

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Satbayev University

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

ӘОЖ 622.765

Қолжазба құқығында

Ералиев Аблай Абзалұлы

МАГИСТЕРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

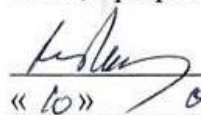
Магистр академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған

Диссертация тақырыбы: «Күлқождық қалдықтардан алтынды бөліп алуды зерттеу»

Дайындық бағыты 7M07223 – Metallургия және пайдалы қазбаларды байыту

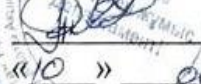
Ғылыми жетекші:

т.ғ.к., профессор

 Шаутонов М.Р.
«10» 06 2021 ж.

Рецензент:

т.ғ.к., «МЖКБИ» АҚ, флотореагенттер және байыту зертханасының жетекші ғылыми қызметкері

 Турысбеков Д.Қ.
«10» 06 2021 ж.

Норма бақылау:

PhD докторы, сениор-лектор

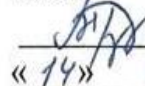
 Дюсенова С.Б.
«10» 06 2021 ж.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Институт Metallургии и
Промышленной инженерии

ҚОРҒАУҒА БЕКІТІЛДІ

МжПҚБ каф. меңгерушісі,

т.ғ.к.

 Барменшинова М.Б.
«14» 06 2021 ж.

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Satbayev University

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

7M07223 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту»

БЕКІТЕМІН

МжПҚБ каф. меңгерушісі

техн.ғылым. канд.

 Барменшинова М.Б.
« 01 » 02 2021 ж.

**Магистрлік диссертацияны орындауға
ТАПСЫРМА**

Магистрант Ералиев Аблай Абзалұлына

Тақырыбы: Күлқождық қалдықтардан алтынды бөліп алуды зерттеу

Университет ректорының 2019 жылғы «03» желтоқсандағы №435-М бұйрығымен бекітілді.

Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі «13» 06 2021 ж.

Магистрлік диссертацияға бастапқы деректер: Степногор ЖЭО-ның күлқождық қалдықтары. Химиялық, физикалық, минералогиялық, фракциялық, елеуші, седиментациялық, кинетикалық спектрлі талдау және тағы басқа талдау әдістері.

Магистрлік диссертацияда әзірленетін сұрақтар тізбесі:

а) Степногор ЖЭЦ-ның күлқождық қалдықтарының гранулометриялық құрамы зерттеу;

б) күлқождық қалдықтардың сынамасындағы пайдалы компоненттердің түрлері мен химиялық құрамы зерттеу;

в) күлқождық қалдықтан бос саф алтынды гравитациялық және магниттік байыту әдістерімен бөліп алуды зерттеу;

г) кинетикалық спектралды талдау әдісімен бастапқы шикізатта және байыту өнімдерінде жуқа дисперсті алтынның үлесі анықтау;

Демонстрациялық графикалық материалды зерттеу нәтижелері кем дегенде 10 слайд ұсынылуы керек.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1 Бекман В.М. Месторождения углей. Геология СССР Т. XX, Центральный Казахстан. Полезная ископаемые. М.: Недра, 1989. с. 135-196.

2 Хамзин В.С., Байдалинов А.Т. О расширении сфер использования минерального сырья. Геология и охрана недр. Алматы. №2, 2003, с. 63-65.

3 Середин В.В. Металлоносность углей: условия формирования и перспективы освоения // Угольная база России. Т. VI (Сводный, заключительный). Основные закономерности углеобразования и размещения угленосности на территории России. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2004. – С. 453–518.

4 Арбузов С.И., Маслов С.Г., Рихванов Л.П., Судыко А.Ф. Формы концентрирования золота и угля // Геология и охрана недр. - Алматы. - 2003. - № 3. - С. 15–20.

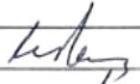
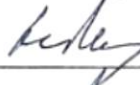
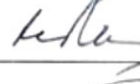
5 Бекман В.М. Месторождения углей. Геология СССР Т. XX, Центральный Казахстан. Полезная ископаемые. - М.: Недра, 1989. - С. 135-196.

Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелер тізбесі	Ғылыми жетекшіге және кеңес берушілерге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Аналитикалық шолу	05.03.2021ж.	орондалады
Талдау мен зерттеудің негізгі әдістері	05.04.2021ж.	орондалады
Тәжірибелік бөлім	05.05.2021ж.	орондалады

Аяқталған магистрлік диссертацияға қатысты диссертацияның бөлімдерін
көрсете отырып, кеңес берушілер мен норма бақылаушының

ҚОЛДАРЫ

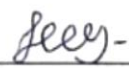
Бөлімнің атауы	Кеңес беруші, А.Ә.Т. (ғыл. дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Аналитикалық шолу	Техника ғылымдарының кандидаты, профессор М.Р. Шаутинов	10.06.2021ж.	
Талдау мен зерттеудің негізгі әдістері		10.06.2021ж.	
Тәжірибелік бөлім		10.06.2021ж.	
Норма бақылау	PhD докторы, сениор- лектор С.Б. Дюсенова	10.06.2021ж.	

Ғылыми жетекші _____



М.Р. Шаутинов

Тапсырманы білім алушы орындауға қабылдады _____ А.А. Ералиев



Күні

« 10 » 06 2021 ж.

АҢДАТПА

Степногор ЖЭО-ның күлқождық қалдықтарының гранулометриялық құрамы, сондай-ақ күлқождық қалдықтардың сынамасындағы пайдалы компоненттердің түрлері мен химиялық құрамы зерттелінді. Күлқождық қалдықтың технологиялық сынамасының гранулометриялық құрамымен, оның гравитациялық байытылуының өзара қатынасы анықталынды. Күлқождық қалдықтан бос саф алтынды гравитациялық және магниттік байыту әдістерімен бөліп алу зерттелінді. Кинетикалық спектрлі талдау әдісімен бастапқы шикізатта және байыту өнімдерінде жұқа дисперсті алтынның үлесі анықталынды.

Степногор ЖЭО күлқождық қалдықтарының гранулометриялық және заттық құрамы және олардың құрамындағы алтынның фракцияларға бөлінуі зерттелінді. Ірілігі $-2 + 0$ мм күлқождық қалдықты затты гравитациялық байытумен, ондағы алтынды гравитациялық концентратқа бөліп алуға (51,06%) болатыны анықталынды. Қолданылған сцинтилляциялық-эмиссиялық спектралды талдаумен зерттелінген күлқождық қалдықты барлық фракцияларында жұқа дисперсті алтынмен, сондай-ақ платина бөлшектерінің барлығы анықталынды.

Күлқождық қалдықтарды өңдеуге арналған технологияны енгізу негізінде бірнеше сұрақтар шешіледі: көмірді жағудан пайда болатын қалдықтарды кешенді өңдеумен пайдалы компоненттерді және құрылыс заттарын алуға, сондай-ақ экологиялық мәселелерді шешуге мүмкіндік туады.

АННОТАЦИЯ

Изучен гранулометрический анализ золошлаковых отходов Степногорской ТЭЦ; исследованы формы нахождения полезных компонентов и химический состав в пробе золошлаковых отходов. Определена взаимосвязь гранулометрического состава и гравитационной обогатимости технологической пробы золошлакового отхода. Проведены исследования по выделению свободного и самородного золота из золошлакового отхода гравитационными и магнитными методами обогащения. Кинетическим спектральным способом анализа определены содержания тонкодисперсного золота в исходном сырье и продуктах обогащения.

Исследованы гранулометрический и вещественный состав золошлаковых отходов Степногорской ТЭЦ и распределение в них золота и железа по фракциям. Выполненные лабораторные испытания по гравитационному обогащению материала класса крупности $-2+0$ мм показали принципиальную возможность извлечение золота (51,06%) в гравиоконцентрат. На основе сцинтилляционно-эмиссионного спектрального анализа (СЭСА) во всех фракциях исследуемой пробы золы удалось установить частицы не только тонкодисперсного золота, но и платины. Улавливание последних повысить технологические показатели процесса обогащения.

Внедрение данной технологии переработки золошлаковых отходов позволит решить ряд задач: комплексно использовать отходы от сжигания углей с получением полезных компонентов и строительных материалов, решить экологические проблемы.

ABSTRACT

The granulometric analysis of ash and slag waste from the Stepnogorskaya HAPS was studied; the odds of finding useful components and the chemical composition in the ash and slag waste sample were investigated. The relationship between the granulometric composition and the gravitational richness of the technological sample of ash and slag waste is determined. Studies on the extraction of free and native gold from ash and slag waste by gravitational and magnetic methods of enrichment were carried out. The contents of finely dispersed gold in the feedstock and enrichment products were determined by kinetic spectral analysis.

The granulometric and material composition of the ash of the Stepnogorskaya HAPS slag waste and the distribution of gold and iron in them by fractions are studied. The laboratory tests performed on the gravity enrichment of the material of the size class $-2+0$ mm showed the principal possibility of extracting gold (51.06%) into the gravity concentrate. On the basis of scintillation-emission spectral analysis (SESA) in all fractions of the ash sample under study, it was possible to identify particles of not only fine gold, but also platinum. Capture of the latter to increase the technological parameters of the enrichment process.

The introduction of this technology for processing ash and slag waste will solve a number of problems: to comprehensively use waste from coal combustion to obtain useful components and building materials, to solve environmental problems.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	9
1. Кейіннен өңдеу үшін пайдалы компоненттерді бөлу мақсатында күл үйіндісінің әртүрлі бөліктерінен технологиялық сынамаларға зертханалық және ірілендірілген-зертханалық сынақтар жүргізу	11
1.1. Күлқождық қалдықтарының технологиялық сынамасының гранулометриялық құрамы мен гравитациялық байытылуының өзара байланысын анықтау	11
1.1.1. Күлқождық қалдықтарын гранулометриялық талдау	11
1.2. Гравитациялық байыту әдістерімен күлқождық қалдықтарынан бос және табиғи алтын алуды зерттеу	18
1.3. Күлқождық қалдықтарындағы жұқа дисперсті алтынды зерттеу	23
1.4. Байытудың флотациялық әдістерімен күлқождық қалдықтарынан құрамында алтыны бар өнімдердің ұсақ фракцияларын бөлу бойынша зерттеулер	31
2. Күлқождық түзілімдерінің бөлінген өнімді бөліктерін ірілендірілген-зертханалық сынау. Күлқождық қалдықтарын қайта өңдеу технологиясын және оның аппаратуралық орындалуын әзірлеу	32
2.1. Ірі түйіршікті қож қалдықтарын қайта өңдеу	33
2.2. Орта түйірлі қож қалдықтарын қайта өңдеу	34
2.3. Ұсақ түйіршікті қож қалдықтарын қайта өңдеу	35
3. Күлқождық қалдықтарын қайта өңдеу технологиясындағы аппаратуралық құрам	39
ҚОРЫТЫНДЫ	53
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	55
ҚОСЫМША А	56

КІРІСПЕ

Тақырыпты дамытуға арналған негіздер мен мәліметтер.

Қазақстанның күлқождық қалдықтары Екібастұздағы энергетикалық көмірдің ірі кен орнын ашуға және халық шаруашылығының көптеген энергетикалық мәселелерін шешуге мүмкіндік берген, оған байланған жылу электр станцияларын салуға міндетті. Көмірдің алып кеніштері және арзан ашық әдіспен өндіру, көмірге тұрақты сұраныс, оның жоғары күлділігіне қарамастан (31-43%), көмір өндірісінің артуына әкелді. Екібастұз бассейнінің жалпы көмір қоры 11301 миллион тоннаға бағаланады, бұл жүз жылға шикізатпен қамтамасыз етуге кепілдік береді. Жыл сайын көмір жағылған кезде 25-тен 38 миллион тоннаға дейін күл қалыптасады және күлдің жиналу ауқымы табиғи процестермен салыстырылады. Кәдеге жарату да осындай қарқынмен жүргізілуі тиіс, ал бұрын жинақталған күл үйінділері пайдалы компоненттерді өндіру үшін қор болуы мүмкін [1-2].

Көмірде алтынның жинақталуының едәуір деңгейі оларға асыл металдардың ықтимал шикізат көзі ретінде назар аударады, осыған байланысты көмір шөгінділеріндегі алтын соңғы уақытта өте белсенді зерттелуде. Дегенмен, көмір қабаттарында алтынның жинақталу шарттары, сондай-ақ оның өте жоғары концентрациясының пайда болу себептері әлі де жеткілікті зерттелген жоқ. Көмірдің жану кезіндегі алтынның әрекеті және оның жану өнімдерінде таралуы туралы идеялар жоқ [3-4].

ТМД мен Қазақстанда көмірдің алтын құрамын зерттеу негізінен мардымсыз. Батыс Сібір плитасы мен Амур маңы көмірінің алтындылығы біршама тереңірек зерттелген [1], Қазақстанда күл үйінділерінің алтындылығын зерттеу – Екібастұз көмірін жағу өнімдерін бағалауға шоғырланған [2].

Біз байыту өнімдерінен алтын алудың гидрометаллургиялық аяқталуымен гравитациялық-магниттік схема бойынша күлді және қожды қалдықтардан алтын алудың тиімді технологиясын әзірлеу бойынша зерттеулер жүргіздік. Гравитациялық байыту пайдалы компоненттің ұсақ бөлшектерін шығаруды күшейтуге мүмкіндік беретін Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ КеАҚ-да (ҚР патенттері №25645; №30418) әзірленген ортадан тепкіш табақшалы қондырғыларының көмегімен жүзеге асырылады.

Бастапқы техногендік шикізат, сондай-ақ байыту өнімдері Қ.И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институтының және РҒА СБ В.С. Соболев атындағы Геология және минералогия институтының (Новосибирск қ., Ресей) сертификатталған зертханаларында талданды.

Сынамалар JEOL (Жапония) компаниясының Superprobe 733 электронды зондты микроанализаторының көмегімен рентгендік спектрлік микроанализ әдісімен зерттелді. Сынамалардың элементтік құрамын талдау және әртүрлі сәулеленуі OXFORD INSTRUMENTS (Англия) фирмасының INCA ENERGY энергодисперсиондық спектрометрін қолдана отырып суретке түсірілді. ДРОН-3 автоматтандырылған дифрактометрінде рентгендік

дифрактометриялық талдау жүргізілді. «ВМК Оптоэлектроника» ЖШС (Новосибирск қ.) шығаратын «Гранд-Поток» қондырғысында ұсақ дисперсті байланған алтынның құрамын анықтау үшін кинетикалық спектрлік талдау әдісі қолданылды.

Степногорск ЖЭО күлқождық қалдықтарының гранулометриялық және заттық құрамы және олардағы алтын фракциялар бойынша таралуы зерттелді. Ірілігі $-2 + 0$ мм класты материалды гравитациялық байыту бойынша жүргізілген зертханалық сынақтар гравитациялық концентратқа бөліп алудың (51,06%) негізгі мүмкіндігін көрсетті.

Сцинтилляциялық-эмиссиялық спектрлік талдау (СЭСТ) негізінде зерттелетін күл сынамасының барлық фракцияларында тек жұқа дисперсті алтынның ғана емес, платинаның да бөлшектері анықталды. Соңғысын ұстау байыту процесінің технологиялық көрсеткіштерін жақсартады.

1. Кейіннен өңдеу үшін пайдалы компоненттерді бөлу мақсатында күл үйіндісінің әртүрлі бөліктерінен технологиялық сынамаларға зертханалық және ірілендірілген-зертханалық сынақтар жүргізу

1.1. Күлқождық қалдықтарының технологиялық сынамасының гранулометриялық құрамы мен гравитациялық байытылуының өзара байланысын анықтау

1.1.1. Күлқождық қалдықтарын гранулометриялық талдау

Зерттеуге арналған сынама ірі түйірлі, қож материалының таралу аймағындағы құбыр маңындағы кеңістіктен алынды.

Зерттелетін материалдың гранулометриялық құрамы және фракциялар бойынша алтынның (атомдық-абсорбциялық талдау) және темірдің таралуы 1-кестеде көрсетілген.

