13. – P.664-672.
- 46 Rare Earth Elements Biorecovery from Mineral Ores and Industrial Wastes / University. – Madrid, 2021. – P.280. PR75/18-21576.
- 47 Travisany D., Cort M.P., Latorre M., Genova A. D., Budinich M., Bobadilla-Fazzini R.A.,Parada P.,Gonz M., Maass A. A new genome of *Acidithiobacillus thiooxidans* provides insights into adaptation to a bioleaching environment // *J. Research in Microbiology*. – 2014. – Vol.165. – P.743-752.
- 48 Рогатых С.В. Системы праймеров, используемых для идентификации представителей сообщества хемолитотрофных микроорганизмов месторождения Шануч (Камчатка) // *Журнал Проблемы региональной экологии*. – 2018. – №2. – С.60-64.
- 49 Rogatykh S.V., Levenets O.O., Muradov S.V., Dokshukina A.A., Kofiadi I.A. Evaluation of quantitative and qualitative composition of cultivated *Acidophilic* microorganisms by real-time PCR and clone library analysis // *J. Microbiology*. – 2013. – Vol. 82. – No.2. –P. 212-217.
- 50 Соколова Г. А., Каравайко Г.И. Физиология и геохимическая деятельность тионовых бактерий. – Москва: Издательство «Наука», 1964. -333с.
- 51 Каравайко Г.А. Геохимическая деятельность *Thiobacillus thioparus* месторождениях самородной серы: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биол.наук. – Москва: Изд.Московская ветеринарная академия, 1962. – 24с.
- 52 Отарбекова А.А., Аширбаева С., Сейдгаппарова У. Разнообразие микрофлоры сульфидных руд и промышленных отходов металлургического производства // *Общество, наука и инновации: сборник статей Международного научно-практической конференции*. – Уфа: Аэтерна, 2014. – С.22-23.
- 53 Хайнасова Т.С. Биотехнологический потенциал автохтонных хемолитотрофных микроорганизмов Медно -Никелевого месторождения Шануч

(Западная Камчатка) в бактериально-химическом выщелачивании сульфидной кобальт-медно-никелевой руды: автореф. диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук: 03.01.06 Биотехнология. – Улан-Удэ: ВСГУ, 2012. – 19с.

54 Четверикова Д. В. Технология биологического выщелачивания металлов из отходов горно-обогатительных производств: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 03.01.06 – Биотехнология (в том числе Бионанотехнологии): / Институт микробиологии имени С.Н. Виноградского РАН. – Щелково, 2013. – 166с. Инд.№ 04201358087.

55 Panda S., Akcil A., Pradhan N., Deveci H.. Current scenario of chalcopyrite bioleaching: A review on the recent advances to its heap-leach technology // Bioresource Technology. – 2015. – Vol.196. – P.694–706.

56 Кондратьева Т. Ф. Микроорганизмы в биотехнологиях переработки сульфидных руд / Т. Ф. Кондратьева, А. Г. Булаев, М. И. Муравьев; Российская акад. наук, Ин-т микробиологии им. С. Н. Виноградского. – Москва: Наука, 2015. – 211с.

57 Хамуда Р. А. Ф. А. Роль микроорганизмов в процессах выщелачивания золота из руд северных областей Казахстана: диссертация на соискание академической степени доктора философии в области биологии по специальности «Биотехнология» / КазНУ им. Ал-Фараби. – Алматы, 2009. – 101с. Инд.18039

58 Chaerun S.K., Putri E.A., Mubarok M.Z. Bioleaching of Indonesian Galena Concentrate With an Iron- and Sulfur-Oxidizing Mixotrophic Bacterium at Room Temperature // Front. Microbiol. – 2020. – Vol.11:557548. – P.1-14.

59 Sajjad W., Zheng, G., Din, G. Uddin G., Ma X., Rafiq M., Xu W. Metals Extraction from Sulfide Ores with Microorganisms: The Bioleaching Technology and Recent Developments // J. Trans Indian Inst. Met. – 2019. – Vol.72. – P.559-579.

60 Sethurajan M. Metallurgical sludges, bio/leaching and heavy metals recovery (Zn, Cu): PhD thesis. Environmental Engineering. – Université Paris-Est, 2015. – P. 275.

61 Wei X., Liu D., Liao L., Wang Z., Li W., Huang W. Bioleaching of heavy metals from pig manure with indigenous sulfur-oxidizing bacteria: effects of sulfur concentration // Heliyon. – 2018. – Vol. 4. – P 00778.

62 Camarg F. P., Tonello P.S., Alves dos Santos A. C., Cristina I. Duarte S.. Removal of Toxic Metals from Sewage Sludge Through Chemical, Physical, and Biological Treatments-a Review // J. Water Air Soil Pollut. – 2016. – Vol. 227. – P.433.

63 Makinen J., Wendling L., Lavonen T., Kinnunen P. Sequential bioleaching of phosphorus and uranium // J.Minerals. – 2019. – Vol. 9. – P. 331.

64 Булаев А.Г. Меламуд В.С. Бיוвыщелачивание цветных металлов из отходов обогащения // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 12 (78). – Ч.1. – С.63-71.

65 Khaynasova T.S., Pashkevich R.I. Taxonomic analysis of the *Acidophilic chemolithotrophic* microorganism culture taking part in bioleaching of sulphide ore of the shanuch deposit // J.International Journal of Applied and fundamental research. – 2019. – № 10 (part 1) – P. 28-33.

- 66 Karavaiko G.I., Bogdanova T.I., Tourova T.P., Kondrat'eva T.F., Tsaplina I.A., Egorova M.A., Krasil'nikova E.N., Zakharchuk L.M. Reclassification of '*Sulfobacillus thermosulfidooxidans subsp. thermotolerans*' strain K1 as *Alicyclobacillus tolerans* sp. nov. and *Sulfobacillus disulfidooxidans* 1996 as *Alicyclobacillus disulfidooxidans comb. nov.*, and emended description of the genus *Alicyclobacillus* // J. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2005. – Vol.55. – P.941.
- 67 Tsaplina I. A., Zhuravleva A.E., Ismailov A.D., Zakharchuk L.M., Krasil'nikova E.N., Bogdanova T.I., Karavaiko G.I. The dependence of intracellular ATP level on the nutrition mode of the acidophilic bacteria *Sulfobacillus thermotolerans* and *Alicyclobacillus tolerans* // J. Microbiology. – 2007. – Vol.76 (6). – P.654–662.
- 68 Holanda R., Hedrich S., Nancucheo I., Oliveira G., Grail B., Johnson D. Isolation and characterisation of mineral-oxidizing "*Acidibacillus*" spp. from mine sites and geothermal environments in different global locations // J. Research in Microbiology. – 2016. – Vol.167 (7). – P.613-623.
- 69 Peng, T., Zhou, D., Liu, Y., Yu R., Qiu G., Zeng W. Effects of pH value on the expression of key iron/sulfur oxidation genes during bioleaching of chalcopyrite on thermophilic condition // J. Microbiol. – 2019. – Vol. 69. – P.627–635.
- 70 Fatemeh P., Seyyed M.M. A novel step-wise indirect bioleaching using biogenic ferric agent for enhancement recovery of valuable metals from waste light emitting diode (WLED) // Journal of Hazardous Materials. – 2019. – Vol.378. – P. 648.
- 71 Liu, T., Guo, Z., Zeng, Z., Guo, N., Lei, Y., Liu, T. Marine bacteria provide lasting anticorrosion activity for steel via biofilm-induced mineralization // J. Interfaces. – 2018. – Vol. 10. – P.40317–40327.
- 72 Wang R., Lin J.Q., Liu X.M., Pang X., Zhang C.J., Yang C.L., Gao X.Y., Lin C.M., Li Y.Q., Li Y., Lin J.Q. Chen L.X. Sulfur Oxidation in the Acidophilic Autotrophic *Acidithiobacillus* spp. // Front. Microbiol. – 2019. – Vol. 9, № 3290. – P.1-20.
- 73 Huynh D., Norambuena J., Boldt C., Kaschabek S.R., Levicán G., Schlömann M. Effect of Sodium Chloride on Pyrite Bioleaching and Initial Attachment by *Sulfobacillus thermosulfidooxidans* // Microbiol. – 2020. – Vol.11:2102.
- 74 Bellenberg S., Turner S., Seidel L., Wyk N., Zhang R., Sachpazidou V., Embile R. J., Walder I., Leiviskä T., Dopson M. Towards Bioleaching of a Vanadium Containing Magnetite for Metal Recovery // J. Frontiers in Microbiology. – 2021. – Vol.12. – P. 693615.
- 75 Хайнасова Т.С., Левенец О.О., Трухин Ю.П. Применение иммобилизации микроорганизмов в биовыщелачивании. // Научно-технический журнал. Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – S31. – С.235-246
- 76 Левенец О.О. О моделировании процессов в биовыщелачиваний руд. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № 531 – С. 328-332.
- 77 Yao J., Wang M., Tang Y.Q. Co-inoculation with beneficial microorganisms enhances tannery sludge bioleaching with *Acidithiobacillus thiooxidans*. // J. Environmental Science and Pollution Research. – 2022. – Vol.29 – P.48509–48521.
- 78 Giese E.C. Influence of organic acids on pentlandite bioleaching by *Acidithiobacillus ferrooxidans* LR.3 // J. Biotech. – 2021. – Vol. 11. – P. 165.

- 79 Bellenberg S., Turner S., Seidel L., van Wyk N., Zhang R., Sachpazidou V., Embile R.F Jr., Walder I., Leiviskä T., Dopson M.. Towards Bioleaching of a Vanadium Containing Magnetite for Metal Recovery // J. Front Microbiol. – 2021. – Vol.30. –P. 34276626 – 8278310.
- 80 Wu W., Liu X., Zhang X., Zhu M., Tan W. Bioleaching of copper from waste printed circuit boards by bacteria-free cultural supernatant of iron–sulfur-oxidizing bacteria // Bioresources and Bioprocessing. – 2018. – Vol.5. – P. 1-10.
- 81 Piper D. Z., Bau M. Normalized Rare Earth Elements in Water, Sediments, and Wine: Identifying Sources and Environmental Redox Conditions // American Journal of Analytical Chemistry. – 2013. – Vol.4. – P. 69-83.
- 82 Borra C. R., Pontikes Y., Gerven T.V. Leaching of rare earths from bauxite residue (red mud) // J. Minerals Engineering. – 2015. – Vol.15 (76). – P.20-27.
- 83 Huixin J., Hua W., Jungi L., Investigation on ore characteristics of REE-bearing phosphorite deposit in Xinhua Gezhongwu ore zone // Chinese Journal of Rare Metals.- 2007. – Vol. 31(3).
- 84 Hamza M.F. Integrated treatment of tailing material for the selective recovery of uranium, rare earth elements and heavy metals // J. Minerals Engineering. – 2019. – Vol.133. – P. 138–148.
- 85 Zhang R., Hedrich S., Römer F.,Goldmann D., Schippers A. Bioleaching of cobalt from Cu/Co-rich sulfidic mine tailings from the polymetallic Rammelsberg mine // J. Hydrometallurgy. – 2019. – Vol.197. – P.105443.
- 86 Becker T., Gorham N., Shiers D. W., Watling, H. R.. *In situ* imaging of *Sulfobacillus thermosulfidooxidans* on pyrite under conditions of variable pH using tapping mode atomic force microscopy // J.Process Biochem. – 2011. – Vol. 46. – P. 966-976.
- 87 Bonnefoy V., Grail B.M., Johnson D.B. Salt stress-induced loss of iron oxidoreduction activities and reacquisition of that phenotype depend on rus operon transcription in *Acidithiobacillus ferridurans* // J. Environ. Microbiol. -2018. -Vol. 84.- P. 2795–2817.
- 88 Borilova, S., Mandl, M., Zeman, J., Kucera, J., Pakostova, E., Janiczek, O. Can sulfate be the first dominant aqueous sulfur species formed in the oxidation of pyrite by *Acidithiobacillus ferrooxidans* // J. Microbiol. – 2018. – Vol.9:3134. – P. 75-89.
- 89 Li D., Li R., Ding Z., Xiaofang R. Luo J., Chen J., Zheng J. Tang J. Discovery of a novel native bacterium of *Providencia sp.* with high biosorption and oxidation ability of manganese for bioleaching of heavy metal contaminated soils // J. Chemosphere. – 2019. – Vol.241. – P. 125039.
- 90 Канаев А.Т., Токпаев К.М., Диппель Т.А. Применение железooksисляющих бактерий при выщелачивании урана с месторождения Шантобе. // Сборник трудов конференции. XVII Всероссийская с международным участием школа – семинар по структурной макрокинетике для молодых ученых имени академика А.Г. Мержанова. Черногoловка, ИСМАН, 2019. – С.121-122.
- 91 Канаев А.Т., Аймырзаев К.М., Семенченко Г.В., Канаева З.К., Советова Н.Ж., Токпаев К.М., Шемшеева Ж.Б., Умирбекова Ж.Т., Аманбаева У.И. Укрупненно-лабораторное бактериально-химическое выщелачивание золота из руды

месторождения Бакырчик //Журнал Успехи современного естествознания. – 2017. – № 3.– С. 14-19.

92 Инновационный патент 30800 Республики Казахстан. МПК C22B 3/20, C22B 3/18. Консорциум микроорганизмов *Acidithiobacillus ferrivorans* SU-8, *Acidithiobacillus ferrooxidans* FT-22, *Acidithiobacillus ferrooxidans* FT-23, *Acidithiobacillus thiooxidans* BS, *Sulfobacillus thermosulfidooxidans* ST-12 для выщелачивания цветных металлов из сульфидных руд / Тен О.А., Раманкулов Е.М., Балпанов Д. С., Ханнанов Р.А., Жакупов Е.Ж., Жаппар Н.К., Шайхутдинов В.М., заявитель и патентообладатель ТОО Научно-аналитический центр «Биомедпрепарат». – № KZ 26919 A4,2013. Опубликовано 25.12.2015. Бюл.№ 12. – 5с.

93 Инновационный патент 30358 РК. МПК C22B 3/18, C22B 3/20. Бактериальный консорциум штаммов *Sulfobacillus thermosulfidooxidans* ST-12, *Acidithiobacillus ferrooxidans* BF, *Acidithiobacillus ferrooxidans* FT-22, *Acidithiobacillus ferrooxidans* FT-23, *Acidithiobacillus ferrooxidans* FT-24, *Acidithiobacillus thiooxidans* BS, *Acidithiobacillus ferrivorans* SU-8 для биоокисления сульфидного золотосодержащего сырья / Тен О.А., Раманкулов Е.М., Балпанов Д. С., Ханнанов Р.А., Жакупов Е.Ж., Жаппар Н.К., Шайхутдинов В.М., заявитель и патентообладатель ТОО Научно-аналитический центр «Биомедпрепарат». – № RU 2332455 C2,2008. Опубликовано 15.09.2015. Бюл.№ 9. – 5с.

94 Жаппар Н. К., Тен О. А., Балпанов Д. С., Еркасов Р. Ш, Бакибаев А. А. Бактериальное выщелачивание низкосортной медной руды в перколяционных колоннах // Комплексное использование минерального сырья. – 2018. – № 3. – С.30-37.

95 Исаева А.У., Отарбекова А.А. Исследование эффективности использования жизнедеятельности железоокисляющих бактерий *Thiobacillus ferrooxidans* в биологическом способе доизвлечения металлов из производственных отходов // Materialy IX Vedecko-Prakticka Konference. – Praha Publishing House Education and Science s.r.o, 2013. – С. 68-70.

96 Бактериальное выщелачивание руд и отходов позволит «Казахмыс» и «Казахалтын» увеличить добычу ценных металлов. www.metalmininginfo.kz. от 21.12. 2015.

97 Stutter M.I. The composition, leaching, and sorption behavior of some alternative sources of phosphorus for soils // J. AMBIO. –2015. – Vol. 44 (Suppl 2). – P. 207–216.

98 Jahan I. S., Fatemi F., Firoz-E-Zare M. A., Zolfaghari M. R. Isolation and Characterization of *Acidithiobacillus ferrooxidans* Strain FJS from Ramsar // J. Electronic Journal of Biology. – 2015. – Vol.11(4). – P.138-146.

99 Кулько А.Б. Атлас условно-патогенных грибов рода *Aspergillus* - возбудителей бронхолегочных инфекций / под.ред. А. Б. Кулько. – Москва: "Новости", 2012. – 155 с.

100 Исаева А.У. Роль *Aspergillus niger* Ach1 в биовыщелачивании бедных свинцово –цинковых шлаков Южного Казахстана // Актуальные проблемы сотрудничества в повышении качества высшего образования. Материалы

международной научной онлайн конференции. – Навои Давлат, 2020. – 2 часть. – С.42-44.

101 ChaurASIA P.K., Sharma N. N., Yadav M., Singh S., Mani A., Yadava S., Shashi Bharati L. Fungal assisted bio-treatment of environmental pollutants with comprehensive emphasis on noxious heavy metals: Recent updates // J. Biotechnology and Bioengineering. – 2022. – Vol.120. – Issue 1. – P.57-81

102 Kamenetskaya F.O., Zelenskaya M., Izatulina A., Gurzhiy V., Rusakov A., Vlasov D. Oxalate formation by *Aspergillus niger* on minerals of manganese ores // J. American Mineralogist. – 2022. – Vol.107 (1). – P.100–109.

103 Gavrilesco M. Microbial recovery of critical metals from secondary sources //J. Bioresource Technology. – 2022. – Т. 344. – P. 126208.

104 Gunarathne V., Rajapaksha A.,Vithanage M., Alessi D. Rangabhashiyam S., Naushad H., You S., Oleszczuk P. Ok YS. Hydrometallurgical processes for heavy metals recovery from industrial sludges // J. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. – 2022. – Т.1.52. – №. 6. – С.1022-1062.

105 Li J., Xu T., Xu T., Liu J., Wen J., Gong Sh. Bioleaching metals from waste electrical and electronic equipment (WEEE) by *Aspergillus niger*: a review // J. Environmental Science and Pollution Researc. – 2021. – Vol.28 (5). – P.44622-44637.

106 Шумилова Л. П., Радомская В. И. Биохимическое выветривание пород на примере албынского золоторудного месторождения (приамурье) // Проблемы региональной экологии. – 2022. – №. 3. – С. 26-30.

107 Valix M., Usai F., Malik R.. Fungal bioleaching of grade laterite ores // J.Mineralis Engineering. – 2001. – Vol.14. – № 2. – P.197-203.

108 Qu Y., Lian B., Mo B. Liu C. Bioleaching of heavy metals from red mud using *Aspergillus niger* // J. Hydrometallurgy. –2013. – Vol.136. –P. 71–77.

109 Volkan A., Bayat, Oktay, Bayat, Belgin.Use of *Aspergillus niger* in the bioleaching of colemanite for the production of boric acid // Electronic Journal of Biotechnology. - 2011. -Vol.14. – P.1-10.

110 Rasoulnia P., Mousavi SM. Bioleaching of Precious Metals from an Oil-Fired Ash Using Organic Acids Produced by *Aspergillus niger* in Shake Flasks and Bioreactor // International Journal of Chemical Engineering and Applications. – 2016. – Vol. 7, № 6. – P.365-368.

111 Zhanga N., Li W., Ke Zhangc,Terry Walkera, Peter Thyd, Bryan Jenkinsb,Yi Zhenga. Pretreatment of lignocellulosic biomassusing bioleaching to reduce inorganic elements // J. Fuel. – 2019. – Vol.246. – P. 386-393

112 Pinzari F., Colaizzi P., Maggi O., Persiani A., Schütz R., Rabin I. Fungal bioleaching of mineral components in a twentieth-century illuminated parchment //J. Analytical and bioanalytical chemistry. – 2011. – № 402. – P.1541-50.

113 Patel F., Lakshmi B. Bioleaching of copper and nickel from mobile phone printed circuit board using *Aspergillus fumigatus* A2DS // Braz J Microbiol. – 2021. – Vol.52 (3). – P.1475-1487.

114 Sedlakova-Kadukova, J., Marcincakova, R., Luptakova, A. Vojtko M., Fujda M., Pristas P. Comparison of three different bioleaching systems for Li recovery from lepidolite // J. Sci Rep. – 2020. – Vol.10 (1). – P.14594..