1 кесте – Алтын және темірдің фракциялар бойынша гранулометриялық құрамы және таралуы

Ірілік класы, мм	Шығымы		Үлесі		Таралуы, %	
	г	%	Au, г/г	Fe, %	Au	Fe
+2	147	9,16	0,09	9,08	6,15	5,53
-2+0,25	432	26,92	0,18	15,59	36,92	58,93
-0,25+0,1	478	29,78	0,13		30,0	
-0,1+0,044	503	31,34	0,10	16,92	23,85	35,33
-0,044+0	45	2,80	0,13	4,45	3,08	0,21
Бастапқы сынама	1605	100	0,13 (0,15)	15,00	100	100

Сынаманың минералды және химиялық құрамы. Минералды құрамды зерттеу кезінде микроскопиялық зерттеулерден басқа рентген - дифрактометриялық зерттеулер қолданылды, сонымен қатар химиялық талдау негізінде химиялық құрамы ескерілді. Алғаш рет барлық фракциялар мен бастапқы материалдар егжей-тегжейлі зерттелді, олар 2-9 кестелерде келтірілген және 1-4 суретте көрсетілген.

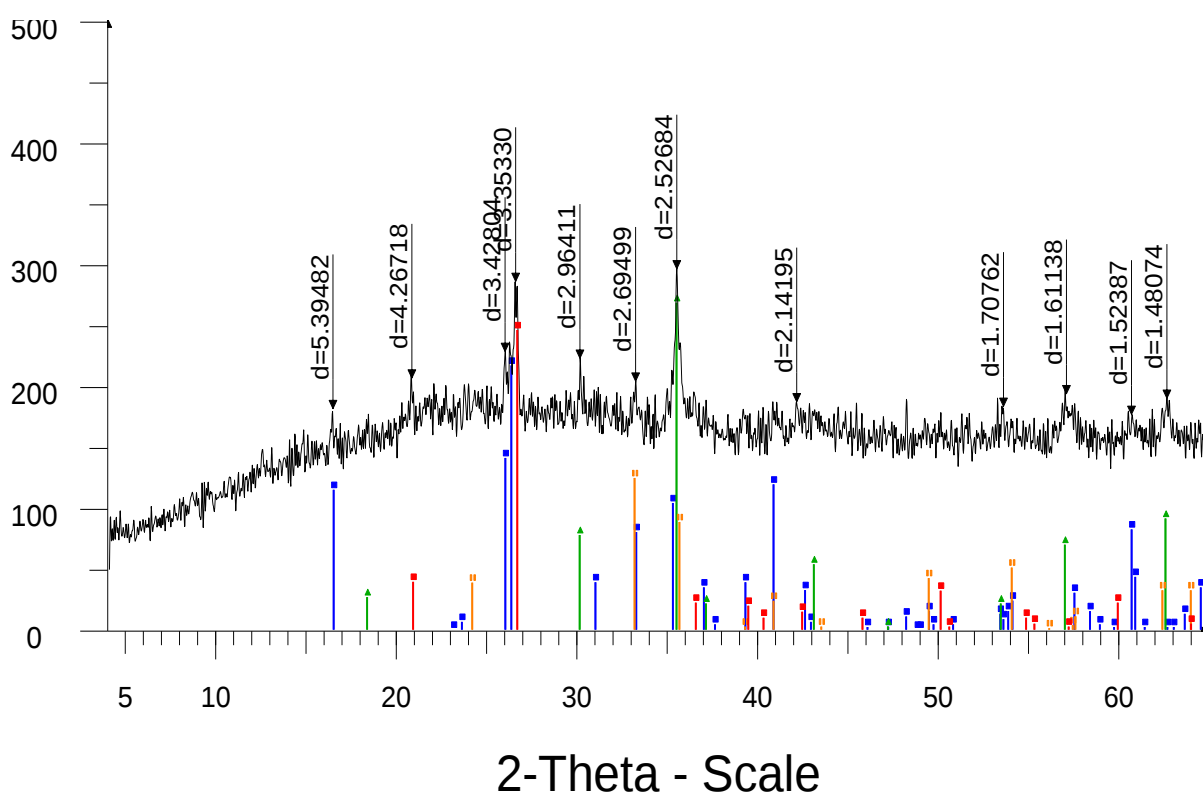
Күлқождық қалдықтарының ірі түйіршікті бөлігінің негізгі минералдары – муллит, магнетит, кварц қоспасы бар гематит, кристобаллит, кальцит, гипс. Химиялық құрамда алюминий, кремний, темір, кальций басым. Титан, марганец, кейде хром тұрақты және маңызды қоспа ретінде анықталды.

Жартылай сандық рентген фазалық талдау нәтижелері

Фазаның атауы	Формуласы	Концентрациясы, %
Муллит	$Al_2(Al_{2.5}Si_{1.5})O_{9.75}$	54,7
Магнетит	Fe_3O_4	21,9
Кварц	SiO_2	16,4
Гематит	Fe_2O_3	7,1

2 кесте – Күлқождық қалдықтары минералдарының жазықтықаралық арақашықтығы және фазалық құрамы

$d, \text{\AA}$	$I \%$	Фаза
5.39482	61.3	Муллит
4.26718	69.7	Кварц
3.42804	77.1	
3.35330	96.5	
2.96411	75.3	
2.69499	68.9	Гематит, муллит
2.52684	100.0	Магнетит
2.14195	63.2	
1.70762	61.9	
1.61138	65.4	
1.60001	62.9	
1.52387	59.7	
1.48074	64.1	



■ N 32

■ муллит - $\text{Al}_2(\text{Al}_{2.5}\text{Si}_{1.5})\text{O}_{9.75}$ -

▲ Magnetite, syn - Fe_3O_4 - S-Q 1

■ кварц - SiO_2 - S-Q 12.7 %

■ гематит - Fe_2O_3 - S-Q 9.9 %

1 сурет – Күлқождық қалдықтарын құрайтын минералдардың дифрактограммасы

3 кесте – Күлқождық қалдықтарының химиялық құрамы. Барлық нәтижелер салмағы бойынша, %

Элемент Талдау	O	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Жалпы
Талдау 1	40,26	0,80	11,00	20,82	0,32	0,38	0,36	3,56	0,51	0,46	21,52	100,00
Талдау 2	41,91	1,03	11,36	20,03	0,24	0,31	0,57	3,29	0,58	0,44	20,24	100,00
Талдау 3	36,08	0,97	10,56	18,99	0,23	0,44	0,57	4,16	0,48	0,86	26,65	100,00
Орташа	39,42	0,93	10,97	19,95	0,26	0,38	0,50	3,67	0,52	0,59	22,80	100,00
Станд. ауытқу	3,00	0,12	0,40	0,92	0,05	0,06	0,12	0,44	0,05	0,24	3,39	
Макс.	41,91	1,03	11,36	20,82	0,32	0,44	0,57	4,16	0,58	0,86	26,65	
Мин.	36,08	0,80	10,56	18,99	0,23	0,31	0,36	3,29	0,48	0,44	20,24	

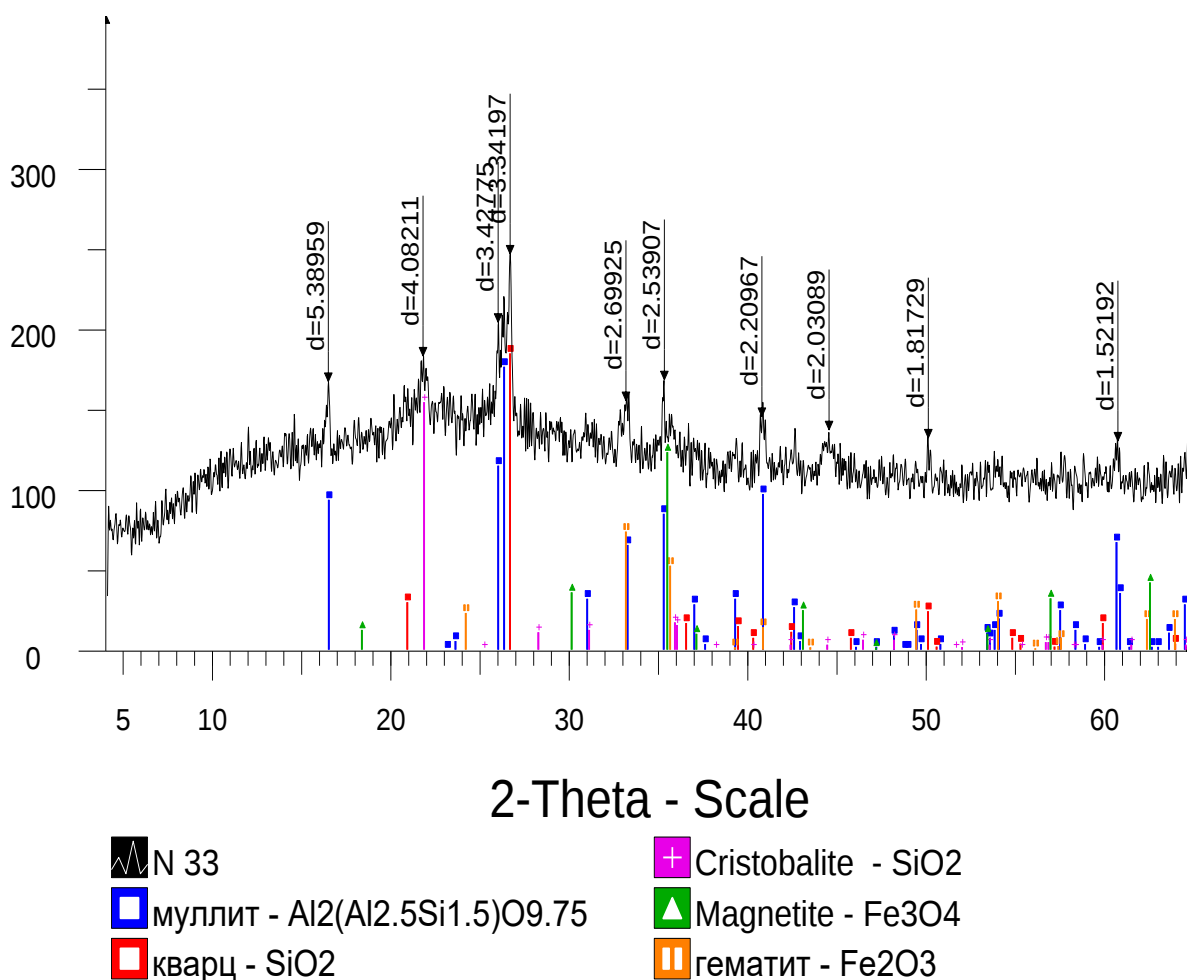
Степногорск ЖЭО күлқождық қалдықтарының минералды және химиялық құрамы 1-суретте және 2, 3-кестелерде көрсетілген.

4 кесте – Күлқождық қалдықтарының ірі (+2 мм) фракциясының жазықтықаралық арақашықтығы және минералдардың фазалық құрамы

$d, \text{\AA}$	$I \%$	Фаза
5.38959	67.7	Муллит
4.08211	74.2	Кристовалит
3.42775	82.7	
3.38381	89.3	
3.34197	100.0	Кварц
2.69925	62.9	Муллит, гематит
2.53907	68.2	
2.51720	59.3	
2.20967	58.9	
2.03089	55.6	
1.81729	53.5	
1.52192	52.7	

Күлқождық қалдықтарының ірі (+2 мм) фракциясының жартылай сандық рентген фазалық талдау нәтижелері

Фазаның атауы	Формуласы	Концентрациясы, %
Муллит	$\text{Al}_2(\text{Al}_{2.5}\text{Si}_{1.5})\text{O}_{9.75}$	64.8
Кварц	SiO_2	18.6
Гематит	Fe_2O_3	7.3
Кристовалит	SiO_2	5.8
Магнетит	Fe_3O_4	3.5



2 сурет – Күлқождық қалдықтарының ірі (+2 мм) фракциясын құрайтын минералдардың дифрактограммасы

5 кесте – Күлқождық қалдықтарының ірі (+2 мм) фракциясының химиялық құрамы. Барлық нәтижелер салмағы бойынша, %

Элемент \ Талдау	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	Cr	Fe	Жалпы
Талдау 1	45,08	0,50	0,65	13,40	24,45	0,15	0,51	2,64	0,91	0,19	11,52	100,00
Талдау 2	47,95	0,41	0,58	12,42	24,60	0,31	0,48	2,25	0,75	0,30	9,95	100,00
Талдау 3	48,27	0,45	0,61	12,60	24,45	0,18	0,56	2,12	0,72	0,36	9,68	100,00
Орташа	47,10	0,45	0,61	12,81	24,50	0,21	0,51	2,34	0,79	0,29	10,38	100,00
Станд. ауытқу	1,76	0,05	0,03	0,52	0,09	0,09	0,04	0,27	0,10	0,08	0,99	
Макс.	48,27	0,50	0,65	13,40	24,60	0,31	0,56	2,64	0,91	0,36	11,52	
Мин.	45,08	0,41	0,58	12,42	24,45	0,15	0,48	2,12	0,72	0,19	9,68	

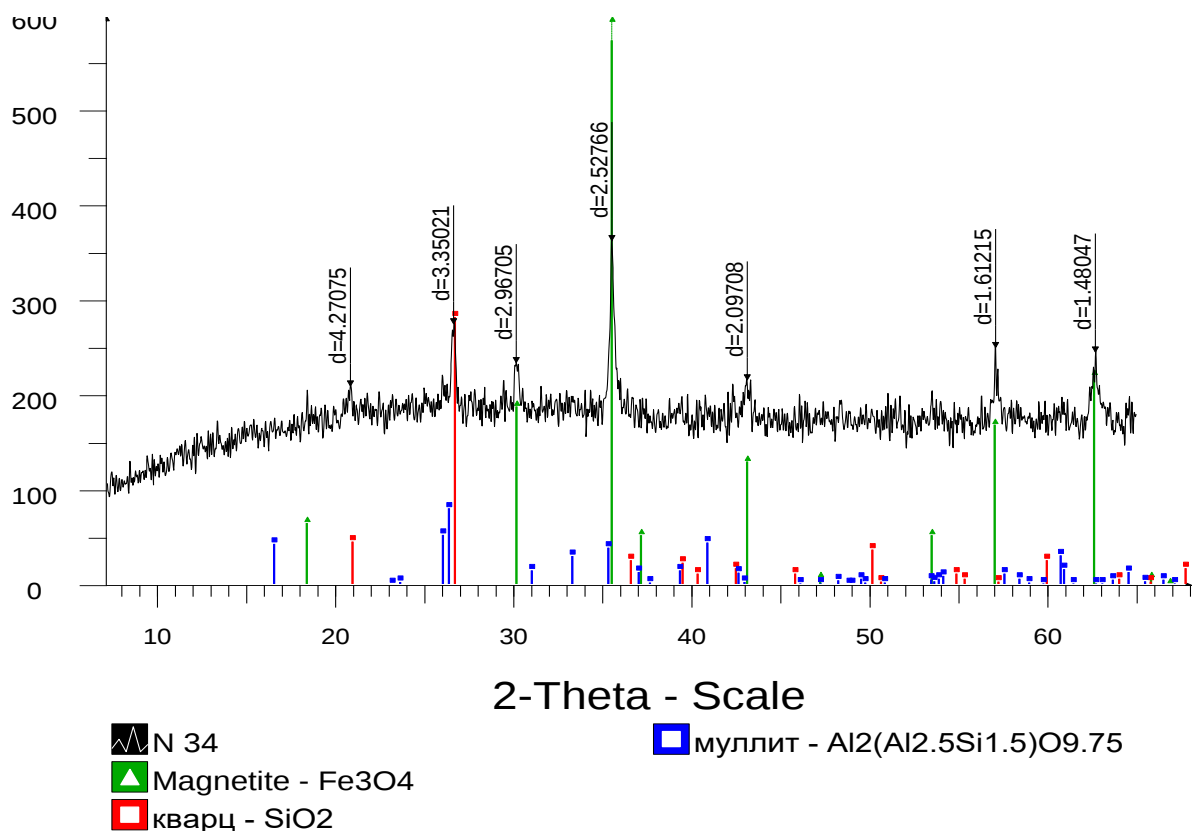
Степногорск ЖЭО күлқождық қалдықтарының ірі (+2 мм) фракциясының минералды және химиялық құрамы сәйкесінше 2-суретте және 4-5 кестеде көрсетілген.

6 кесте – Күлқождық қалдықтарының ұсақ түйіршікті (-0,1+0,044 мм) фракциясының жазықтықаралық арақашықтығы және фазалық құрамы

$d, \text{\AA}$	$I \%$	Фаза
4.27075	57.7	
3.35021	75.8	Кварц
2.96705	64.4	
2.52766	100.0	Магнетит
2.13411	57.7	
2.09708	59.4	
1.61215	68.9	
1.48047	1.48047	

Жартылай сандық рентген фазалық талдау нәтижелері

Фазаның атауы	Формула	Концентрациясы, %
Магнетит	Fe_3O_4	55.7
Кварц	SiO_2	31.0
Муллит	$\text{Al}_2(\text{Al}_{2.5}\text{Si}_{1.5})\text{O}_{9.75}$	13.3



3 сурет – Күлқождық қалдықтарының ұсақ түйіршікті (-0,1 + 0,044 мм) фракциясын құрайтын минералдардың дифрактограммасы

7 кесте – Күлқождық қалдықтарының ұсақ түйіршікті (-0,1 + 0,044 мм) фракциясының химиялық құрамы. Барлық нәтижелер салмағы бойынша, %

Элемент Талдау	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Жалпы
Талдау 1	40,41	0,35	2,37	10,04	16,52	0,35	0,19	6,91	0,26	0,46	22,14	100
Талдау 2	43,13	0,10	1,81	9,31	17,90	0,21	0,20	5,11	0,36	0,51	21,37	100
Талдау 3	43,51	0,27	0,96	9,45	19,84	0,17	0,26	4,55	0,51	0,53	19,95	100
Орташа	42,35	0,24	1,71	9,60	18,09	0,24	0,22	5,52	0,38	0,50	21,15	100
Станд. ауытқуы	1,69	0,13	0,71	0,39	1,67	0,09	0,04	1,23	0,12	0,04	1,11	
Макс.	43,51	0,35	2,37	10,04	19,84	0,35	0,26	6,91	0,51	0,53	22,14	
Мин.	40,41	0,10	0,96	9,31	16,52	0,17	0,19	4,55	0,26	0,46	19,95	

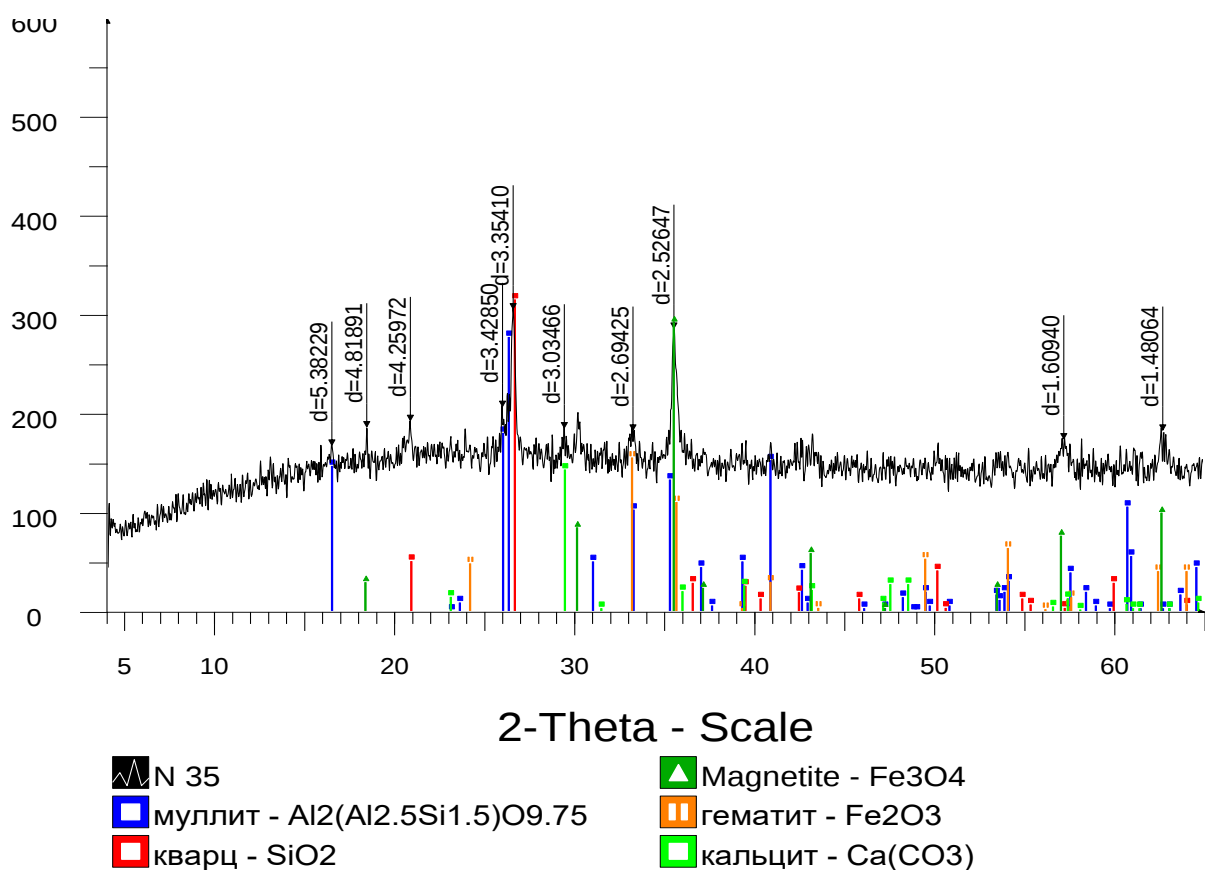
Степногорск ЖЭО күлқождық қалдықтарының ұсақ түйіршікті (-0,1 + 0,044 мм) фракциясының минералды және химиялық құрамы 3-суретте және 6, 7-кестеде келтірілген.

8 кесте – Күлқождық қалдықтарының шаң тәрізді (-0,044 мм) фракциясы минералдарының жазықтықаралық арақашықтығы және фазалық құрамы

$d, \text{\AA}$	$I \%$	Фаза
5.38229	54.8	Муллит
4.81891	60.9	
4.25972	63.0	
3.42850	67.7	
3.35410	100.0	Кварц
3.03466	60.6	Кальцит
2.95836	65.6	
2.69425	59.8	Муллит, гематит
2.52647	93.6	Магнетит
1.60940	56.9	
1.48064	59.8	

Жартылай сандық рентген фазалық талдау нәтижелері

Фазаның атауы	Формула	Концентрация, %
Магнетит	Fe_3O_4	32.2
Кварц	SiO_2	29.8
Муллит	$\text{Al}_2(\text{Al}_{2.5}\text{Si}_{1.5})\text{O}_{9.75}$	17.6
Гематит	Fe_2O_3	12.3
Кальцит	$\text{Ca}(\text{CO}_3)$	8.2



4 сурет – Күлқождық қалдықтарының ұнтақталған (-0,044 мм) үлесін құрайтын минералдардың дифрактограммасы

9 кесте – Күлқождық қалдықтарының ұнтақталған (-0,044 мм) фракциясының химиялық құрамы. Барлық нәтижелер салмағы бойынша, %

Элемент \ Талдау	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Fe	Жалпы
Талдау 1	53,87	0,32	0,81	11,47	22,67	0,21	0,68	3,78	0,50	5,68	100,00
Талдау 2	48,19	0,42	0,90	11,72	21,48	0,60	0,34	4,92	0,42	11,01	100,00
Талдау 3	48,51	0,76	0,73	10,71	25,72	0,80	0,75	2,62	0,56	8,83	100,00
Орташа	50,19	0,50	0,82	11,30	23,29	0,54	0,59	3,77	0,49	8,51	100,00
Станд. ауытқу	3,19	0,23	0,09	0,53	2,19	0,30	0,22	1,15	0,07	2,68	
Макс.	53,87	0,76	0,90	11,72	25,72	0,80	0,75	4,92	0,56	11,01	
Мин.	48,19	0,32	0,73	10,71	21,48	0,21	0,34	2,62	0,42	5,68	

Степногорск ЖЭО күлқождық қалдықтарының шаң тәрізді (-0,044 мм) фракциясының минералды және химиялық құрамы 4 суретте және 8, 9 кестелерде келтірілген.

1.2. Гравитациялық байыту әдістерімен күлқождық қалдықтарынан бос және табиғи алтын алуды зерттеу

Фракциялық гранулометриялық талдау жасалып, алтынның фракциялар бойынша таралуы зерттелді (10-кесте).

10 кесте – Күлқождық түзілімдері. Гранулометриялық құрамы және алтынның құрамы бойынша бөлінуі (ылғалды елеу)

Ірілік класы, мм	Шығымы		Алтын үлесі, г / т	Алтынның таралуы, %
	кг	%		
+2	3,65	30,39	0,10	11,86
-2+0,25	4,80	39,97	0,37	58,50
-0,25+0,1	2,75	22,90	0,27	24,50
-0,1+0,044	0,7	5,9	0,20	3,95
-0,044+0	0,10	0,83	0,40	1,19
Бастапқы сынама	12,01	100	0,25	100

Алдын ала фракциялар материалы гравитациялық жабдықта гравитациялық сынақтан өтті.

Дірілді ортадан тепкіш табақшалы аппаратының каскадында гравитациялық байыту бойынша зерттеулер жүргізілді, бұл барлық дерлік табиғи алтындарды алуға мүмкіндік береді, егер ол, әрине, 10 микроннан жоғары болса (11-кесте). Жоғарыда келтірілген мәліметтерден көріп отырғанымыздай, барлық фракциялардағы алтынның үлесі төмен 0,1-0,4 г/т, концентраттар сапасы төмен және алтынды бөліп алудың төмен көрсеткіштері, мұның бәрі бос алтынның жоқтығын және оның байланыстырылған, жұқа формасының басым болуын көрсетеді. Күлқождық қалдықтарында бос табиғи алтынның бөлінуінің әртектілігі 10-кесте деректерінде де көрсетілді. Бұған біз зерттеген үлгі дәлел.

11 кесте – Күлқождық түзілімдері. Алтынға арналған майда кластағы материалдарды гравитациялық байыту нәтижелері

Байыту өнімі	ШЫҒЫМЫ		Алтын үлесі, г/т	Алтынды бөліп алу, %
	кг (г)	%		
+2 мм (100% ұнтақталған -0,074 мм)				
Концентрат	(20)	8,33	0,10	7,48
Қалдық	(240)	91,67	0,03	92,52
Бастапқы сынама	(280)	100	0,10	100
-2+0,25				
Концентрат	0,08	1,67	0,32	1,35
Қалдық	4,72	98,33	0,37	98,65
Бастапқы сынама	4,80	100	0,37	100
-0,25+0,1				
Концентрат	0,1	3,60	0,09	4,29
Қалдық	2,65	96,40	0,27	95,71

Бастапқы сынама	2,75	100	0,27	100
-0,1+0,044				
Концентрат	0,1	13,80	0,59	40,0
Қалдық	0,61	86,20	0,14	60,0
Бастапқы сынама	0,71	100	0,20	100
-0,044				
Концентрат	(8,2)	8,2	2,73	56,0
Қалдық	(92,8)	92,8	0,19	44,0
Бастапқы сынама	(100)	100	0,40	100

Гравитация эффектісін күшейту үшін байыту өнімдеріне магниттік сепарация жүргізілді. Магнитті сепарациялау магнит өрісінің кернеулігіне 80 кА/м немесе 1000 Эрстед сәйкес келетін индукциясы 100 мТл бетінде магниттігі бар Nd-Fe-B құрамының сирекжер магниттерінің (сүңгілерінің) көмегімен жүзеге асырылды. Бұл әлсіз магнит өрістеріне қатысты, бұл бізге жоғары магниттік магнетитті алуға мүмкіндік берді. Зерттеу нәтижелері 12-кестеде келтірілген.

12 кесте – Күлқождық түзілімдері. Майда өлшемді материалды гравитациялық байытудағы алтын өнімдеріне магниттік сепарация нәтижелері

Бастапқы өнім	Гравитациялық байыту өнімдері	Шығымы, %	Au үлесі, г/т	Магнитті бөлу өнімдері	Шығымы		Алтын үлесі, г/т	Алтын ды бөліп алу, %
					г	%		
-2+0,25 мм								
Ірілік класы -2+0,25 мм	Концентрат	1,67	0,32	Магниттік	32	53,33	0,19	31,08
				Магниттік емес	28	46,67	0,48	68,92
				Бастапқы концентрат	60	100	0,32	100
	Қалдық	98,33	0,37	Магниттік	62	1,27	0,03	0,10
				Магниттік емес	4658	98,73	0,38	99,90
				Бастапқы концентрат	4720	100	0,37	100
-0,25+0,1 мм								
Ірілік класы -0,25+0,1 мм	Концентрат	3,60	0,09	Магниттік	42,5	61,15	0,03	20,45
				Магниттік емес	27,0	38,85	0,18	79,55
				Бастапқы концентрат	69,5	100	0,09	100
	Қалдық	96,40	0,27	Магниттік	87	3,28	0,10	1,09
				Магниттік емес	2564	96,72	0,28	98,91
				Бастапқы концентрат	2651	100	0,27	100
-0,1+0,044 мм								
Ірілік класы	Концентрат	13,80	0,59	Магниттік	81,1	84,22	0,49	69,53
				Магниттік емес	15,2	15,78	1,15	30,47

-0,1+0,044 мм				Бастапқы концентрат	96,3	100	0,59	100
	Қалдық	86,20	0,11	Магниттік	60	7,39	0,44	30,18
				Магниттік емес	552	92,61	0,08	69,82
				Бастапқы концентрат	612	100	0,11	100
-0,044+0 мм								
Ірілік класы -0,044+0 мм	Концентрат	8,2	2,73	Магниттік	4,5	54,88	0,45	9,16
				Магниттік емес	3,7	45,12	5,50	90,84
				Бастапқы концентрат	8,2	100	2,73	100
	Қалдық	92,8	0,19	Магниттік	5,7	9,50	1,48	72,16
				Магниттік емес	54,3	90,50	0,06	27,84
				Бастапқы концентрат	60,0	100	0,19	100

Келтірілген материал (10, 11-кестелер) ірі класты алтынның барлық дерлік 4–7%-дан аспайтын гравиконцентратқа бөліп алудың төмен көрсеткіштеріне сәйкес келетінін көрсетеді. Ал жоғары көрсеткіш жұқа ірілік класты -0,1 мм үшін 40,0-ден 56,0 %-ға дейін қол жеткізілді, олардың шығымыда ең аз болды (10%-ға дейін).

Осыған қарамастан, гравитациялық байыту өнімдерінің магниттік бөлінуі алтынның пайдалы дабылын күшейте алды. 12-кестеде келтірілген мәліметтерден көрініп тұрғандай, көп жағдайда алтынның жоғары мөлшері магниттік емес фракцияда байқалады, кей жағдайларда магниттік фракцияда да осындай мөлшерден асып кетеді.

Оптикалық микроскопия магниттік сепарация өнімдерінде бос алтынды анықтай алмады. Жалпы алтынның үлесі, күлқождық түзілімдерінің өлшемдеріне қарамастан, шамамен бірдей - 0,2–0,4 г/т, бұл оның ұсақ тараған, ұсақ дисперсті пайда болуын көрсетеді.

Жүргізілген зерттеулердің қорытындысы бойынша күлқождық түзілімдерінің гравитациялық байыту көрсеткіштері олардың гранулометриялық құрамына ғана емес, сонымен қатар алтынның табылу формасына және ең алдымен олардағы бос табиғи затқа байланысты екенін ескеру қажет.

Осыған байланысты біз скруббер-бутарада классификациямен және гравитациялық байыту қалдықтарын құм және жұқа қож фракцияларына бөлуді қысқа (+2 мм және -2+0 мм) және ұзын схема бойынша ірі классификациялық материалды гравитациялық байыту бойынша бақылау зерттеулерін жүргіздік.

Табиғи өлшемдегі материал бойынша процестің басында вибровинтті сепараторды қолдана отырып, қалдықтарды бақылау процесінде дірілді ортадан тепкіш табақшалы аппаратында байытып, қысқа схема бойынша бақылау сынақтары ірілік класынан минус 2+0 мм алтынды бөліп алудың

айтарлықтай жоғары көрсеткіштерін (51,06%) алуға мүмкіндік берді (15-кесте).