- 115 Faraji F., Rabeeh G., Fereshteh R., Navid A. Fungal bioleaching of WPCBs using *Aspergillus niger*: Observation, optimization and kinetics // Journal of environmental management. – 2018. – Vol.217.7. – P. 775-787.
- 116 Nazanin B.H., Mousavi S.M, Shojaosadati S. Bioleaching of valuable metals from spent lithium-ion mobile phone batteries using *Aspergillus niger* // Journal of Power Sources. – 2016. – Vol.320.– P.257-266.
- 117 Bioleaching of WPCB by *Aspergillus niger*. Project: Bioleaching of PCBs by *Aspergillus niger* / Honours Research Project in the School of Science at the University of the West of Scotland. In fulfilment of the requirements for the module Bioscience Research Project. Johnson J.T., Kelly S. – 2017. – T1. – P 15. – № BIOL10006.
- 118 Науменко А.Ф. Экологические особенности микроорганизмов подземных горных выработок Северной Фенноскандии: автореф. диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук:03.00.16. – Петрозаводск: РАК, 2002. – 36с.
- 119 Petrus, H.T.B.M., Manurung H., Rivky J.A. Amanda R., Astuti W. Bioleaching of Valuable Metals from Spent Catalyst Using Metabolic Citiric Acid by *Aspergillus niger* // Applied Mechanics and Materials. – 2020. – Vol.898. – P.23-28.
- 120 Катола В.М. Морфофункциональные особенности бактерий и микромицетов, вегетирующих в старых отходах золотодобычи // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2014. – №(53). – С.109-113.
- 121 Vakilchap F., Mousavi S.M., Shojaosadati S.A. Role of *Aspergillus niger* in recovery enhancement of valuable metals from produced red mud in Bayer process // Bioresource Technology. – 2016. –Vol.218. – P. 991-998.
- 122 Xu T.J., Ting Y.P. Fungal bioleaching of incineration fly ash: Metal extraction and modeling growth kineticks // J. Enzyme. Microb. Technol. – 2009. –Vol. 44, No 5. – P. 323-328.
- 123 Kidder, D. L., Krishnaswamy, R., Mapes, R. H. Elemental mobility in phosphatic shale during concretion growth and implications for provenance analysis // J. Chem. Geol. – 2003. – Vol.198. – P. 335–353.
- 124 Gholami R. M., Borghei, S. M., Mousavi S. M.. Fungal Leaching of Hazardous Heavy Metals from a Spent Hydrotreating Catalyst // World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2011. – Vol. 76. – P.726-731.
- 125 Castro L., Blázquez M.L., González F., Muñoz J. A.. Bioleaching of Phosphate Minerals Using *Aspergillus niger*: Recovery of Copper and Rare Earth Elements // Metals. -2020. -Vol.10 (978). – P.1-13.
- 126 Mouna H.M.; Baral S.S. A biohydrometallurgical approach towards leaching of lanthanum from the spent fluid catalytic cracking catalyst using *Aspergillus niger* // Hydrometallurgy.-2019. -Vol.184. – P.175–182.
- 127 Alori E., Glick B., Olubukola O .B. Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. Front // Microbiol. -2017. – Vol. 8.- P.971.
- 128 Wang J., Zhao Y.G., Maqbool F. Capability of *Penicillium oxalicum* y2 to release phosphate from different insoluble phosphorus sources and soil // J. Folia Microbiol. – 2021. – Vol. 66(1). – P. 69-77: 32939738

- 129 Jadhav U., Su CH., Chakankar M. and Hocheng H. Leaching of Metals from Waste Silver Oxide-Zinc Button Cell Batteries by *Aspergillus niger* // J. Batteries. – 2018. – Vol. 4,(51). – P.1-7.
- 130 Mubarok M Z., Kusuma H., Minwal W.P., Chaerun S. K. Effects of Several Parameters on Nickel Extraction from Laterite Ore by Direct Bioleaching Using *Aspergillus niger* and Acid Rock Drainage from Coal Mine as an Organic Substrate // Advanced Materials Research. – 2013. – Vol. 825. –P.1-12.
- 131 Jadhav U.U., Analysis of Metal Bioleaching from Thermal Power Plant Fly Ash by *Aspergillus niger* 34770 Culture Supernatant and Reduction of Phytotoxicity During the Process // Appl Biochem Biotechnol. – 2015. – Vol. 175. – P.870-881.
- 132 Petrus H.T.B.M., Manurung H., Rivky A., Rifani A., Widi A. Bioleaching of valuable metals from spent catalyst using metabolic citric acid by *Aspergillus niger* // J. Applied Mechanics and Materials. – 2020. – Vol. 898. – P. 23-28.
- 133 Pazouki, M., Hosseini, S. M. R., Ranjbar M. Ghavipankeh, F. Bioleaching of a High Iron Content Kaolin by *Aspergillus niger*: The Effects of Organic Acids // J. Biosynthesis. – 2007. – Vol.20-21. – P.111-114.
- 134 Jeremic S., Beškoski V.P, Djokic L. Vasiljevic B., Vrvić M.M, Avdalović J., Gojgić Cvijović G., Beškoski L.S, Nikodinovic-Runic J. Interactions of the metal tolerant heterotrophic microorganisms and iron oxidizing autotrophic bacteria from sulphidic mine environment during bioleaching experiments // J Environ Manage. – 2016. – Vol.1(172). – P.151-161.
- 135 Кузнецов А.Е., Градова Н.Б. Научные основы экобиотехнологии / Учебное пособие для студентов. – М.: Мир, 2006. – 504 с.
- 136 Заварзин Г.А. Литотрофные микроорганизмы / Г.А. Заварзин. – М.: Наука, 1972. – 322 с.
- 137 Емцев, В. Т.Общая микробиология: учебник для вузов / В.Т. Емцев, Е. Н. Мишустин.- Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 248 с.
- 138 Maoxia Ch.,Yangwu Ch., Shiyang D., Shuhuan L., Houzhen Zh., Zhouliang T., Xudong L. Mixed nitrifying bacteria culture under different temperature dropping strategies: Nitrification performance, activity, and community // J. Chemosphere. – 2018. – Vol.195. – P.800-809.
- 139 Weifang H., Wenlong Zh., Linhai Zh., Xianbiao L., Chuan T., Derrick Y.F. L., Yuehmin Ch., Congsheng Z. Short-term changes in simulated inundation frequency differentially affect inorganic nitrogen, nitrification, and denitrification in estuarine marshes // J. Ecological Indicators. – 2019. – Vol.107. – P. 215-230.
- 140 Thallner S., Hemmelmaier C., Martinek S., Schnitzhofer W. Bioleaching for Removal of Chromium and Associated Metals from LD Slag // 22nd International Biohydrometallurgy Symposium. – Solid State Phenomena, 2017. – P.79-83.
- 141 Singh, P., Singh, A., Kumar, A., Singh, M. Mixed bacterial consortium as an emerging tool to remove hazardous trace metals from coal // J. Fuel. -2012.-Vol.102.– P. 227–230.
- 142 Кальдерные микроорганизмы / Под ред. Г. А. Заварзина. – М.: Наука, 1989. – 120 с.

- 143 Каравайко Г.И., Дубинина Г.А., Кондратьева Т.Ф. Литотрофные микроорганизмы окислительных циклов серы и железа // Микробиология. – 2006. – Т. 75, № 5. С. 593 – 629
- 144 Черняк А.С. Основы биотехнологии металлов. – Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2002. – 102 с.
- 145 Garrity G., Brenner D., Kreig N., Staley J. P. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 2004. – Vol. 2 Part A. – P.340. DOI:10.1007/0-387-28021-9
- 146 Слободкина Г.Б. Новые термофильные анаэробные прокариоты, использующие соединения азота, серы и железа в энергетическом метаболизме: диссертация на соискание учёной степени доктора биологических наук: 03.02.03/ Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского ФИЦ Биотехнологии РАН. – Москва, 2018. 256 с. Инд.№ 918-3/442.
- 147 Заулочный П. А. Интенсификация технологии бактериального выщелачивания упорных золотосульфидных концентратов с использованием ассоциации микроорганизмов, включая умеренно-термофильные бактерии: автореф. диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 25.00.13 - Обогащение полезных ископаемых. – Москва: ФГУП ЦНИГРИ, 2011.- 29 с.
- 148 Govarathanan M., Lee G.W., Park J.H., Kim J.S., Lim S.S., Seo S.K., Cho M., Myung H., Kamala-Kannan S., Oh B.T. Bioleaching characteristics, influencing factors of Cu solubilization and survival of *Herbaspirillum* sp. GW103 in Cu contaminated mine soil // J. Chemosphere. –2014. – Vol.109.- P. 42-48. doi: 10.1016/j.chemosphere.
- 149 Максимова А.В. Повышение степени извлечения золота при бактериальном тионовом выщелачивании из труднообогатимых золотосодержащих руд: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических: 05.16.02 / Национальный минерально-сырьевой университет "Горный". – Санкт-Петербург, 2016.-129с.
- 150 Watling, H.R. The bioleaching of nickel sulphides // J. Hydrometallurgy.- 2008. – V.91. №1-4. – P. 70-88.
- 151 Bhatti T.M., Bigham J., Vuorinen A., Tuovinen O. Chemical and bacterial leaching of metals from black schist sulfide minerals in shake flasks // International Journal of Mineral Processing. – 2012. – Vol.110-111. – P.25-29
- 152 Yang, C., Qin, W., Lai S., Jun W., Zhang Y., Jiao F., Ren L. Zhuang T., Chang Z. Bioleaching of a low grade nickel-coppercobalt sulfide ore // J. Hydrometallurgy. – 2011. –V.106, N1-2. –P.32-37. DOI:[10.1016/j.hydromet.2010.11.013](https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2010.11.013)
- 153 <https://www.kazminerals.com/kz/about-us/focused-on-copper/> ресми сайты 10.02.2022ж.
- 154 <http://umts.kazakhmys.kz/> ресми сайты. 21.02.2021 ж.
- 155 Brierley J.A., Brierley C.L. Present and future commercial applications of biohydrometallurgy // J. Hydrometallurgy. – 2001. – Vol. 59. – P. 233–239.
- 156 <https://kazakhaltyn.kz/contacts.html> ресми сайты. 15.08.2020ж.
- 157 Abhilash Pandey B.D., Natarajan K.A. Microbiology for minerals, metals, materials and the environment / edited by Abhilash, Pandey B. D, Natarajan K. A. – CRC press, 2015. – 608 p.