13 кесте – Вибровинтті сепараторда және дірілді ортадан тепкіш табақшалы аппараттарда табиғи іріліктегі алтынқұрамды күлқождық түзілімдерін бақылау байытудың нәтижелері (қазақстандық әзірлеу)

Байыту өнімдері	Шығымы, %	Үлесі		Бөліп алу	
		алтын, г/т	темір, %	алтын	темір
+2 мм	11,11	0,25	10,38	11,23	6,47
-2+0 мм Вибровинттік сепаратордың концентраты	14,53	0,77	38,77	41,20	31,68
Дірілді ортадан тепкіш табақшалы аппаратының концентраты	0,94	1,11	16,64	3,75	0,90
Қалдықтары	73,42	0,16	14,76	43,82	60,94
Бастапқы сынама	100	0,27	17,77	100	100

Вибровинттік сепаратор және дірілді ортадан тепкіш табақшалы аппаратының түйіршікті және жоғары технологиялық өнімдердегі алынған концентратындағы алтынның құрамын жоғары бөліп алу дәрежесімен тиісінше 247,15 г/т және 33,90 г/т дейін ұлғайтуға мүмкіндік берді (14-кесте).

14 кесте – Дірілді ортадан тепкіш табақшалы аппаратта вибровинтті сепаратормен және дірілді ортадан тепкіш табақшалы аппараттың алтынқұрамды концентраттарының жетілдіру нәтижелері

Байыту өнімдері	Шығымы		Алтын үлесі, г/т	Алтынды бөліп алу, %
	г	%		
Вибровинтті сепаратор концентратын жетілдіру				
Концентратты жетілдіру	4,5	0,26	247,15	83,12
Аралық өнім	1700	99,74	0,13	16,88
Вибровинтті сепаратор концентраты	1704,5	100	0,77	100
Дірілді ортадан тепкіш табақшалы аппараттың концентратын жетілдіру				
Концентратты жетілдіру	1,5	1,34	33,90	40,54
Аралық өнім	110	98,66	0,67	59,46
Дірілді ортадан тепкіш тегенелі аппарат концентраты	111,5	100	1,11	100

Осылайша, алтын туралы қанағаттанарлық мәліметтер алынды. «Құбыр маңындағы» кеңістіктен күлқождық қалдықтарының табиғи ірілігі материалынан (құбырдан күл үйіндісіне ағызу орны) мынадай көрсеткіштерге қол жеткізілді (15-кесте).

15 кесте – Екібастұз көмірінің күлқождық қалдықтарының алтынға гравитациялық байытудың түпкілікті нәтижелері

Материал типі	Шығымы, %	Алтын үлесі, г/т	Алтынды бөліп алу, %
Шлақтың гравийлі өлшемдері (+2 мм)	11,11	0,25	11,23
Күлқождық қалдықтарының өлшемдері (-2+0 мм): - вибровинтті және ортадан тепкіш табақшалы аппаратта гравитацияланатын алтын	15,47	0,79	51,06
- Байыту қалдықтары	73,42	0,16	43,82
Бастапқысы	100	0,27	100

Осы схема бойынша бақылау экспериментін жүргізгеннен кейін алынған деректер күл үйінділерін қайта өңдеу жөніндегі өнеркәсіптік қондырғыны құру негізі ретінде қабылдануы мүмкін.

Бос және табиғи алтынды бөлу және оны гравитациялық байыту өнімдерінде зерттеу.

Алтынды зерттеу екі бағытта жүргізілді – қолданбалы, алтынның ерекшеліктерін ескере отырып, оның қажетті бөліп алу технологиясын шашыранды тәжірибе қолдану және академиялық – ЖЭО жылу қазандықтарында жоғары температурада алтынның пайда болу жағдайларын алтын, алмаз, платина және т.б. кен орындарын қалыптастырудың кейбір табиғи процестерінің моделі ретінде қарастыру.

Күлқождық түзілімдерінде алтын өте гетерогенді түрде бөлінеді. Бос табиғи алтын құбырлардың ағындарында және олардан күл үйіндісінің ортасына қарай ағатын бұлақтарда шоғырланған. Күл үйіндісінің қалған бөліктерінде кеннен еш айырмашылығы жоқ жұқа дисперсті, байланысқан алтын басым.

Осылайша, сынама алу орнына байланысты нәтижені алдын-ала болжауға болады – бос алтынның кездесетінін немесе байланбаған алтынның басым болатынын немесе болмайтынын алдын ала болжауға болады. Біріншісі, шашырауға жатқызылуы мүмкін және барлық шөгінділерге тән анықталмаған параметрлермен және ағындардың шөгінділерінде металдың біркелкі бөлінбеуімен сипатталады. Мұндай техногендік шөгінділердің төменгі бөліктерін байытатын ағынды құрылымы болуы мүмкін. Алтын негізінен жұқа, кесек диаметрі 50-70 мкм, жоғары сапалы. Негізгі қоспа ретінде күміс (3-5%) бар, әлдеқайда аз мөлшерде мыс, мырыш кездеседі.

Бос алтынның ажырамас бөлігі – бұл сферомagnetит, ал тау жынысы деңгейінде – орташа есеппен 10-20% болатын қождарың болуы.

1.3. Күлқождық қалдықтарындағы жұқа дисперсті алтынды зерттеу

Жұқа дисперсті алтынды зерттеу, біз алған концентрат пен байыту қалдықтарының сынамаларында ФГБУН РГА Сібір бөлімшесінің Геология және минералогия институтында (Новосибирск) кинетикалық спектрлік тәсілмен жүргізілді [7]. Неліктен бұл әдіске соншалықты мұқият назар аудару керек, өйткені ол тиімді және ең бастысы, бос алтын бөлшектерін 10 микронға дейін түсіру жұмыстарын толықтырады. Ал ол 0,1 немесе одан аз микронға дейін байланысқан алтын бөлшектерін анықтауға мүмкіндік береді.

Сцинтиляциялық эмиссиялық спектрлік талдау (СЭСТ) деп аталатын сынаманың жекелеген бөлшектерінен атомдық – эмиссиялық спектрлік сызықтарды (асыл металдарды) тіркеу тәсілі өткен ғасырдың 60-шы жылдарының басында әзірленген [8].

Бұл әдіс геологиялық сынамаларда дербес минералды нысандар түрінде болатын асыл металдар мен басқа да кен элементтерін анықтаудың ең перспективалы және экспрессивті әдістерінің бірі болып табылады. Дәстүрлі СЭСТ-ті іздеу геологиялық-геохимиялық және биогеохимиялық жұмыстарында қолданудың негізі – шамамен сандық анықтамалар. Бұл әдіс сериялық құрылғылардың болмауына байланысты аналитикалық зертханаларда кең қолданылмады.

Жоғарыда аталған институт осы талдау әдісі (СЭСТ) негізінде кинетикалық спектрлік әдіспен жұқа алтынды анықтаудың жетілдірілген әдісін жасады.

Жоғары ажыратымдылықтағы спектрометрияны қолдана отырып, біз екібастұздық көмірдің күлқождық түзілімдерін және оларда әртүрлі фракцияларда да, байыту өнімдерінде де бос және байланысты (жұқа дисперсті) алтын мен платинаның бөлінуін зерттедік.

Бұл әдіс плазмаға микропримдердің түсу кинетикасын бақылауға және дабылдардың жекелеген топтарына сынаманың минералды құрамымен корреляциясын анықтауға мүмкіндік береді. Аналитикалық дабылдың қарқындылығы мен ұзақтығының зерттелетін элементтің концентрациясына тәуелділігін анықтай отырып, асыл металл бөлшектерінің массасын есептеуге болады.

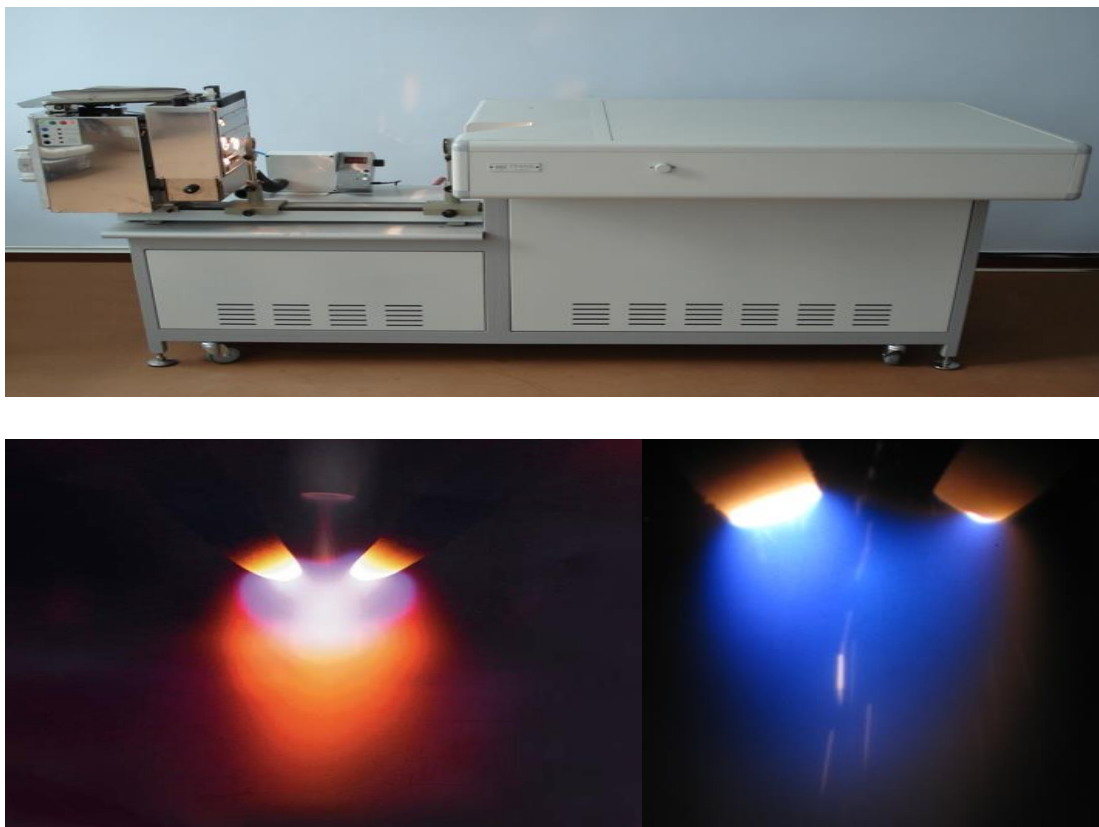
Әзірленген КСА бен дәстүрлі СЭСТ арасындағы айырмашылықтар келесідей:

- барлық спектрлік диапазон тіркеледі және фон дұрыс ескеріледі, бұл базаның әсерін айтарлықтай төмендетеді;
- спектрлік сызықтар қарқындылығының барлық диапазоны тіркеледі;
- барлық қажетті элементтердің аналитикалық спектрлік сызықтарын қамтитын спектрлік диапазонды тіркеу осы элементтердің концентрациясын бір уақытта анықтауға мүмкіндік береді;
- сынама спектрлерінің жиынтығын (1000 спектр және одан да көп) бір мезгілде барлық жұмыс спектрлік диапазонында дәйекті тіркеу сынаманы

енгізу уақыты ішінде барлық қажетті элементтердің аналитикалық спектрлік сызықтарын тіркеуді қамтамасыз етеді. 1 спектрді тіркеу уақыты—4 мс.

Зерттеу «Гранд-Поток» автоматтандырылған қондырғысында жүргізілді (5-сурет), оны «ВМК Оптоэлектроника» ЖШС (Новосибирск қ.) ұнтақты сынамаларды бүрку – үрлеу әдісімен талдау үшін шығарады. Қондырғы Fireball 40A v3 ток генераторынан, қуаты 4 кВт және МАЭС талдауышы бар Гранд спектрометрінен, жоғары уақытша рұқсаты 4 мс тұрады. Спектрлерді тіркеу құрамында БЛПП-369М1 фотодиодтарының 12 желісі бар МАЭС эмиссиялық спектрлерінің жоғары жылдамдықты көп арналы анализаторларымен жүзеге асырылды. Кіріктірілген компьютерлік бағдарлама генератордың, сынама беру конвейерінің және қосымша сынама алу модулінің жұмыс режимін таңдауға мүмкіндік береді. «Гранд-Поток» кешені кәдімгі интегралдық режимде де, «Сцинтилляциялық» тәсілмен де қатты фазалы дисперсті сынамаларға эмиссиялық спектрлік талдау жүргізуге мүмкіндік береді, бұл «Атом» бағдарламасында арнайы толықтырумен қамтамасыз етіледі.

Алғаш рет күлқождық түзілімдерінің материалында еркін табиғи және байланысқан, жұқа бөлінген алтынды салыстыруға әрекет жасалды. Жоғарыда сипатталған әдісті қолдана отырып, біз асыл металдардың микро және нанобөлшектері арасындағы ең зерттелмеген, бірақ жаңа технологиялар саласындағы ең перспективалы шекаралық аймаққа басып кіреміз. Төменде осы бағыттағы зерттеулердің алғашқы нәтижелері келтірілген.



5 сурет – Орнатылғаны және доға разрядының фотосуреті

Табиғи мөлшердегі материалдағы бос табиғи алтын күлдің ірі түйіршікті, қож бөлігінде ғана кездеседі. Ортадан тепкіш гравитация концентраттарын минералогиялық зерттеу негізінде 28 сынама (әрқайсысының салмағы ~20 кг) және үш технологиялық сынама (әрқайсысының салмағы 200-ден 500 кг-ға дейін) ірілік класындағы барлық сынамаларда -2 мм бірліктен алғашқы жүз кесекке дейін бос алтын анықталды. Саф алтынның орташа өлшемі (253 өлшем) 71×42×30 мкм құрайды. Саф алтынның түбегейлі гранулометриялық сипаттамасы жалған және ағымдағы күл үйінділері үшін еш айырмашылығы жоқ. Морфологиялық белгілері бойынша шамамен тең арақатынаста болатын изометриялық, сфералық және тұрақты емес кесек тәрізді саф алтындар ерекшеленеді (16-кесте).

16 кесте – Екібастұз көмірінің күліндегі бос табиғи алтынның морфометриялық сипаттамасы (ірілік класында -2 + 0 мм) (Степногорск ЖЭО)

Саф алтын формасы		Саф алтын өлшемі (ұзындық осі бойынша), мкм							Жалпы
		-20	21-70	71-98	99-140	141-280	281-420	>420	
Изометриялық-сфералық		2	12	6	6	14	1	-	41
Идиоморфты (куб, октаэдр)		4	7	-	1	-	-	-	12
Кесек тәрізді (тұрақты емес)		14	11	5	7	3	-	-	40
Пластик тәрізді, қабыршақты		4	25	6	6	-	-	-	41
Жіңішке (изометриялық)		-	-	-	1	-	-	-	1
Барлығы	Түйіршіктер саны	24	55	17	21	17	1	-	135
	%	17,7	40,74	12,60	15,55	12,60	0,74	-	100

100% -0,074 мм ірілік класына дейін алдын ала сцинтилляциялық әдіспен (кинетикалық спектрлік әдіс) ұнтақалған осы материалда ірілік кластары бойынша таралуы мынадай жұқа дисперсті, байланысқан алтын мен платина анықталды:

Ірілік класы	Бөлшектердің саны, дана	
	Au	Pt
+ 2 мм	13	2
-2+0,25 мм	85	19
-0,25+0,1 мм	52	3
-0,1+0,044 мм	53	6
-0,044 мм	26	5

Жұқа дисперсті, байланысқан алтын мен платина бөлшектерінің мөлшері микрондардың жүзден біріне дейін. Жұқа металдар негізінен -2 + 0,044 мм күлдің түйіршікті фракцияларында шоғырланған, бұл оларды тіпті

ірі сұрыпталған (-2+0 мм) күл материалында да бос алтынның ұқсас бөлінуіне жақындатады.

Байыту өнімдеріндегі алтынды ашу мақсатында алынған гравитациялық концентраттар оларды кинетикалық спектрлік талдауға дайындау үшін ұнтақталады.

Күлқождық қалдықтарын байыту өнімдерінен үш сынама талданды және салыстыру үшін, біздің ойымызша, Кумдыкөл кен орнындағы техникалық алмас кендерінің бір сынамасы түзілу шарттары бойынша жақын.

–1-сынама – ортадан тепкіш аппараттардағы байыту қалдықтары (6-сурет). Au құрамы атомдық-абсорбциялық талдау деректері - 0,16 г/т. Сцинтиляциялық әдіс – 0,32 г/т.