- 158 Kakareka E. V. Industrial ecology: a Textbook / M. G. Yasoveyev, E. V. Kakareka; Ed. Jasaveev. – M.: research center INFRA-M, New. knowledge, 2017. – 292 p.
- 159 Venkateshwara R.D., Shivannar C.T, Gaddad S. M. Bioleaching of copper from chalcopyrite ore fungi // J. Indian Journal of Experimental biology. – 2002. – Vol.40. – P.319-324.
- 160 Prakash K. Singh, Asha Lata Singh, Aniruddha Kumar, M.P. Singh. Mixed bacterial consortium as an emerging tool to remove hazardous trace metals from coal // J. Fuel. – 2012. – Vol.102. – P.227–230.
- 161 Meshram P., Prakash U., Bhagat L, Abhilash, Zhao H., Eric D., Hullebusch D.V. Processing of Waste Copper Converter Slag Using Organic Acids for Extraction of Copper, Nickel, and Cobalt // J.Minerals. – 2020. – Vol.10 (3). – P.290.
- 162 Song S., Sun W., Wang L., Liu R., Han H., Hu Y., Yang Y. Recovery of cobalt and zinc from the leaching solution of zinc smelting slag // J. Environ. Chem. Eng. – 2019. – Vol.7. –P.102777. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2018.11.022>
- 163 Pradip K. J., CS.K. Mishra, Behera D. K., Mishra S., Sukla L. B. Dissolution of heavy metals from electrostatic precipitator (ESP) dust of a coal based sponge iron plant by fungal leaching // African Journal of Environmental Science and Technology. – 2012. – Vol. 6 (4). – P.208-213.
- 164 Gentina J.C., Acevedo F. Application of bioleaching to copper mining in Chile // Electronic Journal of Biotechnology.-2013. – Vol. 16. -No. 3. – P.1-12.
- 165 Doshi J.S., Mishra S. Bioleaching of Lateritic Nickel Ore using Chemolithotrophic Micro Organisms (*Acidithiobacillus ferrooxidans*). A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Bachelor of Technology In Chemical Engineering By Jayesh Doshi Soumya Darshan Mishra under the Guidance of Prof. G. K. Roy. Department of Chemical Engineering National Institute of Technology.– Rourkela, 2007. – P.58.
- 166 Lavalle L., Giaveno A., Pogliani C., Donati E. Bioleaching of a polymetallic sulphide mineral by native strains of *Leptospirillum ferrooxidans* from Patagonia Argentina // J. Process Biochemistry. – 2008. – Vol. 43. – P.445-450.
- 167 Канаев А.Т., Булаев А.Г., Семенченко Г.В., Канаева З.К., Шилманова А.А. Биоокисление сульфидной золотосодержащей руды с последующим обезвреживанием остатков цианирования // Прикладная биохимия и микробиология. -2016. –Т.52. – No 4. -С. 392- 401.
- 168 Issayeva A., Zhumadullayeva A., Issayev E., Tleukeyeva A. The Influence of the Lead-Zinc Slags Fractional Composition and the Type of Microorganisms for the Processes of Metals Bioleaching // International Journal of Ecosystem. – 2016. –Vol. 6 (3), -P.59-63.
- 169 Митрофанова В.И. Аналитическая химия. Лабораторный практикум. III часть – количественный анализ (гравиметрические и титриметрические методы): учебное пособие. –Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2018.-88 с.
- 170 МЕСТ 14180-80 (СТ СЭВ 899-78). Сынамаларды іріктеу және дайындау әдістері, химиялық талдау және ығалды анықтау.

- 171 МЕСТ 3885-73 – Реактивтер мен ерекше таза заттар. Қабылдау, сынауықтарда таңдау, мөлшерлеу, қораптау, тасымалдау мен сақтау.
- 172 МЕСТ 12.1.004-91 – Еңбек қауіпсіздігіне арналған стандарттар жүйесі. Өрттен сақтану қауіпсіздігі. Жалпы талаптар.
- 173 МЕСТ 12.1.005-88 – Еңбек қауіпсіздігі стандарттарының жүйесі. Жұмыс аймағындағы ауаға қойылатын жалпы санитарлық-гигиеналық талаптар.
- 174 МЕСТ 12.1.008–76 – Еңбек қауіпсіздігі стандарттарының жүйесі. Биологиялық қауіпсіздік. Жалпы талаптар.
- 175 МЕСТ 12.4.011-89 – Еңбек қауіпсіздігі стандарттарының жүйесі. Жұмысшыларды қорғау құралдары. Жалпы талаптар және жіктеу.
- 176 МЕСТ Р ИСО 7523-2016. Күміс, мышьяк, висмут, кадмий, қорғасын, сурьма, селен, қалайы, теллур және таллийдің анықтамалары. Электротермиялық атомизациямен атомды сінірудің спектрометриялық әдісі.
- 177 ТҚНҚ 16.1:2.2:2.3.36-02. Топырақтың сандық химиялық талдауы. – М., 2022.- 216.
- 178 МЕСТ 14.1:2:4.140-98 – Атомдық абсорбциялық спектроскопия: талдау объектілері, орындалған стандарттар
- 179 Barbara L. D., Christine M.C. X- ray Powder Diffraction (XRD). Integrating Research and Education. Geochemical Instrumentation and Analysis, 2019. <https://serc.carleton.edu/18400>.
- 180 СТ РК ИСО 17294-2-2006. Су сапасы. Индуктивті плазмалы байланысқан масс- спектрометрияны қолдану (ISP-MS). 2 бөлім: 62 элементті анықтау.
- 181 МЕСТ Р 58605-2019 – Апатит кендері-өндірілген нефелин. Техникалық шарттар.
- 182 МЕСТ Р 57758-2017 – Ресурстарды үнемдеу. Қалдықтарды өңдеу. Зертханалық сынамадан аналитикалық ілмектерді дайындау.
- 183 Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю. Методы анализа природных вод. – Москва: Недра, 1970. – 488 с.
- 184 Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия, 1984. – 204-207 с.
- 185 Чеснокова С.М. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды: учебное пособие. В 2 ч. Ч.2. Методы биотестирования / С.М. Чеснокова, Н.В. Чугай; Владим.гос.ун-т. – Владимир: Изд-во ВГУ, 2008. – 92 с.
- 186 МЕСТ 31942-2012 (ISO 19458:2006) Микробиологиялық талдаулар жүргізу үшін сынамалар алу.
- 187 Лабораторный практикум по микробиологии: учебное пособие / под. ред. Е. Р. Грицкевич [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 113 с.
- 188 Еремина И.А., Кригер О.В. Лабораторный практикум по микробиологии: учебное пособие / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2005. – 112 с.
- 189 Унифицированные методы исследования качества вод. Часть IV. Методы микробиологического анализа вод. – М.: «СЭВ», 1975. – 35с.
- 190 МЕСТ 29169-91 – Зертханалық шыны ыдыстар. Бір белгісі бар пипетакалар.
- 191 МЕСТ 29224-91 – Зертханалық шыны ыдыс. Сұйықтыққа арналған шыны

- зертханалық термометрлер. Қондырғы принциптері, құрастыру және қолдану.
- 192 МЕСТ 25336-82 – Зертханалық шыны ыдыстар мен жабдықтар. Түрлері, негізгі параметрлері және өлшемдері.
- 193 МЕСТ Р ИСО 14937-2012. Стерильдеу агентінің сипаттамаларын айқындауға және медициналық бұйымдарды әзірлеуге, валидациялауға және стерильдеу процесін ағымдағы бақылауға қойылатын жалпы талаптар.
- 194 МЕСТ 6709-72 – Дистилденген су. Техникалық жағдайлар.
- 195 МЕСТ 24104-2001 – Зертханалық таразы. Жалпы техникалық талаптар.
- 196 МЕСТ 9284-75 – Микропрепараттарға арналған заттық шынылар.
- 197 МЕСТ 13739-78 – Микроскопияға арналған иммерсиялық май. Техникалық талаптары. Зерттеу әдістері.
- 198 Определитель бактерий Берджи. / Под.ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли и С. Уилльямса. В 2 т. Т.1. пер.с англ. М.: Мир,1997. – 432 с.
- 199 Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М.Определитель патогенных и условно патогенных грибов / Пер. с англ. К. Л. Тарасова и Ю. Н. Ковалева; Под ред. И. Р. Дорожковой. –М.: Мир, 2001. – 468 с.
- 200 PureLink™ Genomic DNA Kits. For purification of genomic DNA. Catalog nos. K1820-01, K1820-02, K1821-04. Version A.13. – 2007. –P.25-1012.
- 201 Kulik T. Detection of Fusarium tricinctum from cereal grain using PCR assay // J. Appl Genet. – 2008.– Vol 49 (3). – P.305–311.
- 202 Schabenberger O., Pierce F. J. Contemporary Statistical Models for the Plant and Soil Sciences. –New York: CRC Press, 2002.
- 203 Сулейменов Г.С., Вернер В. Ф., Орлова Г. В., Абдувалиев Т. А. Электротермические фосфорные шлаки – сырье для получения стеклокристаллических материалов; [Отв. ред. Н. М. Павлушкин]. – Алма-Ата: Наука, 1976. – 211 с.
- 204 Merlino S. Perchiazzi N. Modular minerlogy in the cuspidine group of minerals // J. Canadian Mineralogist. – 1988. – Vol. 26. – P. 933-943
- 205 Даминев Р. Р., Голощапов А. П., Исламутдинова А. А., Мунасыпов А. М.. Оценка токсичности азот: и фосфорсодержащего дезинфектанта:ингибитора коррозии с помощью биотестирования // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т.18. – № 2. – С.207-208.
- 206 Биологический контроль окружающей среды: Биоиндикация и биотестирование / Мелехова О.П., Егорова Е.И., Евсеева Т.И. и др.; под.ред. Мелеховой О.П., Егоровой Е.И. – М.: «Academia», 2007. – 288с.
- 207 Ахмет А., Исаева А.У., Панкиевич Р., Нарымбаева З.К. Оценка влияния фосфорсодержащих отходов на гидробионтов // Материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции (с международным участием) «От биопродуктов к биоэкономике». –Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2021. – С 159-164.
- 208 Ахмет А., Исаева А.У. Құрамында фосфоры бар өндірістік қалдықтардың тест-өсімдіктердің морфометрикалық көрсеткіштеріне әсері // «Микробиология, биотехнология және биоалуантүрліліктің өзекті мәселелері» халықаралық ғылыми – практикалық конференция жинақтары. –Нұр-Сұлтан: Л.Н.Гумилев ат.ЕҰУ баспасы, 2021. – 4-7 б.

- 209 Ахмет А., Исаева А.У. Фосфор қалдықтарының тест-өсімдіктерге фитоуыттылығын бағалау //әл-Фараби КазҰУ. Хабаршы. Биология сериясы. – 2022. –Т 91, № 2. 27-36 б.
- 210 Исаева А.У., Панкиевич Р., Отарбекова А. А., Рубцова Л.В. Микрофлора фосфорсодержащих отходов Южного Казахстана // КазНУ им. Аль-Фараби. Вестник журнал. Серия Биологическая. – Алматы, 2020. – № 1 (82). – С. 96-108.
- 211 Исаева А.У., Панкиевич Р., Отарбекова А.А. Оңтүстік өңіріндегі құрамында фосфоры бар қалдықтарының микробиологиялық анализі // Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті. Хабаршы. Биология сериясы. – Алматы, 2020. – № 3 (84). 39-46 б.
- 212 Issayeva A. U., Pankiewicz R., Otarbekova A. A. Bioleaching of Metals from Wastes of Phosphoric Fertilizers Production // Polish Journal Environmental Studies. – 2020. – Vol. 29. – No. 6. – P.4101-4108.

ҚОСЫМША А

Фосфор қалдықтары бойынша сынақталу актілері

Ф.7.07-15

КЕЛІСІЛДІ

ҒЖ және И жөніндегі проректор
М.Әуезов ат. ОҚМУ

Сүлейменов У.С.



БЕКІТЕМІН

«Қайнар» қалдықтарды қайта өңдеу және
минералдық тыңайтқыштар өндірістік компаниясы
директоры

Стамбеков К.К.

«12» 11 2021 ж.



Техникалық мамандықтар бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелерін өндіріске
енгізу

АКТІ N056

22.12.21.

Біз, төмендегі «Қайнар» ЖШС өкілдері К.К.Стамбеков, А.У. Урусбаев және М. Ауезов ат. ОҚУ профессоры, б.ғ.док. А.У. Исаева, «Биотехнология» кафедрасының докторанты А. Ахмет ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелерін осы актімен растаймыз.

«Биотехнология» кафедрасында 2018-2021ж. орындалған докторант А. Ахметтің «Оңтүстік Қазақстанның фосфорқұрамдас қалдықтарынан бағалы компоненттерді биосілтсіздендірудің технологиясы» тақырыбы бойынша орындалған докторлық диссертациялық жұмыстың 4.0 Шымкент қаласындағы құрамында фосфоры бар қалдықтардан бағалы компоненттерді биосілтсіздендірудің технологиясын дайындау бөлім нәтижелерін ЖШС «Қайнар» қалдықтарды қайта өңдеу және минералдық тыңайтқыштар өндірістік компаниясы өндірісіне енгізілді.

Енгізілген нәтиже түрі: Құрамында фосфор бар қалдықтардан металдарды биосілтсіздендірудің 3 сатылы технологиясын пайдалану бойынша өндіріске енгізу.

Құрамында фосфоры бар шлактардан бағалы компоненттерді биосілтсіздендіру жолымен алудың үш сатылы технологиялық сызбасы дайындалды.

1-ші сатыда СЖЭ шығаруға ықпал ететін *Acidithiobacillus ferrooxidans* ThiO1, ThiO2 штамдарынан тұратын TiAl консорциумы қолданылады. 2-ші сатыда R, Rb, Zr, Ag, Ba, Pb металдар кешенін алуға ықпал ететін микромицеттердің *Aspergillus niger* AsIA және *Aspergillus tubingensis* AsPN штамдарынан құралған ANAT консорциумын қолдану ұсынылады. 3-ші сатыда Co, Cu, Ag, Ce металдар кешенін алуға ықпал еткен нитрификацияның 1 фазасы бактерияларының *Nitrosomonas europaeae* Nit1, *Methyloversatilis thermotolerans* MSO штамдарынан тұратын NEMFOS консорциумын қолдану ұсынылды.

Енгізудің саласы және түрі: Өндірістік биотехнология

Енгізудің тиімділігі: Ұсынылып отырған ғылыми – зерттеу нәтижелері өндірістік қалдықтарды қайта өңдеуде, құрамынан бағалы компоненттерді қайта бөліп алуда микроағзаларды пайдалануға әдістемелік нұсқау бола алады. Қоршаған ортаның ластануынан зақымды экономикалық бағалауда келтірілген залалды экономикалық бағалау ережесіне сай пайдалануға ұсыным бола алады.

Қорытындылар мен ұсыныстар: Ұсынылып отырған зерттеу деректері мен нәтижелері қауіпті қалдықтарды қайта өңдеу өнеркәсібінде қалдықтардың нұсқаулық ретінде пайдалануға жарамды.

1. Қосымша: Сынақ АКТі (сынақталу актісі)

ЖОО тарапынан

АҒД директоры Назарбек Ұ.Б.

(қолы)

ҒҚУ жетекшісі Серкебаев М.

(қолы)

Ғылыми жетекші Исаева А. У.

(қолы)

Орындаушы Ахмет А.

(қолы)

«11» 11 2021 ж.

Кәсіпорын тарапынан

Өндіріс бойынша басшының
орынбасары Урусбаев А.У.

Техникалық-қоспарлау бөлімінің инженері

Т.А.Ә.

(қолы)

Еңбекті қорғау және техника қауіпсіздігі жөніндегі
инженер Т.А.Ә.

(қолы)

«11» 11 2021 ж.

ҚОСЫМША А

Ф.7.07-15

КЕЛІСІЛДІ

ҒЖ және И жөніндегі проректор
М.Әуезов ат. ОҚМУ

Сүлейменов У.С.
«12» 11 2021 ж.



БЕКІТЕМІН

«Қайнар» қалдықтарды қайта өңдеу және
минералдық тыңайтқыштар өндірістік компаниясы
директоры Стамбеков К.К.

«12» 11 2021 ж.



Техникалық мамандықтар бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелерін өндіріске
енгізу
АКТІ N057

Біз, төмендегі «Қайнар» ЖШС өкілдері Стамбеков К.К., Урусбаев А.У. және М. Әуезов ат. ОҚУ профессоры, б.ғ.док. Исаева А.У., «Биотехнология» кафедрасының докторанты Ахмет А. ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелерін осы актімен растаймыз.

«Биотехнология» кафедрасында 2018-2021ж. орындалған докторант А. Ахметтің «Оңтүстік Қазақстанның фосфорқұрамдас қалдықтарынан бағалы компоненттерді биосілтісіндірудің технологиясы» тақырыбы бойынша орындалған докторлық диссертациялық жұмыстың 3.1.2. Құрамында фосфоры бар қалдықтардың тест-нысан ағзаларға уыттылығын бағалау бөлім нәтижелерін ЖШС «Қайнар» қалдықтарды қайта өңдеу және минералдық тыңайтқыштар өндірістік компаниясы өндірісіне енгізілді.

Енгізілген нәтиже түрі: Құрамында фосфор бар қалдықтардың уыттылық деңгейін биотестілеу бойынша нұсқау:

Шлактың $1,0 \pm 0,1\%$ концентрациясы гидробионтты ағзалар мен жоғары сатыдағы мәдени өсімдіктер үшін «өсу стимуляторы» ретінде әсер беретін концентрация болып нақтыланды.

Қалдықтардың $5,0 \pm 0,5\%$ көлемді концентрациясы әлсіз уытты уытты концентрация, өткір уыттылық белгілерінен кейін бейімдеушілік реакциялары қалыптасып, тірішілдіктің қабілеттері пайда болатыны анықталды.

Шламның $10,0 \pm 0,9\%$ жоғары концентрация гидробионтты ағзалар мен жоғары сатыдағы мәдени өсімдіктер ағзасы созылмалы уыттылық дәрежесін тудыратын концентрация болып анықталды.

Қалдықтардың уыттылық дәрежесіне қарай тест-ағзалардың төзімділік деңгейі жоғары болып: цианобактериялар: *Oscillatoria limosa*, *O. tenuis*, диатомды балдырлар *N.elegans*, *N. gracilis*, *C. ventricosa* *Chlorococcum sp.*, *Ch. vulgarus* балдырлары, *Euglenophyta*, *Ciliophora* төзімділік деңгейі жоғары ағзалар болып саналды.

Енгізудің саласы және түрі Экологиялық биотехнология

Енгізудің тиімділігі: Ұсынылып отырған ғылыми – зерттеу нәтижелері мен әдістемелік нұсқаулықтар өндірістік қалдықтарды қайта өңдеуде биотестілеу әдістерін меңгеруде әдістемелік нұсқау бола алады.

Қорытындылар мен ұсыныстар: Ұсынылып отырған зерттеу деректері мен нәтижелері қауіпті қалдықтарды қайта өңдеу өнеркәсібінде қалдықтардың уыттылық көрсеткішін анықтауда әдістемелік нұсқаулық ретінде пайдалануға жарамды.

1. Қосымша: **Сынақ АКТІ (сынақталу актісі)**

ЖОО тарапынан
АҒД директоры Назарбек Ұ.Б.
(қолы)

ҒҚУ жетекшісі Серкебаев М.
(қолы)

Ғылыми жетекші Исаева А. У.
(қолы)

Орындаушы Ахмет А.
(қолы)

«11» 11 2021 ж.