–2-сынама – вибровинтті сепаратор концентраты (7-сурет), алтын құрамы - 0,77 г/т (А-А). Сцинтиляциялық әдіс - 7,3 г/т.

–3-сынама – ортадан тепкіш аппараттардың концентраты (8-сурет), алтынның құрамы – 1,1 г/т (А-А). Сцинтиляциялық әдіс - 8,9 г/т.

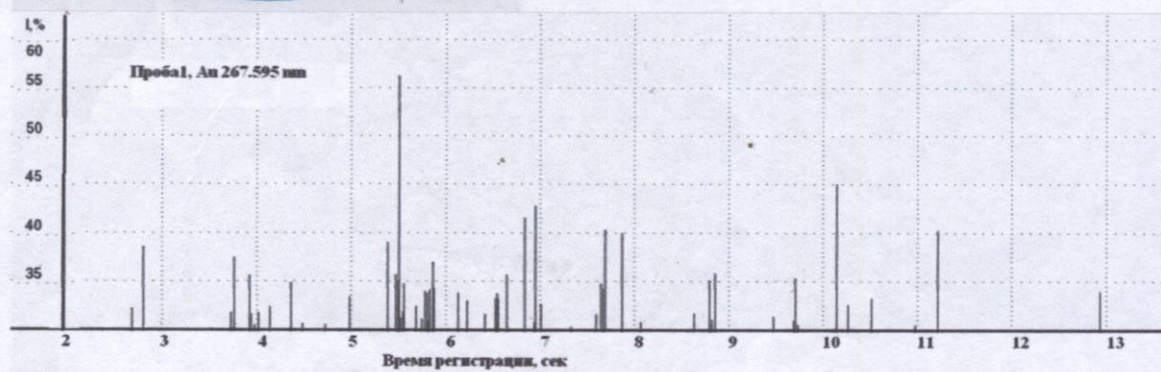
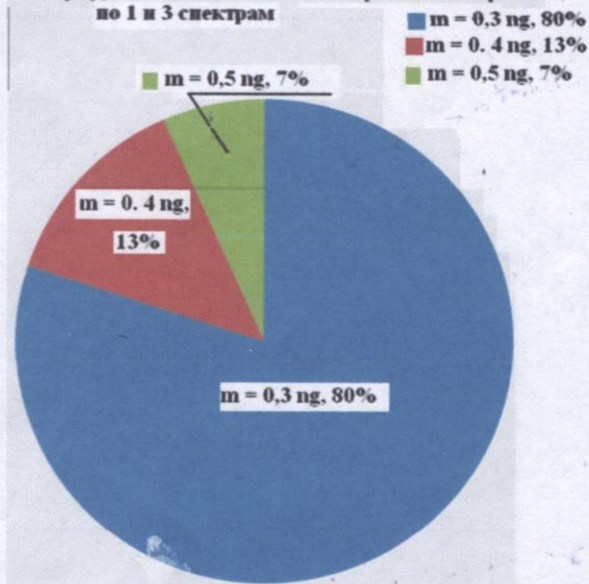
Нәтижелер жақсы болды, байыту қалдықтарында Au үлесі жақын – 0,16 және 0,32 г/т, ал концентраттарда олар ерекшеленеді – бұл алтынның біркелкі емес бөлінуіне байланысты және, әлі зерттелмеген алтын фазаларының (алтынорганикалық немесе сол сияқты) болуы әбден мүмкін. Ең бастысы, біз байланысқан түрдегі алтын бөлшектерінің санын сандық түрде алдық. (Біз барлық бос алтынды сынамадан алып тастадық және талдауға түспеді). Бұл басты жетістік, ол үшін сынақтар жүргізілді!

Осылайша, күлдің алтындығын екі көрсеткіш бойынша бағалауға болады – бос саф алтынның сандық көрсеткішімен және байланысқан алтынның үлесімен.

Пішіні мен құрамы жағынан жақын нәтижелерді біз Құмдыкөл (Солтүстік Қазақстан) кен орнының техникалық алмас кендері бойынша алдық. Айтпақшы, бұл кен орнының алмаздарын барлау кезінде жіберілген жұқа алтынның болуы туралы алғашқы нәтижелер. Біз алған мәліметтер алтын кенішін қайта бағалауға негіз бола алады, ол қазір әлемде жалғыз және ұсақ жіңішке гауһар тастар мен қорлары бойынша бірегей болып табылады.

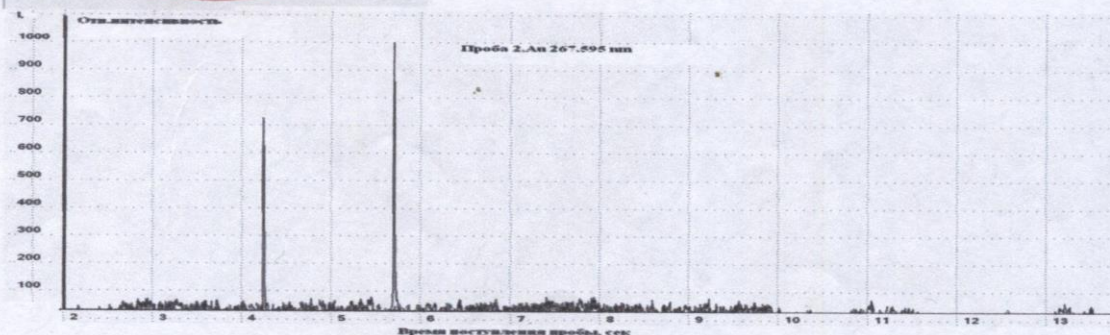
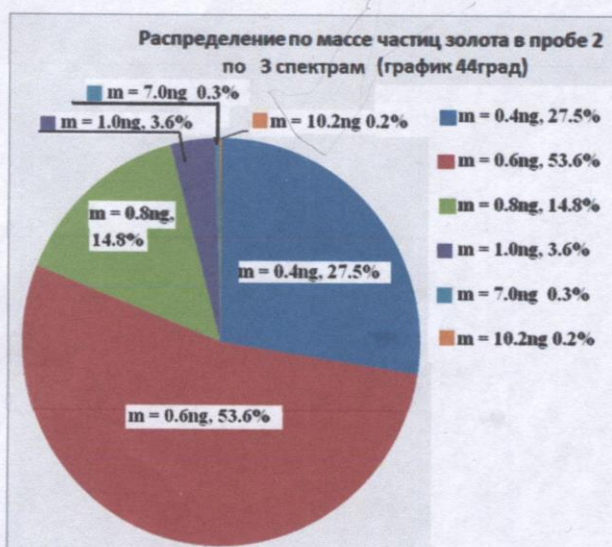
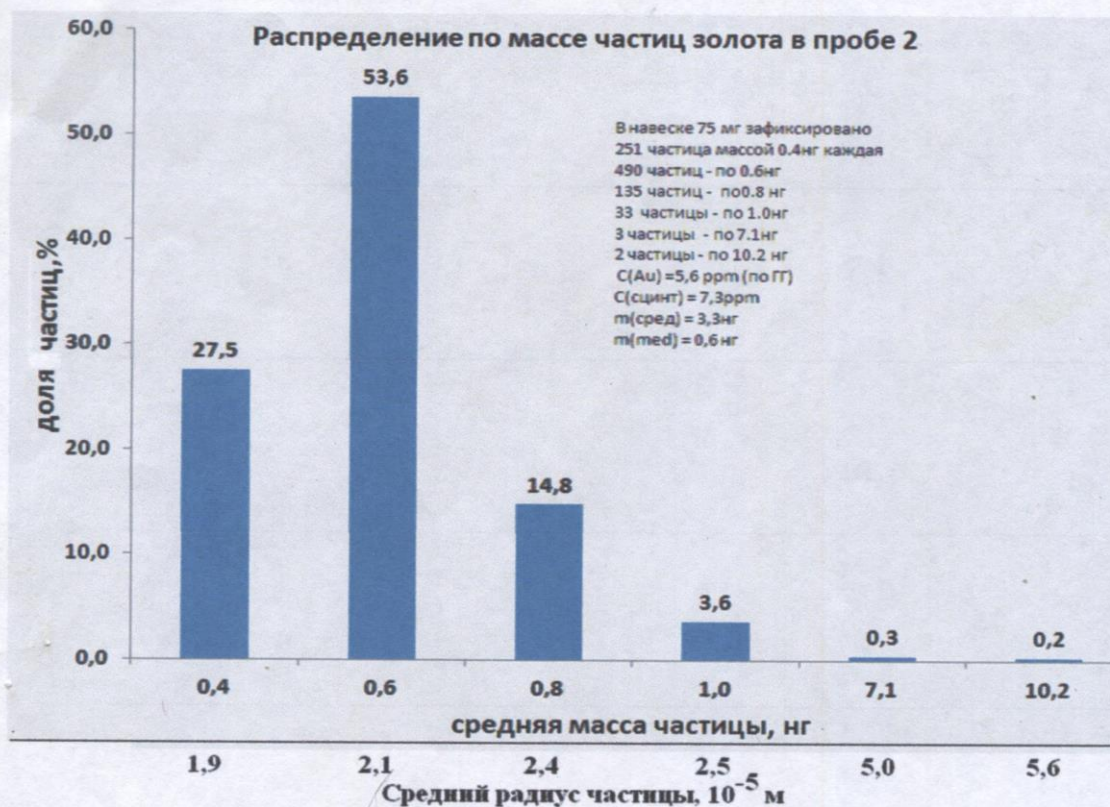


Распределение по массе частиц золота в пробе 1, по 1 и 3 спектрам



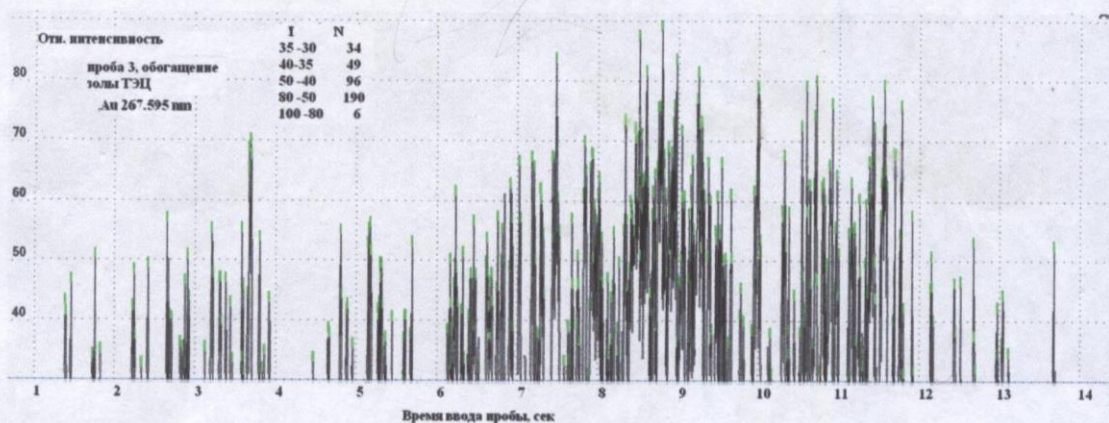
Регистрация линии золота во время ввода пробы 14сек

6 сурет – Ортадан тепкіш аппаратының байыту қалдықтарынан алтынды анықтау бойынша талдаудың кинетикалық спектрлік тәсілінің нәтижелері (1-сынама)



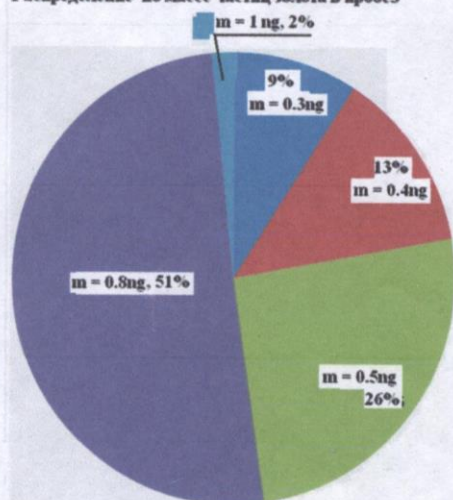
Регистрация линии золота во время ввода пробы 14сек

7 сурет – Вибровинттік сепаратор концентратынан алтынды анықтау бойынша талдаудың кинетикалық спектрлік тәсілінің нәтижелері (2-сынама)

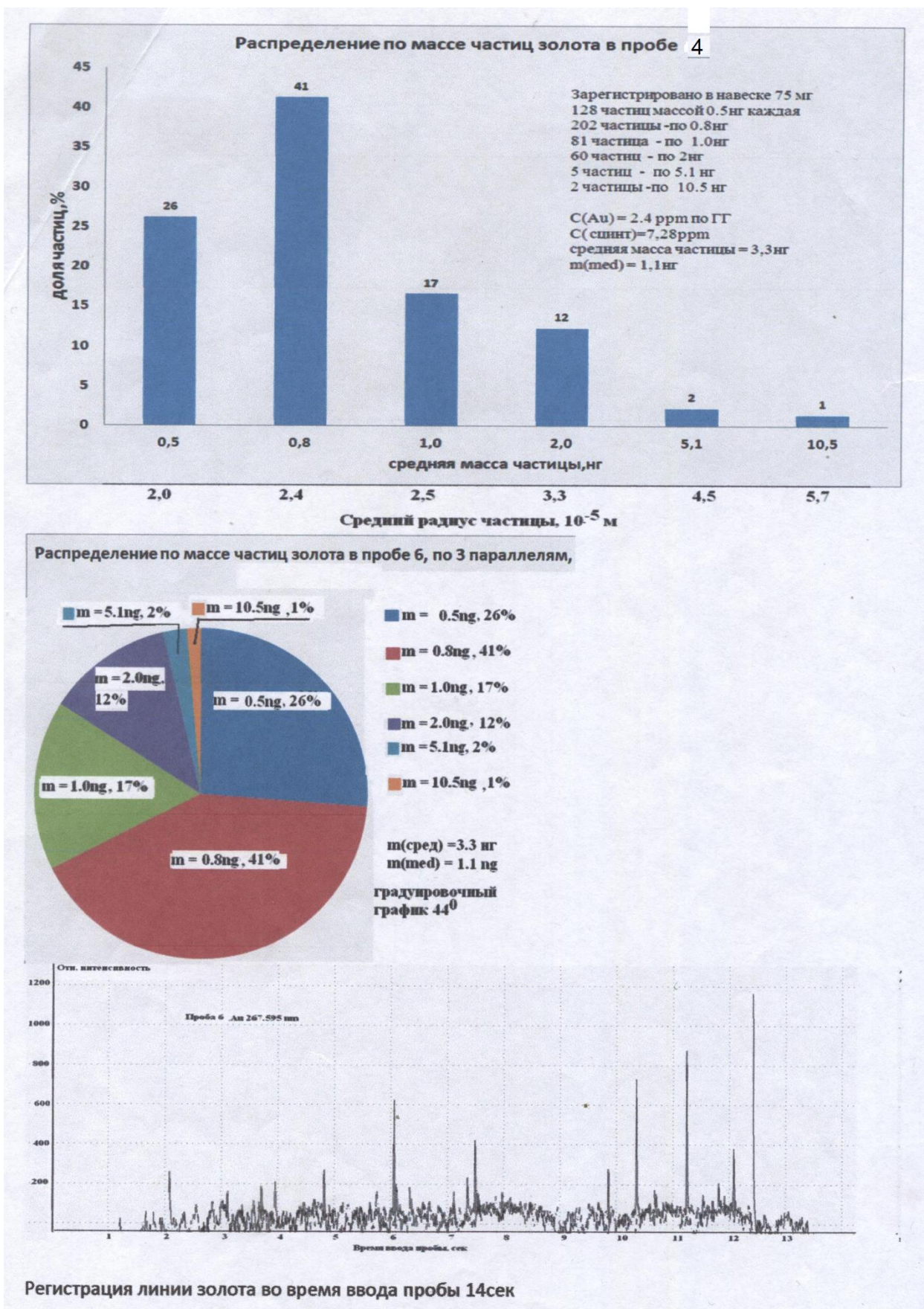


Регистрация линии золота во время ввода пробы 14сек

Распределение по массе частиц золота в пробе 3



8 сурет – Дірілді ортадан тепкіш аппараты концентратынан алтынды анықтау бойынша талдаудың кинетикалық спектрлік тәсілінің нәтижелері (3 сынама)



9 сурет – Құмдықөл алмас кен орнының платинасын анықтау бойынша талдаудың кинетикалық спектрлік тәсілінің нәтижелері (4-сынама)

№6 сынама – Құмдықөл алмаздар кен орны, біздің деректер бойынша эклогиттер бойынша «кальцифир» концентраттардағы құрамы 3-тен 10 г/т дейін (8-сурет), алынды – 7,2 г/т.

Осылайша, алғашқы нәтижелер қызықты болды, енді біз оларды Аи-да қарапайым минералогиялық талдау кешенінде, электронды микроскопиямен және гравитациялық байыту өнімдеріндегі сцинтиляциялық әдіспен, мүмкін шаймалау кектеріндегі алтынды анықтаумен жүргізу керек сияқты.

Негізгі қорытынды – ЖЭО пештеріндегі көмірді газ ағынында жағу 0,1 мкм-ден алғашқы жүздегенге дейін кен гранулометриялық диапазонда табиғи алтын мен басқа металдардың жаппай пайда болуына әкеледі.

1.4. Байытудың флотациялық әдістерімен күлқождық қалдықтарынан құрамында алтыны бар өнімдердің ұсақ фракцияларын бөлу бойынша зерттеулер

Зерттелетін күлқождық қалдықтарының гранулометриялық құрамын қарастыру кезінде (10-кесте) ірілік класының шығымы -0,1 +0,044, сондай-ақ -0,044 мм тиісінше 5,9 және 0,83%-ды құрады. Сонымен қатар, үлкен меншікті беті бар көрсетілген кластардағы қож бөлшектерінің (алюмосиликаттар, кварц және т.б.) құрамы жоғары адсорбциялық қабілетін көрсетеді және жинағыш реагентті сіңіреді, бұл оның шығынын едәуір арттырады.

Флотацияланатын минералда (алтын бөлшектері) адсорбцияланған бос жыныстың көрсетілген қождары оның флотациясын тоқтатады, ал флотацияланатын материалдың қождары флотацияланбайтын материалға адсорбцияланып, оның көбікке өтуі үшін жағдай жасайды. Бұл күлқождық қалдықтарынан құрамында алтын бар өнімдердің жұқа фракцияларын флотациялау процесінің өте төмен көрсеткіштерін түсіндіреді. Алынған флотациялық өнімдегі алтынның үлесі көрсетілген ірілік кластарында бөліп алуы 5-8% болған кезде 0,15-0,30 г/т өте төмен деңгейді көрсетті.

2. Күлқождық түзілімдерінің бөлінген өнімді бөліктерін ірілендірілген-зертханалық сынау. Күлқождық қалдықтарын қайта өңдеу технологиясын және оның аппаратуралық орындалуын әзірлеу

Сынаманы іріктеу Степногорск ЖЭО-ның жұмыс істеп тұрған және жатқан күл үйіндісінен жүзеге асырылды. Зерттеу үшін сынаманың жалпы салмағы (500 кг) ірі түйірлі, қож материалының таралу аймағындағы құбыр маңындағы кеңістіктен алынды.

1980 жылдан бері жатқан күлқождық үйінділерінен орташа түйіршікті және ұсақ түйіршікті материал үшін сынамаларды іріктеу 11-суретте көрсетілген қолданыстағы күл үйінділерінен жүзеге асырылды.



11-сурет – Жатқан күлқождық үйінділерінен орташа түйіршікті сынамалар алу

Көрнекі түрде зерттелген материал – ашық сұр кварц микросфераларының ұнтағы бар қою сұр, ұсақ түйіршікті масса. Соңғысы, әдетте, күл үйіндісінің су басқан аймақтарында фонмен күрт ерекшеленетін «әуе» ақ көбік түзеді. Сандық тұрғыдан алғанда, микросфералар күлқож қалдықтарының жалпы массасының 3-5% аралығында болады.

2.1. Ірі түйіршікті қож қалдықтарын қайта өңдеу

Іріктелген сынамадан араластыру және қысқарту әдісімен салмағы 194 кг, ылғалдылығы 21,66%, құрғақ сынаманың салмағы 152 кг зерттеу үшін сынама алынды.

Зерттелетін материалдың гранулометриялық құрамы және ондағы алтын (атомдық-абсорбциялық талдау) мен темірдің фракциялар бойынша таралуы 16-кестеде келтірілген.

16 кесте – Алтын мен темірдің фракциялар бойынша гранулометриялық құрамы және таралуы

Ірілік класы, мм	Шығымы		Үлесі		Таралуы, %	
	г	%	Au, г/т	Fe, %	Au	Fe
+2	147	9,16	0,09	9,08	6,15	5,53
-2+0,25	432	26,92	0,18	} 15,59	36,92	} 58,93
-0,25+0,1	478	29,78	0,13		30,0	
-0,1+0,044	503	31,34	0,10	16,92	23,85	35,33
-0,044+0	45	2,80	0,13	4,45	3,08	0,21
Бастапқы сынама	1605	100	0,13 (0,15)	15,00	100	100

Ірі түйірлі материал ірілік класы 0,25 мм-ден астам болып табылады, күлқождық қалдықтарының ірі түйірлі материалының гранқұрамының тән ерекшелігі шлам материалының 3% - ға дейін төмен болуы болып табылуы.

Сынаманың минералды және химиялық құрамы. Минералды құрамды зерттеу кезінде микроскопиялық зерттеулерден басқа рентген - дифрактометриялық зерттеулер қолданылды, сонымен қатар химиялық талдау негізінде химиялық құрам ескерілді. Барлық фракциялар мен бастапқы материалдар егжей-тегжейлі зерттеліп, 2-5 кестелерде келтірілген және 1-2 суреттерде көрсетілген.

Күлқождық қалдықтарының ірі түйіршікті бөлігінің негізгі минералдары – муллит, магнетит, гематит қоспасы бар кварц, кристобаллит, кальцит, гипс. Химиялық құрамда алюминий, кремний, темір, кальций басым. Титан, марганец, кейде жағдайларда хром тұрақты және маңызды қоспа ретінде анықталды.

Күлқождық қалдықтарының ірі түйірлі материалын гравитациялық байыту Степногорск қаласындағы "КРИЦ-НТК" тәжірибелік-өнеркәсіптік қондырғысын пайдалана отырып, ірілендірілген зертханалық сынамада жүзеге асырылды.

Алтын. Алтынның бастапқы үлесі – 0,13 г/т, алтын бойынша алынған біріктірілген концентрат (вибровинттік сепаратор және ортадан тепкіш табақшалы аппараты) 1,04 г/т, бөліп алуы 65,27% құрады.

2.2. Орта түйірлі қож қалдықтарын қайта өңдеу

Іріктелген сынамадан араластыру және қысқарту әдісімен салмағы 121,0 кг, ылғалдылығы 3,08%, құрғақ сынаманың салмағы 116,5 кг зерттеу үшін сынама алынды.

Au сынамасының гранулометриялық құрамы мен таралуы 17-кестеде келтірілген.

17 кесте – Зерттелетін күлқож қалдықтарының гранулометриялық құрамы

Ірілік класы, мм	Шығымы		Үлесі	Таралуы, %
	г	%	Au, г/т	Au
-10+5	30	0,27	0,15	0,28
-5+2	62	0,54		
-2+0,25	202	1,76	0,14	0,60
-0,25+0,1	533	4,63	0,17	2,35
-0,1+0,044	5200	53,91	0,37	58,65
-0,044+0	4473	38,89	0,33	38,12
Бастапқы сынама	11500	100	0,34	100

Орташа түйіршікті материал ірілік класы -0,25+0,044 мм ұсынылған, кластың жалпы шығымы 58,54% құрайды.

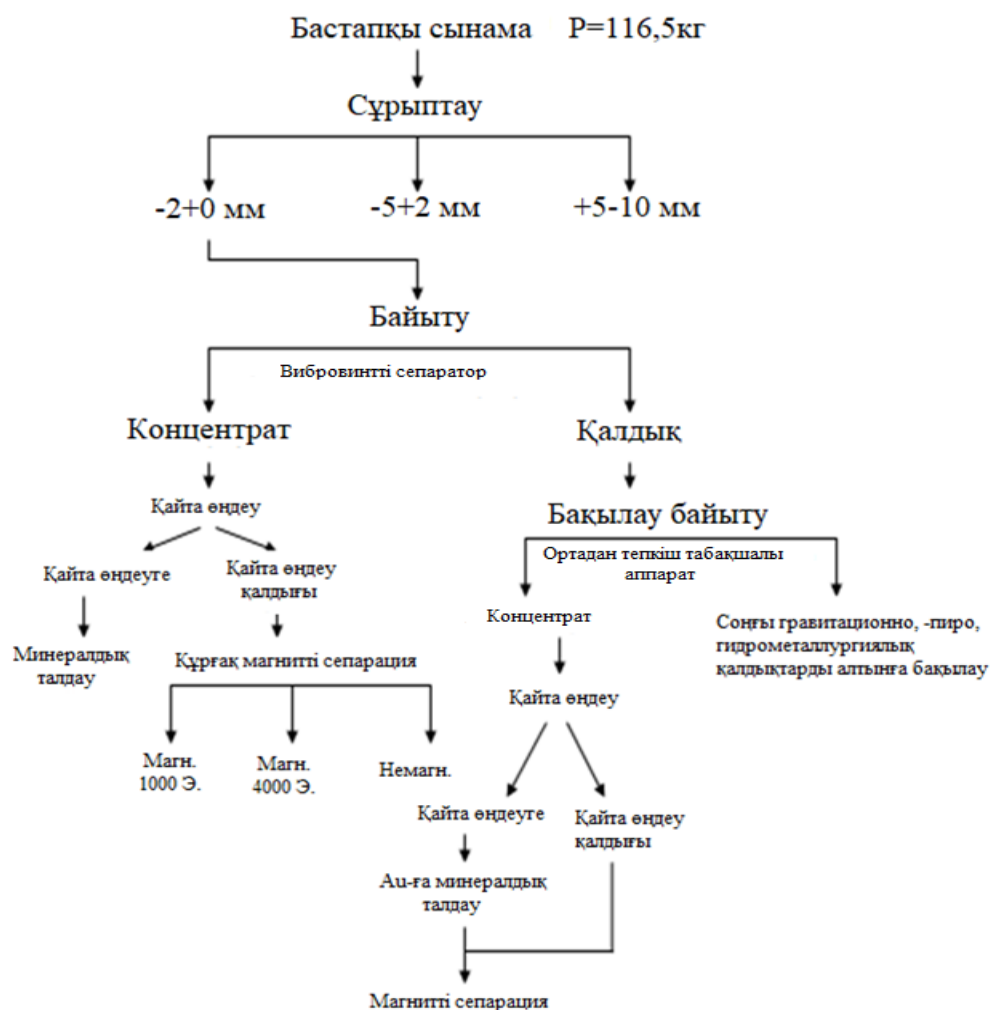
Күлқождық қалдықтарының орташа түйіршікті материалының гранқұрамының тән ерекшелігі 38,89%- ға дейінгі шлам материалының -0,044 мм орташа құрамы болып табылады.

Степногорск ЖЭО (Ақмола обл.) Екібастұз көмірін жағу кезінде пайда болған күлқож қалдықтарының орташа түйіршікті материалының ірі көлемді сынамасын байытудың технологиялық схемасы 12-суретте көрсетілген.

Орташа түйіршікті материалдың жекелеген фракциялары алтынды алдын-ала шоғырландыру және кейіннен алтынға талдау жасау арқылы гравитациялық сынақтан өткізілді (18-кесте).

18 кесте – Ортадан тепкіш тегенелі аппараттарда күлқож қалдықтарын фракциялық байыту нәтижелері

Байыту өнімі	ШЫҒЫМЫ		Алтын үлесі, г/т	Алтынды бөліп алу, %
	г	%		
Ірілік класы -0,25+0,1 мм				
Концентрат	54	6,39	1,04	30,43
Қалдық	791	93,68	0,17	69,57
Бастапқы (-0,25+0,1)	845	100	0,23	100
Ірілік класы-0,1+0,044 мм				
Концентрат	25	1,35	0,55	1,6
Қалдық	1825	98,65	0,43	98,4
Бастапқы (-0,1+0,044)	1850	100	0,43	100



12 сурет – Степногорск ЖЭО-да Екібастұз көмірін жағу кезінде пайда болған күлқож қалдықтарының орташа түйіршікті материалының ірі көлемді сынамасын байытудың технологиялық схемасы

2.3. Ұсақ түйіршікті қож қалдықтарын қайта өңдеу

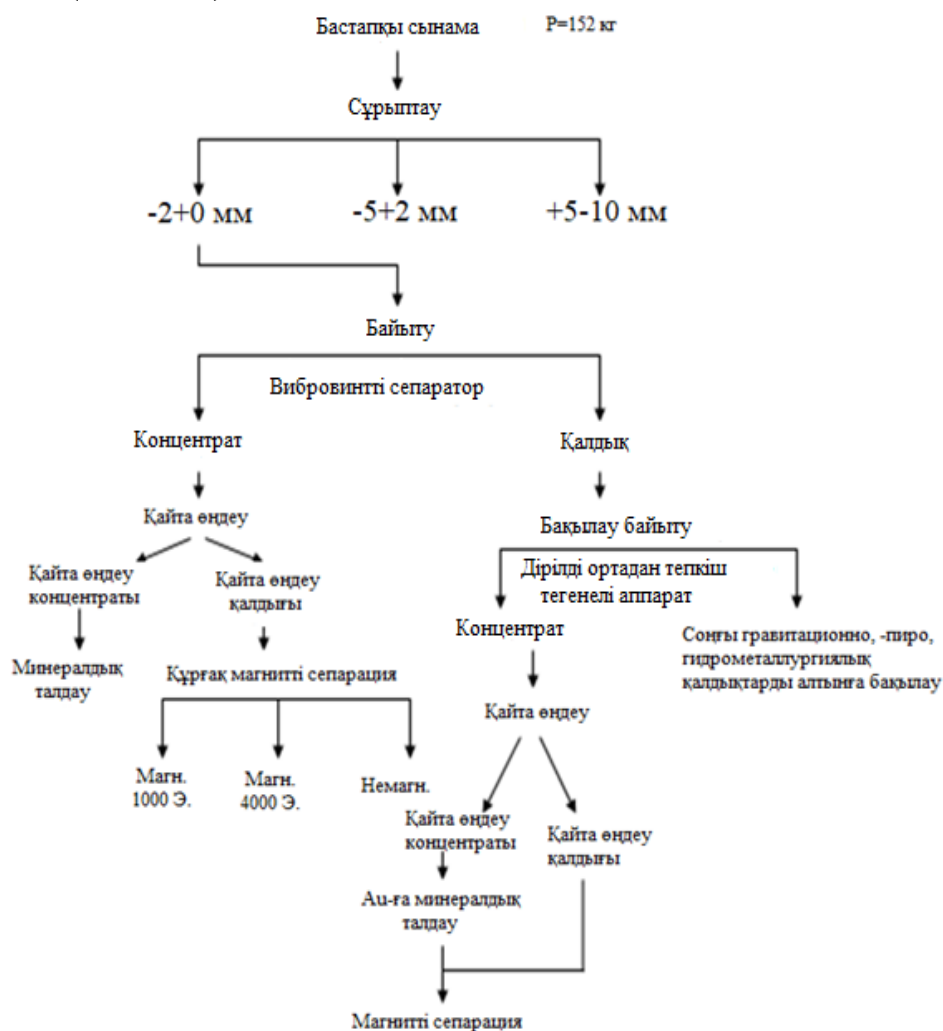
Ұсақ түйіршікті күлқож қалдықтарын байыту (1-сынама) мынадай схема бойынша жүргізілді (13-сурет), нәтижелер 19-26 кестелерде келтірілген.