Кәсіпорын тарапынан
Өндіріс бойынша басшының
орынбасары Урусбаев Асылбек
Уразалиевич

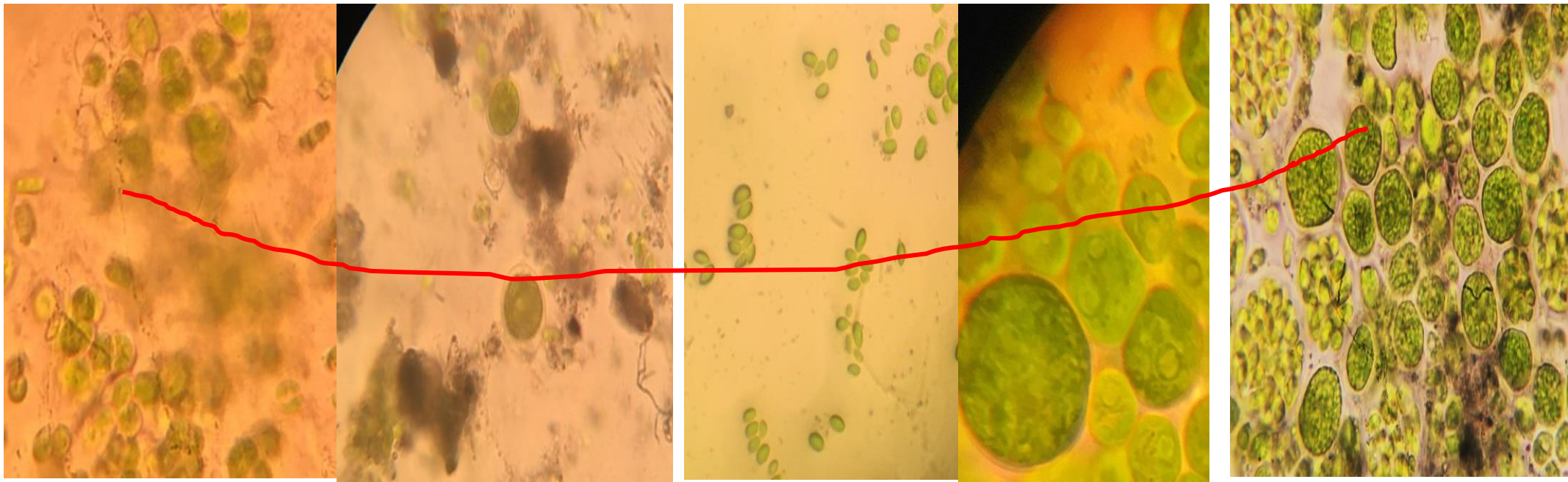
(қолы)

Техникалық-жоспарлау бөлімінің инженері
Т.А.Ә. Хайтмедес
(қолы)

Еңбекті қорғау және техника қауіпсіздігі жөніндегі
инженер Т.А.Ә.
(қолы)

«10» 11 2021 ж.

ҚОСЫМША Б



А

Б

В

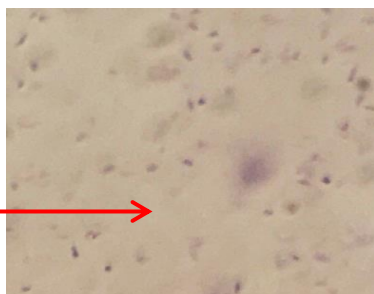
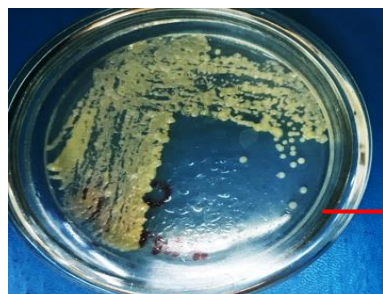
Г

Д

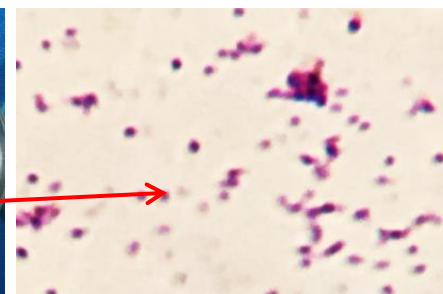
А тәжірибеге дейінгі ; Б – 24 сағаттан кейінгі; В – 48 сағаттан кейінгі; Г – 96 сағаттан кейінгі; Д – 30 күннен кейінгі

Сурет Б.1 – *C. vulgaris* балдырының құрамында фосфоры бар қалдықтардың $10,0 \pm 0,9$ % концентрациясында өсу динамикасы

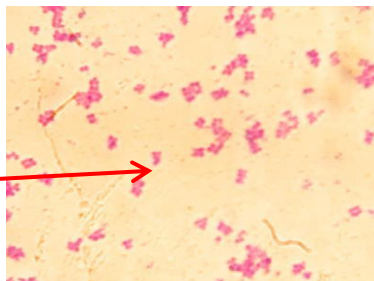
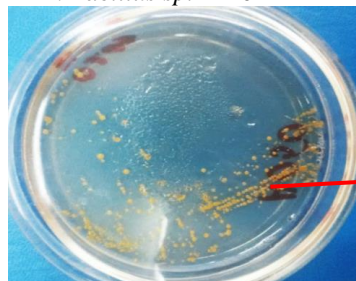
ҚОСЫМША В
ФОСФОРҚҰРАМДАС ҚАЛДЫҚТАРДАН БӨЛІП АЛҒАН МИКРОАҒЗАЛАР КОЛОНИЯЛАРЫ



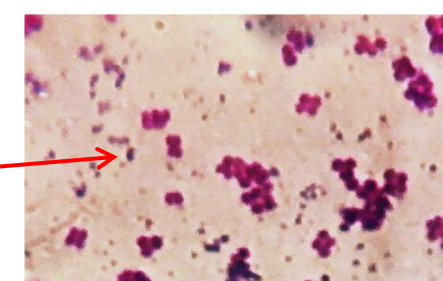
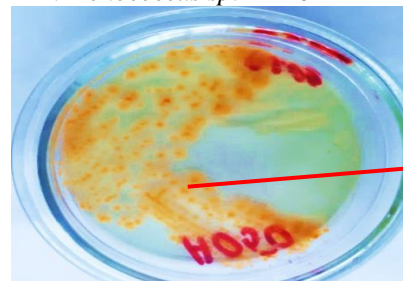
А-1. *Bacillus sp.* BF20 штаммы



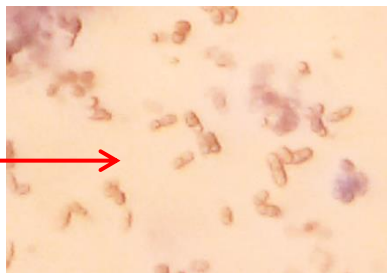
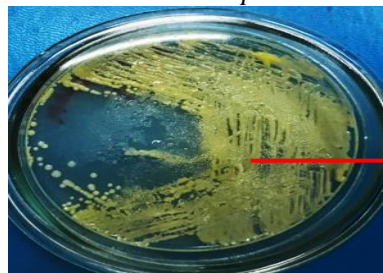
А-2. *Monococcus sp.* MF20 штамм



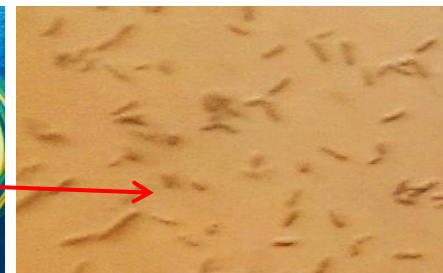
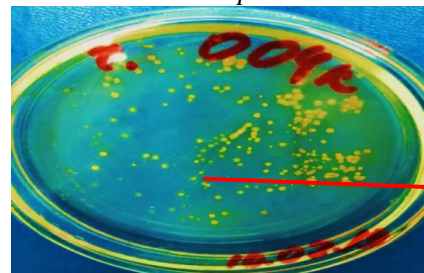
Б-1. *Micrococcus sp.* МФ30 штаммы



Б-2. *Micrococcus sp.* MFG10 штаммы



1
В үлгіден бөлініп алынған *Bacillus sp.* ВФШ штаммы



2
Bacillus sp. В10 штаммы

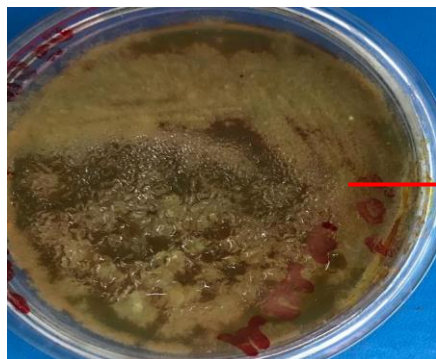
Ескерту: А-1. А үлгілерден бөлініп алынған *Bacillus sp.* BF20 штаммы ; б- А-2. Б үлгілерден алынған *Monococcus sp.* MF20 штамм үлгісі

Б -1. Б үлгіден бөлініп алынған *Micrococcus sp.* МФ30 штаммы, Б-2. Г үлгіден бөлінген алынған *Micrococcus sp.* MFG10 штамм

В -Д үлгіден бөлініп алынған таза дақыл үлгілері: 1- *Bacillus sp.* ВФШ штаммы, 2- *Bacillus sp.* В10 штаммы.

Сурет В. 1 – Фосфор қадықтарындағы гетеротрофты микроағзалар колониялары

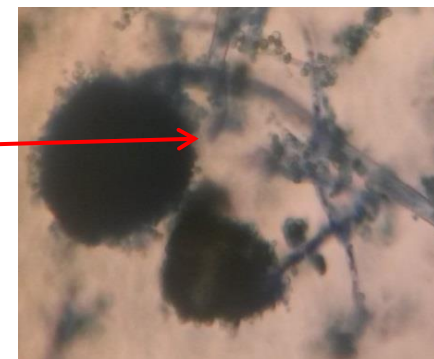
ҚОСЫМША В



А а- *Aspergillus sp.* АІОА 20 штаммы



б- штамм ІОР *Aspergillus sp.* үлгісі



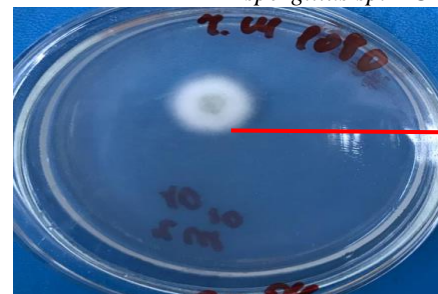
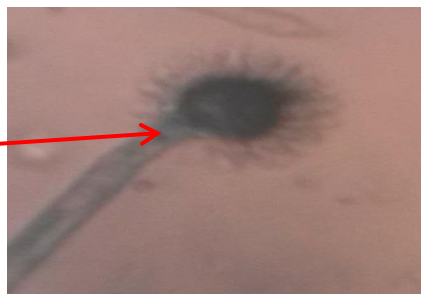
Б - *Aspergillus sp.* ІОФМ 10 штаммы (1)



Aspergillus sp. ІОФМ 10 штаммы (2)

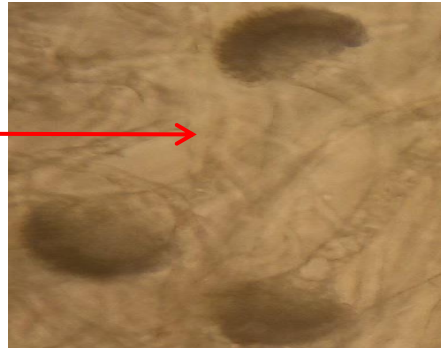
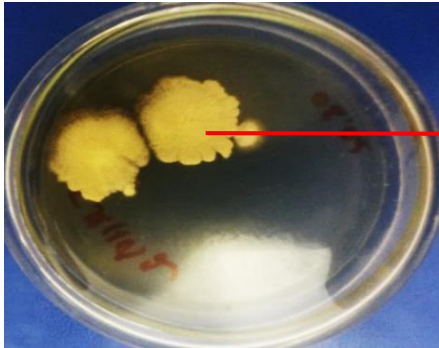