19 кесте – Зерттелетін күлқождық қалдықтарының гранулометриялық құрамы

Ірілік класы, мм	Шығымы		Үлесі		Таралуы, %	
	г	%	Ау, г/т	Fe, %	Ау	Fe
-10+5	23	0,15	0,37	-	0,18	-
-5+2	100	0,81	0,05	-	0,11	-
-2+0,25	245	1,99	0,10	2,44	0,52	3,90
-0,25+0,1	845	6,86	0,23	7,89	5,11	6,26
-0,1+0,044	1850	15,08	0,43	7,41	17,90	34,96
-0,044+0	9250	75,12	0,37	2,40	76,18	96,40
Бастапқы сынама	12313	100	0,36	3,19	100	100

Күлқождық қалдықтарының ұсақ түйіршікті материалының гранқұрамының тән ерекшелігі ірілік класының 75,0%-ға дейін -0,044+0 мм қождық материал құрамының басым болуы болып табылады.

Ірілік класының фракциясы -0,044+0 мм алтынды алдын-ала шоғырландыру және кейіннен алтынға талдау жасау арқылы гравитациялық сынақтан өтті (20-кесте).



13 сурет – Степногорск ЖЭО Екібастұз көмірін жағу кезінде күлқож қалдықтарының жұқа түйіршікті материалының №1 Ірі көлемді сынамасын байытудың технологиялық схемасы

20 кесте – Ортадан тепкіш аппараттарда күлқождық қалдықтарын фракциялық байыту нәтижелері

Байыту өнімі	Шығымы		Алтын үлесі, г/т	Алтынды бөліп алу %
	г	%		
Ірілік класы -0,044+0 мм				
Концентрат	10	0,10	0,08	1,0
Қалдық	9240	99,90	0,36	99,0
Бастапқы (-0,044+0)	9250	100	0,37	100

Қож (-0,044 мм) және құмтас (+0,044 мм) мөлшерін нақтылау үшін 1-сынаманы іріктеу орнынан аз көлемді сынамамен бақылау сынамасы жүргізілді (21-кесте).

21 кесте – Бақылау сынамалау деректері бойынша қож және құмтас фракцияларының арақатынасы

Байыту өнімі	Шығымы		Алтын үлесі, г/т	Алтынды бөліп алу, %
	г	%		
+0,044	380	47,98	0,13	23,07
-0,044	412	52,02	0,32	76,93
Бастапқы	792	100	0,26	100

Алтынның таралуын фракциялық зерттеу бойынша жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, ең байытылған алтын-жұқа (-0,044 мм) шөгінді фракция. Онда жалпы алтынның 76%-ы 0,37 г/т, ұсақ түйіршіктерде (-0,1+0,044) шамамен 18%-ы, ал қалған бөлігі-алғашқы пайыздар да шоғырланған.

Осылайша, осы кластардан алтынды бөліп алу, егер оның бәрі бос күйінде болса тек ортадан тепкіш ауырлық күші арқылы мүмкін болады.

Орталықтан тепкіш аппараттарда жүргізілген гравитациялық тестілеу (22-кесте) құмтас (0,25+0,1 мм) фракциясын қоспағанда (бөліп алынуы – 30,49%), бірақ бұл фракцияның шығымы шамамен 7% құрайды, бұл практикалық қызығушылық тудырмайды.

22 кесте – Ірілігі -2+0 мм күлқождық қалдығының гравитациялық байыту нәтижесі

Байыту өнімі	Шығымы		Алтын үлесі, г/т	Алтынның таралуы (бөліп алынуы), %
	кг	%		
-10+5	0,156	0,10	0,37	0,1
-5+2	0,756	0,50	0,05	0,1
-2+0	151,0	99,40	0,26	99,80
Вибровинтті сепаратор концентраты	3,30	2,18	0,22	1,92
Ортадан тепкіш тегенелі аппарат концентраты	0,029	-	0,77	-
Соңғы қалдығы		97,82	0,26	98,08
Бастапқы сынама	152	100	0,26	100

Алтынның үлесі бойынша төмен көрсеткіштерге қол жеткізілді (23-26-кестелер), себебі алтынның гравитацияланбайтын түрінде болуы.

23 кесте – Вибровинтті сепаратор концентратының құрғақ магнитті сепарациясының нәтижесі

Сепарация өнімі	Шығымы		Алтынның үлесі, г/т	Алтынның таралуы, %
	г	%		
Магнитті өнім: 1000 Эрстед	982	69,40	0,18	78,12
4000 Эрстед	191	13,50	0,17	14,38
Магнитті емесі	242	17,1	0,07	7,50
Виброцинтті сепаратордың бастапқы концентраты	1415	100	0,16	100

24 кесте – Вибровинтті сепаратор концентратын ортадан тепкіш аппараттарда жетілдіру нәтижелері

Байыту өнімі	Шығымы		Алтынның үлесі, г/т	Алтынның таралуы, %
	г	%		
Ортадан тепкіш тегенелі аппарат концентраты	43	1,30	4,77	28,18
Қалдық	32,57	98,70	0,16	71,82
Вибровинтті сепаратор концентраты	3300	100	0,22	100

Күлқождық түзілімдерінің өлшемділігіне қарамастан, жалпы алтынның құрамы шамамен бірдей-0,2-0,4 г/т, бұл оның жұқа дисперсті болуын көрсетеді.

25 кесте – Магнитті сепарация нәтижесі және вибровинтті сепаратордың қалдықтарынан ортадан тепкіш аппараттардың концентратында алтынның таралуы

Сепарация өнімі	Шығымы		Алтынның үлесі, г/т	Алтынды бөліп алу, %
	г	%		
Магнитті (4000 Эрстед)	21	72,41	0,28	25,97
Магнитті емес	8	27,59	2,07	74,03
Ортадан тепкіш аппаратының бастапқы концентраты	29	100	0,77	100

26 кесте – Байытудың соңғы қалдықтарын магниттік бөлудің нәтижесі

Сепарация өнімі	Шығымы		Алтынның үлесі, г/т	Алтынды бөліп алу, %
	г	%		
Магнитті өнім: 1000 Эрстед	72	27,58	0,46	35,44
4000 Эрстед	153	58,69	0,36	38,92
Магнитті емес	36	13,79	0,99	25,64
Бастапқы соңғы концентрат	261	100	0,54	100

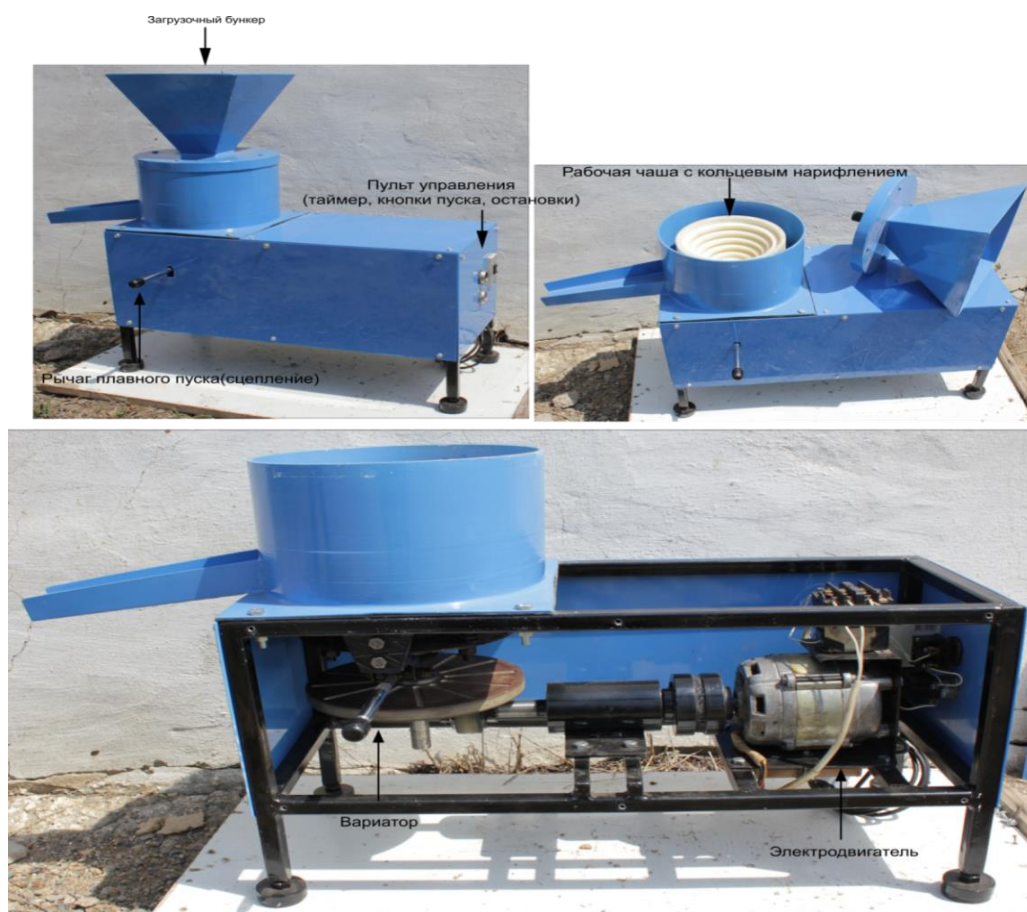
3. Күлқождық қалдықтарын қайта өңдеу технологиясындағы аппаратуралық құрам

Қолданылатын жабдық.

Ортадан тепкіш табақшалы аппарат. Ірілігі -2+0 мм ұсақ түйірлі күлқождық материалын гравитациялық байыту үшін қолданылады. Бұл аппарат алтын – сирек металды құмдарды (Солтүстік Қазақстандағы кен орнының колумбит – цирконий кендерін және т.б.) байыту кезінде өзін жақсы жағынан көрсетті.

Өнеркәсіптің геологиялық барлау және тау – кен өндіру және қайта өңдеу салаларында минералды-технологиялық сынамаларды дымқыл өңдеуге арналған кезеңдік жұмыс істейтін шағын өлшемді бір қабырғалы ортадан тепкіш аппараттарға жатады (14-сурет).

Ортадан тепкіш табақшалы аппараттарының мақсаты – ортадан тепкіш күштер мен табақшаның дірілін қолдана отырып, су ағынында өңделетін материал компоненттерінің бөлінуі және шоғырлануы, яғни, барлық ортадан тепкіш күштердің үйлесімі және концентрациялық үстелдердің дірілдейтін қозғалысы. «Кір жуғыш тақтаның» әсері пайда болады, табақшаға берілетін күрт инерциялық төмен амплитудалық тербелістер пайда болады. Табақшаларының қарқынды тербелісі жағдайында жетек дөңгелегі ойыққа тиген кезде өткір соққы пайда болады, бұл тығыздығы мен мөлшері бойынша стратификацияланған бөлшектердің тез бөлінуіне ықпал етеді. Діріл компенсаторы ретінде қарама-қарсы бағытталған тербелістерді тудыратын серіппелер вариатор тақтасында орнатылады. Тербелістердің көп бағыттылығы мен әр түрлі амплитудасы әр рифлдегі тығыздық қасиеттері бойынша минералдардың бөлінуін жақсартады.



14-сурет – Ортадан тепкіш табақшалы аппарат (өнімділігі 30-60 кг/сағ)

Табиғи металдардың (алтын, платина және т.б.) 10 мкм және одан да көп мөлшердегі бос түйірлерін және 15-20 мкм және одан да көп мөлшердегі басқа кен минералдарын (магнетит, гематит) алу үшін өнімділігі 30-60 кг/сағ-тан 1000 кг/сағ-қа дейінгі зертханалық үлгілер қолданылды.

Ортадан тепкіш табақшалы аппаратын қолдану оңай, ықшам, қосымша ағынды су қажет емес. Байытудағы жоғары тиімділік гравитациялық байыту процестеріне жедел технологиялық бақылау жүргізу кезінде оны таптырмайтын етеді.

Ортадан тепкіш табақшалы аппаратының техникалық деректері.

Алдын ала дайындалған (қоспаланған) сынамаларды (өңделетін материалды) өңдеу кезіндегі

техникалық өнімділік, кг / сағ	30-60	1000
Цикл үшін материал бойынша сынама салмағы, кг, артық емес	25	500

Қоректену ірілігі, мм, артық емес	2	2
Концентраттың шығымы, г	9-60	3000
Табақшаның айналу жиілігі, айн/мин	400-1050	200-600

Тербеліс жиілігі, мин ⁻¹	2400-6000	1200-3600
Атқарушы жүйенің жетегі	электрикалық	
Ток түрі	үшфазалы ауыспалы	
Жиілігі, Гц	50±0,2	50+2
Кернеуі, В	380	380
Электр қозғалтқышының жалпы белгіленген қуаты, кВт	0,75	3,0
Су шығыны, л / мин	2	20
Габариттік өлшемдері, мм, артық емес		
ұзындығы	750	1200
ені	290	650
биіктігі	410	800
Массасы, кг, артық емес	45	150

Вибровинтті сепаратор (стандартты винтті бөлгіш (15-сурет) сепаратордың ойықтарында діріл тудыратын арнайы діріл құрылғысымен толықтырылған). Ол магнетит, бос алтын және сульфидтерден күлқож қалдықтарын алу үшін қолданылды.

Вибровинтті сепаратордың техникалық сипаттамасы:

– науаның сыртқы диаметрі, мм	500
– науаның орташа диаметрі бойынша бұрандалы сызықты көтеру бұрышы	14-20°
– науа орамдарының саны, дана	3
– есептік өнімділік, кг/сағ	500
– пульпа тығыздығы (%қатты)	15-40
– концентраттың шығымы, %	7-10
– минутына тербелістер саны	800
– жүрістің ұзындығы, мм	30
– өлшемдері	
диаметрі, мм	500
биіктігі, мм	2000
– массасы, артық емес, кг	100

Вибровинттік сепаратордың жұмыс режимдері. Бастапқы қорек Қ:С=1:3-1:6, кескіш - байытудың негізгі сатысында 15 мм және 10 мм - тазалау, 1 тонна құмға 1 м³ қайта есептегенде шайынды суды беру.

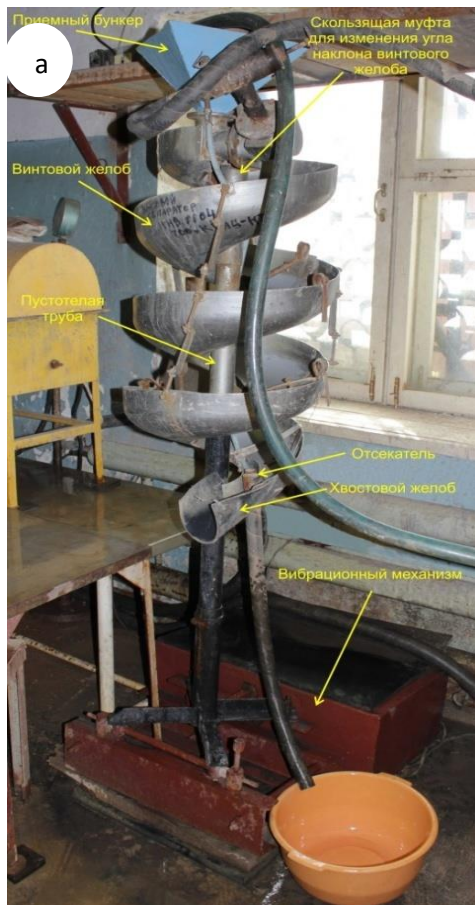
Аэрогидродешламатор (АГД), стандартты емес жабдық пайдалы қазбаларды байыту саласына, атап айтқанда тау-кен байыту жабдығына жатады және ауамен іске қосылған камераларда кезектесіп қозғалатын су ағынындағы ұсақ дисперсті бөлшектер мен олардың өскіндерін ылғалды, жіңішке бөлу және гидравликалық жіктеу үшін пайдаланылуы мүмкін. Қосымша әсер күлқож қалдықтарының құмды фракциясы суда еритін тұздардан шайылған кезде пайда болады.

Аэрогидродешламатор жұқа дисперсті бөлшектерді немесе шламдарды барынша толық шығаруға мүмкіндік береді және тиімділігі бойынша кейбір жағдайларда флотацияға жақындайды. Қалай болғанда да, біз химиялық реагентті қолданбай микросфераны ағызу үшін дешламаторды қолдануға тырыстық.

Аэрогидродешламатор – бұл жоғарғы бөлігінде ағызу шегі дәнекерленген, ал түндырылған материалдың төменгі шығатын клапаны дәнекерленген бекітілген қаңылтыр болат қорап.