В - *Aspergillus sp.* АФМ штаммы

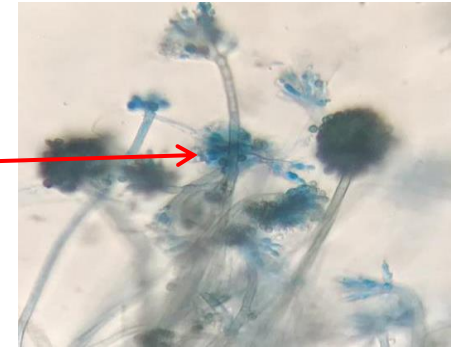
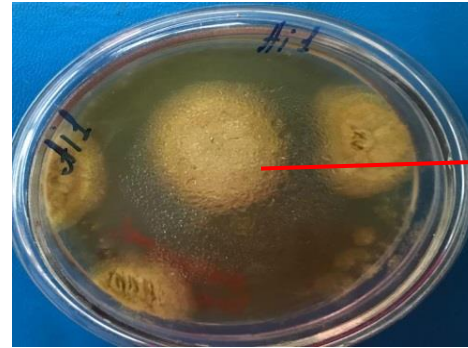


Aspergillus sp. АІМАО штаммы

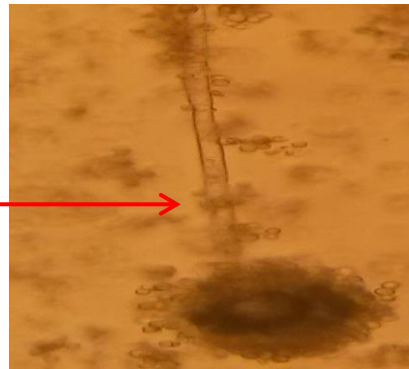
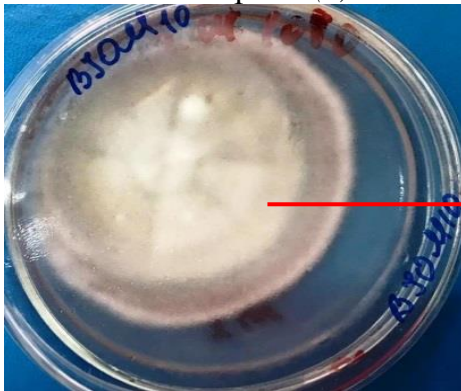




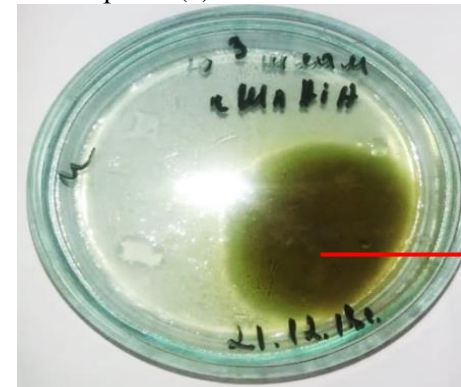
Г- штамм ІОМ үлгісі (1)



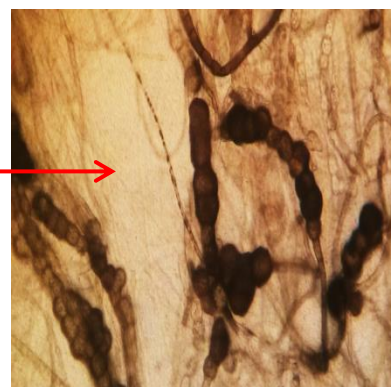
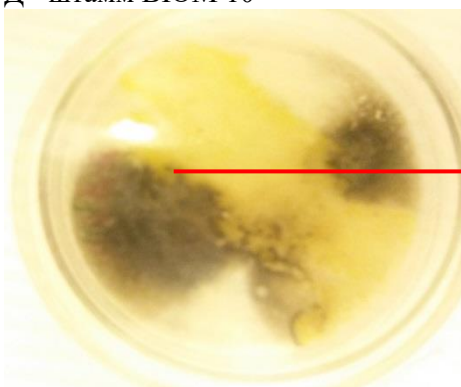
штамм Аі1 үлгісі (2)



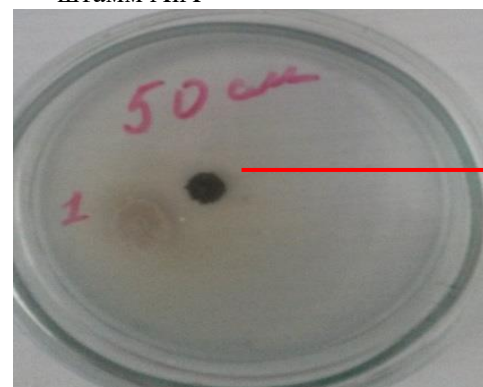
Д - штамм ВІОМ 10



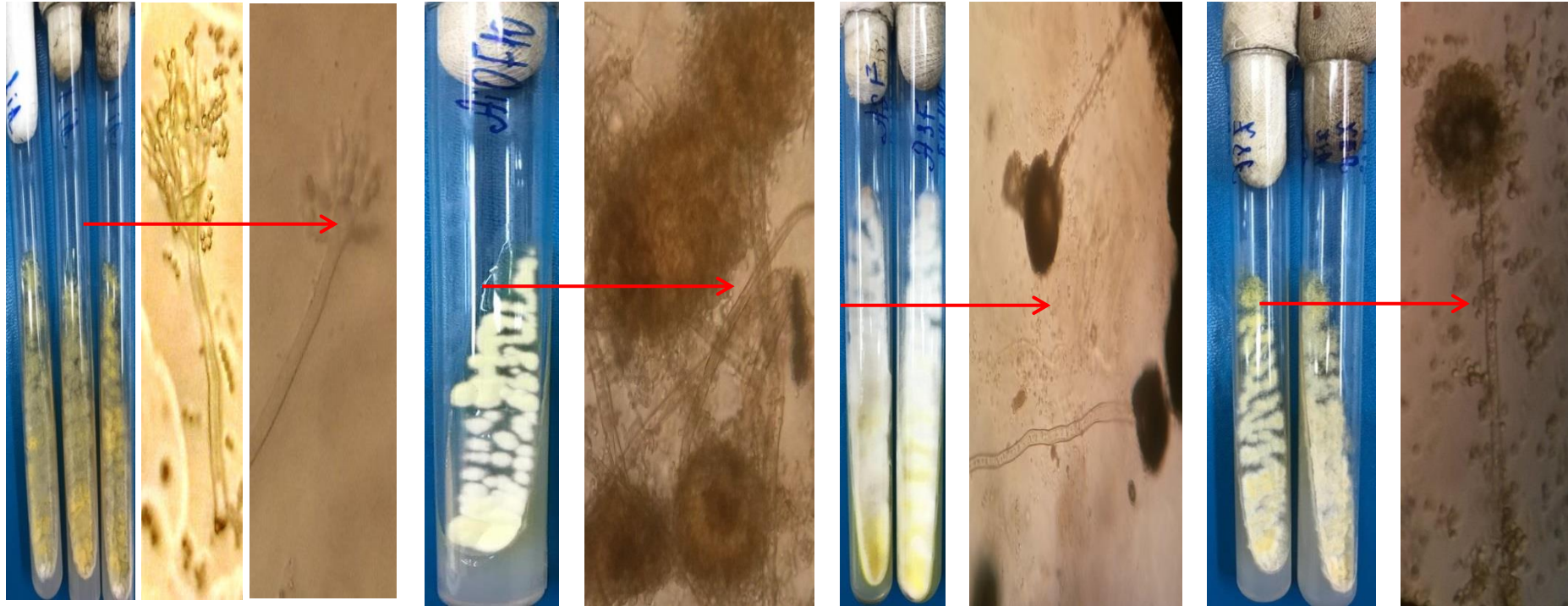
штамм АіА



Е штамм FM (1)



штамм АіAF50 (2)



Ж штамм АІО50 үлгісі (1)

штамм АіOF10 үлгісі (2)

ASF штаммы (3)

АOSh штамм үлгісі (4)

Ескерту: А - А- үлгілерден бөлініп алынған: 10-20 см а- *Aspergillus sp.* АІОА 20 штаммы, б- 20-30 см. -штамм ІОР *Aspergillus sp.*; үлгісі

Б - В үлгілердің 20-30 см бөлініп алынған: *Aspergillus sp.* ІOFM 10 штаммы (1); *Aspergillus sp.* ІOFM 10 штаммы (2)

В- Г- үлгі : 10-20см: 1- Б үлгілердің 20-30 см тереңдіктен алынған штамм АFM және штамм АІМАО үлгілері;

Г - Г үлгінің штамм ІОМ және Аі1 штаммдары 10-20 см тереңдік;

Д - Г үлгінің 40-50 см. Бөлініп алынған штамм ВІОМ 10 штамм (1); АіА штамм (2) үлгісі;

Е - Г үлгі: 30-40 см FM2 штаммы; 40-50 см. АіAF50 штаммы (2)

Ж – Б үлгінің 50 см тереңдігінен бөлініп алынған штамдар үлгісі АІО50 штаммы (1); 10-20 см көлденең жазығынан бөлініп алынған АіOF10 штамм үлгісі (2); ASF штаммы (3); АOSh штамм үлгісі (4)

Сурет В.2 – Фосфор қалдықтарынан бөлініп алынған микромицеттер колониялары мен таза дақылдары

ҚОСЫМША Г

ҚҰРАМЫНДА ФОСФОРЫ БАР ҚАЛДЫҚТАРДЫ ХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ НӘТИЖЕЛЕРІ

Кесте Г.1 –Үйінділі және чанды сілтісіздендіру нәтижелері, ррб:

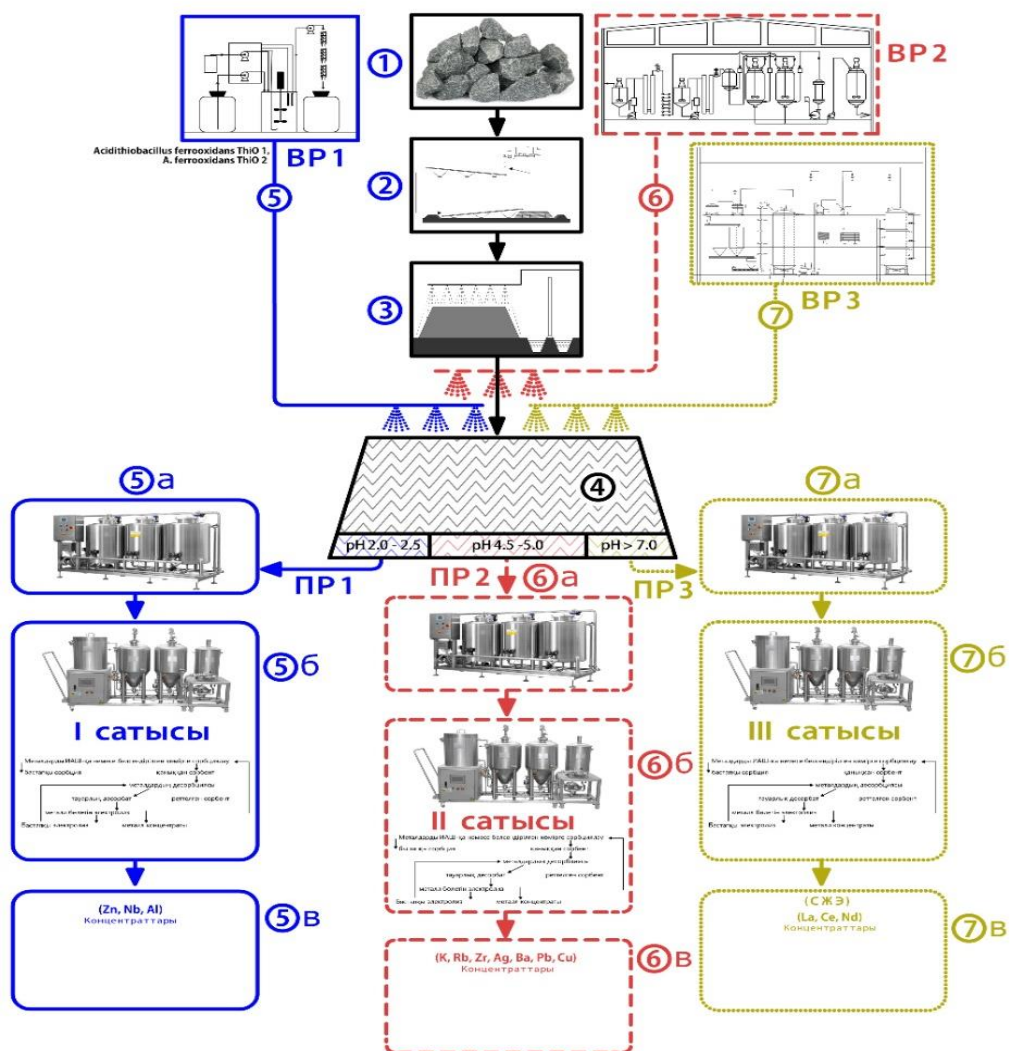
№	Элменттер	ТІАі консорциумы		9 К қоректік ортасы	Күкірт қышқылды	ANAT консорциумы		Чапек қоректік ортасы	NEMfos консорциумы		Виноградский қор.ортасы
		Үйінділі	Чанды			Үйінділі	Чанды		Үйінділі	Чанды	
1	Be	0.00000	0,00000	0.00104	0.00096	0.00000	0,00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00083
2	Mg24	6.71829	6.71822	5.14246	6.25600	6.72954	8.96549	7.57685	6.16974	5.16974	6.64183
3	Al27	4.41838	4.11215	3.93087	4.22913	4.39768	4.72611	4.38834	4.39382	4.21554	3.87560
4	P	23.60278	22.14312	20.15515	21.99532	23.20877	24.73569	25.07526	19.72688	19.87213	23.92263
5	K39	7.33514	8.40611	6.89015	11.19223	13.48000	14.42800	7.07332	19.89686	19.98522	12.44747
6	Ca44	51.08382	49.88412	48.18092	52.24812	48.65857	53.0782	50.68274	42.65894	42.45855	48.60703
7	Ti47	0.19778	0.11934	0.20591	0.76875	0.18806	0.19921	0.20358	0.17983	0.19552	0.17620
8	V51	0.04198	0.13215	0.02997	0.04784	0.03372	0.04394	0.03539	0.02593	0.05883	0.04555
9	Cr53	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
10	Mn55	1.12868	0.21577	0.87947	1.01061	1.17155	1.19411	1.15799	0.91315	0.98926	1.03976
11	Fe57	3.57416	3.45789	13.00852	0.37734	0.00000	0.00000	0.93445	3.08418	0,55400	1.50604
12	Co59	0.00000	0.00014	0.00054	0.00000	0.00000	0.00003	0.00000	0.00556	0.01886	0.00005
13	Ni60	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
14	Cu63	0.00407	0.00514	0.00128	0.00000	0.06631	0.06722	0.03219	0.01361	0.01654	0.00000
15	Zn66	0.47778	0.44912	0.34460	0.00000	0.00097	0.00114	0.32084	0.03687	0.00124	0.28486
16	Ge72	0.01336	0.03114	0.00943	0.01211	0.01304	0.02309	0.01260	0.00608	0.05228	0.01181
17	As75	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
18	Se82	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00408
19	Rb85	0.09588	0.009842	0.07799	0.13726	0.16386	0.16982	0.12396	0.10814	0.10914	0.11240
20	Sr88	0.31488	0.21537	0.26608	0.33060	0.40647	0.49721	0.40251	0.29470	0.59422	0.28898
21	Zr90	0.09028	1.05900	0.08300	0.09749	0.24097	0.22065	0.13840	0.12523	0.15269	0.07595
22	Nb93	0.00125	0.00123	0.00422	0.00229	0.00187	0.00151	0.00198	0.00123	0.00165	0.00225
23	Mo95	0.00000	0.00000	0.00151	0.00132	0.00000	0.03194	0.01316	0.00358	0.00246	0.00000
24	Ag107	0.00984	0.00887	0.00560	0.01136	0.02194	0.02147	0.00939	0.03755	0.04585	0.01178
25	Cd111	0.01003	0.01109	0.00781	0.01179	0.01334	0.0132	0.01559	0.00962	0.05862	0.00914
26	Sn118	0.01616	0.04903	0.01022	0.01428	0.01456	0.01274	0.02247	0.01540	0.01662	0.01293
27	Sb121	0.01497	0.02641	0.01353	0.01720	0.02126	0.02972	0.02133	0.01310	0,11283	0.01312

Кесте Г.1 жалғасы

28	Te125	0.00021	0.00032		000	0,00797	0,00961		0,00012	0,00125	
29	Cs133	0.02320	0.02517	0.01740	0.02510	0.02962	0.03175	0.02803	0.01820	0.02358	0.02074
30	Ba137	0.33154	0.37147	0.32662	0.35110	0.95530	0.85641	0.60458	1.77264	1.8951	0.35690
31	La139	0.00934	0.01018	0.00964	0.01099	0.01213	0.01395	0.01372	0.01626	0.01854	0.00894
32	Ce140	0.01120	0.01215	0.01023	0.01275	0.01576	0.01797	0.01470	0.02304	0.03458	0.01048
33	Pr141	0.00186	0.00941	0.00224	0.00278	0.00244	0.03154	0.00274	0.00174	0.00217	0.00211
34	Nd146	0.00735	0.01117	0.00684	0.00864	0.00865	0.00945	0.00968	0.00620	0.00852	0.00696
35	Ta181	0.00127	0.00331	0.00112	0.00073	0.00045	0.00062	0.00054	0.00030	0.00112	0.00073
36	W182	0.00131	0.00450	0.00457	0.01034	0.00172	0.00195	0.00329	0.00280	0.00814	0.00249
37	Tl205	0.00720	0.00854	0.00534	0.00942	0.00993	0.00997	0.01048	0.00618	0.00895	0.00704
38	Pb...	0.64503	0.61056	0.36379	0.61455	0.69693	1.78123	1.06743	0.43122	0.64522	0.49154
39	Th232	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0,00000	0,00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
40	U238	0.00147	0.00165	0.00194	0.00237	0,00128	0,00142	0.00246	0.00131	0,00149	0.00175

ҚОСЫМША Д

ШЫМКЕНТ Қ. ҚҰРАМЫНДА ФОСФОРЫ БАР ҚАЛДЫҚТАРДЫ ҮШ САТЫЛЫ БИОСІЛТІСІЗДЕНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ СЫЗБАСЫ



1. Құрамында фосфоры бар қалдықтардан штабелді қалыптастыру. 2. Шлактарды күкірт-кышқылды өңдеу. 3. Үш сатылы биосілтісідендіруге арналған штабел. 5- Биосілтісідендіру сатыларына сәйкес микроағзалар негізіндегі биосілтісідендіру ерітінділері (ТІАІ консорциумы). ТІАІ консорциумының берілуі, 5а – өнімді ерітіндіні алу. 5б. Ионалмасушы шайырлар немесе белсендірілген көмірдегі бағалы металдардың сорбциясы. 5в. Zn, Al метал концентраттарының бөлініп шығуы. 6.-ANAT консорциумы – биосілтісідендіру ерітіндісінің берілуі. 6а-6б. Ионалмасушы шайырлар немесе белсендірілген көмірдегі бағалы металдардың сорбциясы. 6в. Сорбенттерден бағалы металдардың десорбциясы және R, Rb, Zr, Ag, Ba, Pb металдарының концентраттарын алу

7. NEMfos консорциумы сақталатын биореактор. 7. а NEMfos консорциумын үрдіске қосу, 7б Белсендірілген көмірде СКЖЭ сорбциясы. Сорбенттерден СЖЭ десорбциясы және электролизды десорбцияға қайтара отырып, катодтағы СЖЭ электролизді бөлініп шығуы. 7в. СКЖЭ La, Ce металдарының концентраттарын алу.

BP – выщелачивающий раствор (сілтісідендіретін ерітінді); ПР – продуктивный раствор (өнімді ерітінді).

Сурет Д.1 – Микроағзалардың үш түрлі консорциумдарын қолдана отырып, фосфорлы қалдықтардан бағалы компоненттерді алудың принципті технологиялық сызбасы