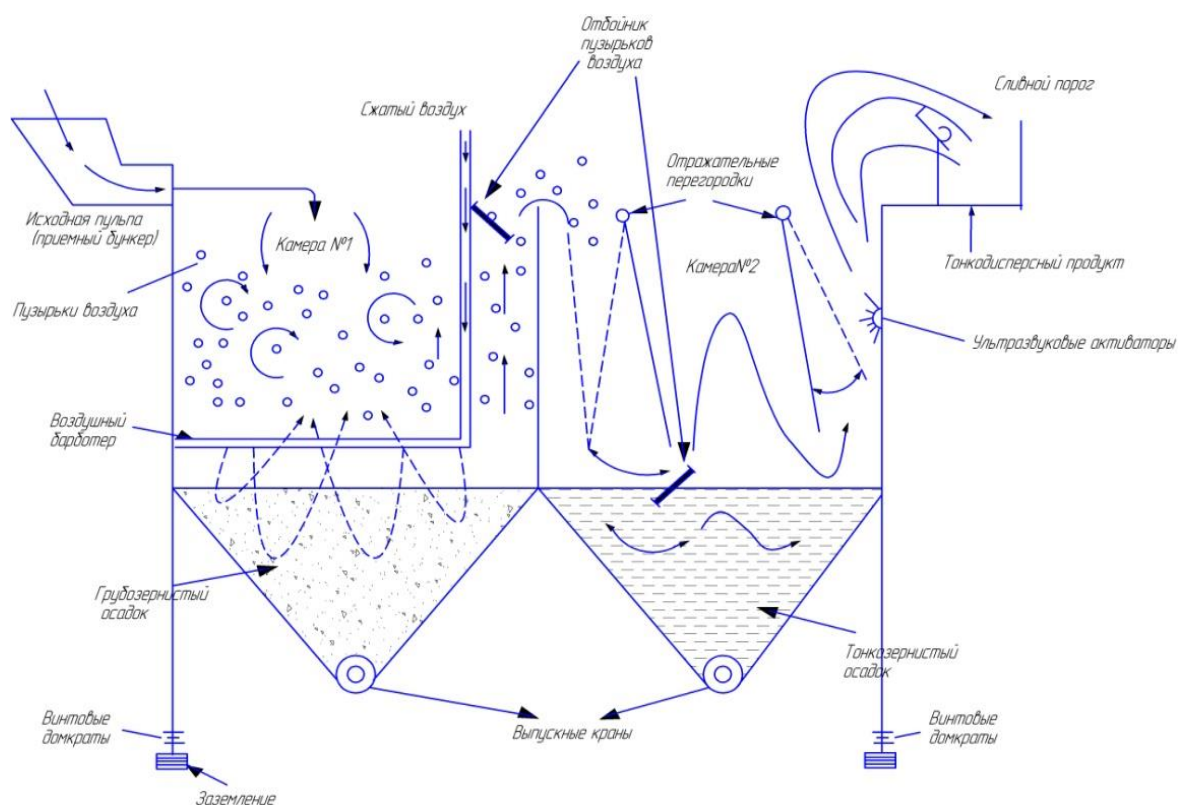
Бөлу камераларда алдымен өрескел өсінділер мен ауыр минералдардың ауа және су ағындарының турбулентті ағынында (1-камера), содан кейін 2-камерада пульпаның ламинарлық ағынына байланысты жұқа және жұқа бөлшектердің бөлінуі жүреді. Гидравликалық жіктеу үздіксіз жоғары, қисық сызықты ағындарда жүзеге асырылады және үлкеннен кіші сыныпқа дейін жүреді.

Бірінші камерада бөлінетін бөлшектердің мөлшері мен тығыздығы үлкен мәнге ие, екінші камерада бастысы – бөлшектердің мөлшері мен формасы және олардың құрылымының табиғаты, ал қара өрікте-бөлшектердің мөлшері. Пульпаның аэрациясына байланысты бірінші камерада ауа көпіршіктері минералданады, көпіршік төменнен жоғары қарай қозғалғанда және бөлшек төмен түскенде оларға жұқа дисперсті шлам (саз) бөлшектері бекітіледі. Екіншіден, ауа көпіршіктері жарылып, басқа минералдардың қабықтары мен қабықтарынан астықты ашады («тазартарды»), минералды суспензияның жұқа ыдырауын (1-10 мкм) орындайды және үлкен дәндердің тұнуына ықпал етеді. Дешламатордың төгілуіне жұқа ыдыратылған, тазартылған материал кіреді (18-сурет). АГД құрылғысы 16-суретте көрсетілген.



А–статикалық жағдайда, Б–жұмыс жағдайында (қара-магнетит), В–діріл механизмі

15 сурет – Екібастұз көмірінің күлқож қалдықтарына технологиялық сынақтар жүргізу кезінде пайдаланылған, діріл механизмімен толықтырылған сериялы шығарылатын винтті сепаратор.



16 сурет – Аэрогидродешламатор схемасы (АГД)

АГД мерзімді және үздіксіз режимде, өз бетінше немесе басқа байыту аппараттарымен (ортадан тепкіш аппараттар, витті сепараторлар және отсадка машиналары) біріктіріп жұмыс істей алады. Ірі көлемді сынаманы байытудың технологиялық тізбегінде ол ортадан тепкіш табақшалы аппаратының қалдықтарына орнатылады.

Ағызу тек гидрометаллургиялық немесе басқа жолмен алынуы мүмкін ешқандай гравитациялық аппаратпен алынбайтын пайдалы компонентті алады.

Эксперименттерде техникалық сипаттамасы.	қолданылатын	аэрогидродешламатордың
Төгу шегінің диаметрі, мм		–150
Айна ауданы, м ²		–1,1
Камералардың жұмыс көлемі, м ³		–0,67
Өнімділік, т/с		–1,5-4,0
Ауа шығыны; м ³ /сағ		–2-4
Жалпы өлшемдері		
ұзындығы		–1700 мм
ені		–650 мм
биіктігі		–1200 мм
Салмағы, т		–0,12

Электрлі компрессор	
Кернеуі, В	–220
Жиілігі, Гц	– 50
Қуаты, кВт	– 1,8
Бос жүріс жылдамдығы, айн/мин	– 2850
Ресивер көлемі, л	– 24/50
Өнімділік, л/мин	– 206/226
Шығарудағы максималды қысым, бар (Па)	– 8 (800000)
Аппараттың құрылымы	

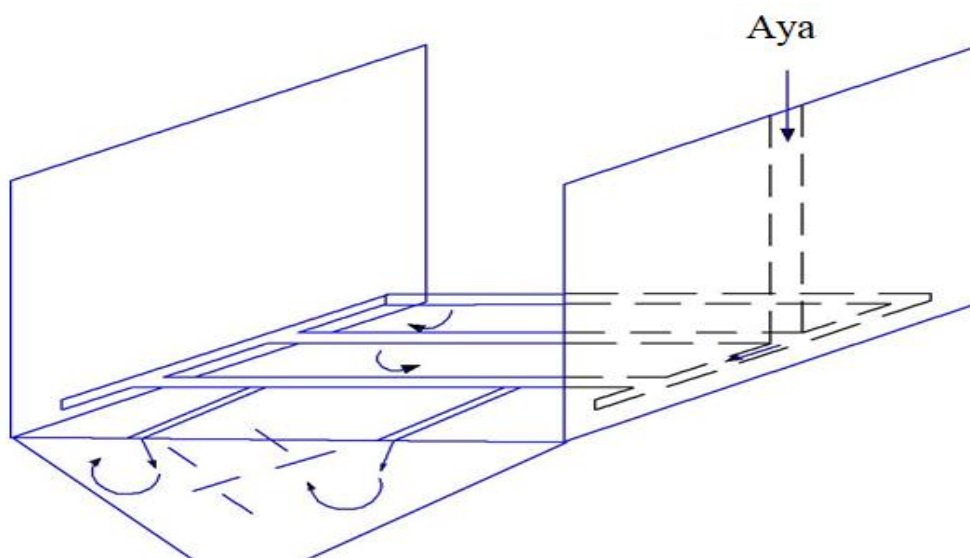
Барлық аппарат көлемі 1700x650x1200 мм темір қорап болып табылады, 2 камераға бөлінген, оған су минералды қоспасы беріледі ($Q:C=1:3-10$). Қорап көлбеу бұрышын орнатуға арналған бүйірлік тұтқалармен және бұрандалы негіздермен (өкшелермен) жабдықталған.

Алдыңғы жағында шағылысатын бөлімдердің көлбеу бұрышын басқару элементтері орналасқан, олар біріншіден екінші камераға ағатын пульпа ағынын және екінші камерадан ағызуды реттейді.

Айналдырғыштар мен ауа көпіршігі дефлекторлары тік айналмалы токтардың пайда болуына, сондай-ақ араластырғыш қалақтарының әр түрлі көлбеу бұрыштарында ықпал етеді.

№2 камераның төменгі немесе жоғарғы бөліктеріне үрлеу үшін арақабырғалар 90° -тан кем немесе одан көп көлбеу бұрышпен орнатылады.

Пульпаны араластыру және қатты бөлшектерді бөлу көбіктену арқылы жүзеге асырылады, яғни, пульпа арқылы ұсақ ауа көпіршіктерін өткізу. Ол үшін бірінші камерада әрқайсысының төменгі бөлігінде 56 тесік ($d=1,0$ мм) бар көлденең орналасқан үш құбыр ($d=15$ мм) болатын ауа көпіршігі орнатылған (19-сурет). Саңылаулардағы ауа бірдей гидравликалық кедергіні жеңіп, тесіктерден біркелкі шығып кетеді, бұл конустық шұңқырдағы шөгінділердің жақсы араласуына ықпал етеді, ал тесіктердің төменгі орналасуы оларды құммен бітелуден қорғайды. Ауа қысыммен беріледі. Сумен нашар суланған минералдардың бөлшектері (күкірт, тальк, графит, сульфидтер, кейбір жағдайларда табиғи металдар) ауа көпіршіктеріне жабысып, олармен бірге пульпа бетіне қалқып шығады. Күшті гидрат қабығымен қоршалған сумен жақсы суланған бөлшектер ауа көпіршіктеріне жабыспайды және сулы ортада қалады.



17 сурет – Барботер

Айтпақшы, пульпаға көбіктендіргіш реагенттерін (қарағай майы және т.б.) қосу пульпадағы ауа көпіршіктерінің тұрақтылығы мен ұзақтығын қамтамасыз етеді.

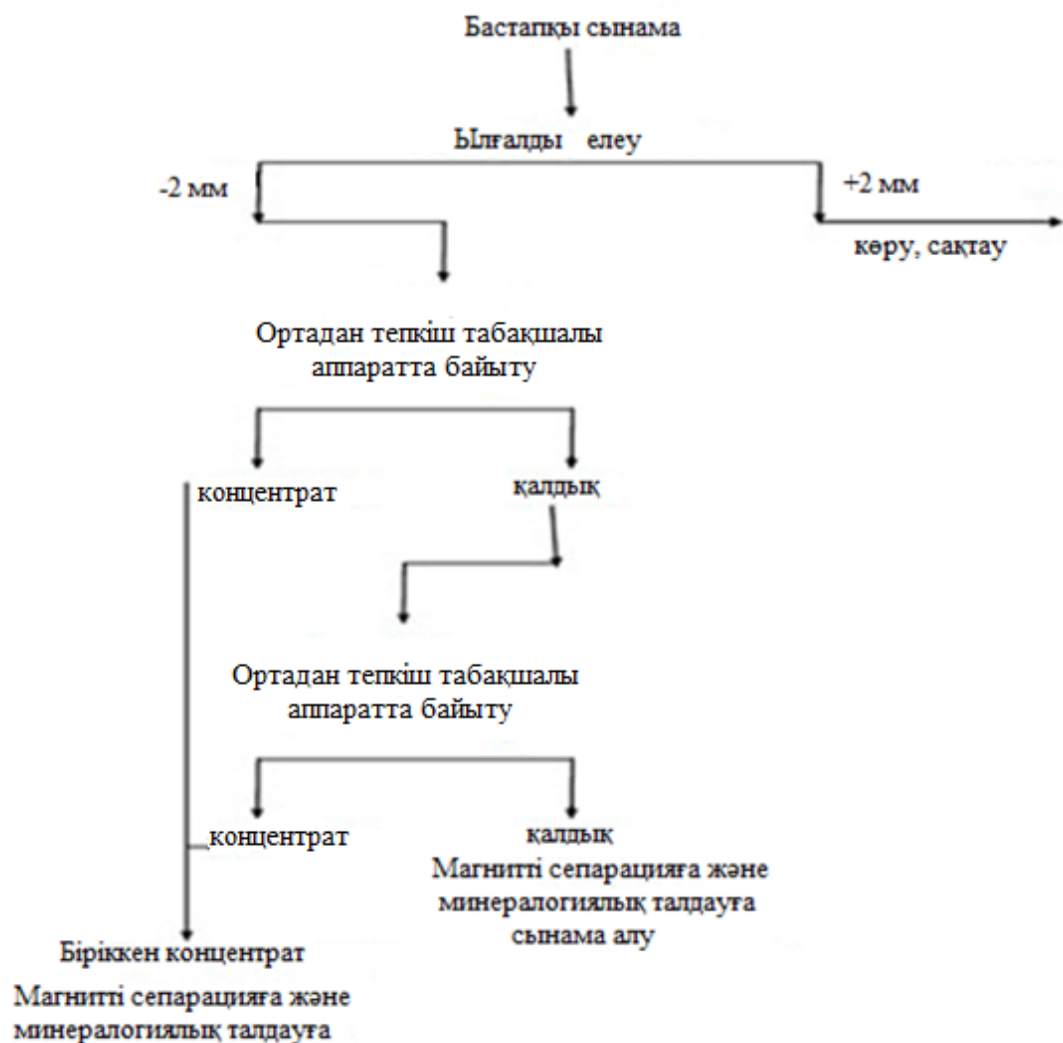
Шөгінділер камералардың конустық түбінде орналасқан шарлы крандардың көмегімен шығарылады, ағызу шегі арқылы жіберіледі, ол арқылы шламдар шығарылады.

Шлактар әдетте жұқа минералды бөлшектер деп аталады, олардың мөлшері 15-тен 500 микронға дейін және шикізат түріне және байыту әдістеріне байланысты. Түсті және қара металл кендерінің флотациялық шламдары 15 мкм, көмірі 500 мкм-ден аз, кенді емес минералдар 150 мкм, біздің жағдайда сирек жер және алтын кендері үшін 44 мкм.

Айта кету керек, ең күрделі саз қоспалары шламдардың пайда болуының негізгі көзі болып табылады және басқа ұқсас пластикалық қасиеттері сияқты «дисперсті минералдарға» жатады. Суға батырылған кезде олар жұқа тақталарға бөлінеді және оларды тұндыру үшін арнайы активтендіру әдістері қажет, атап айтқанда ультрадыбыстық.

АГД-дағы құмдарды судың жоғары ағындарымен бөлу жіктеуіш камераларында жүзеге асырылады, олардың өнімділігі жұқа бөлшектер ағызылатын соңғы камераның жұмыс көрсеткіштері бойынша есептеледі. Соңғы камерада бөлшектердің жеткіліксіз тұндыру ауданының (су айнасының) жұқа шламдары көп болған кезде сыныптау өнімділігі төмендейді. АГД-да шламдарды шығару 0,04 мм шекаралық ірілігі бойынша жүргізіледі.

Аяқтау модулі винтті сепаратор мен ортадан тепкіш табақшалы аппараттарының концентраттарын тазарту үшін пайдаланылды. Сонымен қатар, аяқтау модулі жедел гравитациялық – магниттік тестілеу үшін жұмыс аппараты ретінде пайдаланылды (18-19-сурет).



19 сурет – Гравитациялық-магниттік тестілеуге сынамаларды өңдеудің технологиялық схемасы

Скруббер-бутараның техникалық сипаттамасы:

– материалдың өнімділігі, м ³ /сағ	– 0,5-1,0
– 1 м ³ құмға су шығыны, м ³ /сағ, артық емес	– 8,4
– барабан-електің айналу жиілігі, айн/мин	– 28
– барабан бұрышы – елек	– 20
– елеу тиімділігі, % кем емес	– 90
– ыдырау дәрежесі, % кем емес	– 90
– эфельді шлюз концентратының шығуы, см ³ (л)	– 1500 (1,5)
– қозғалтқыштардың жалпы белгіленген қуаты, кВт	– 14
– габариттік өлшемдері, мм, артық емес:	
ені	– 1300
биіктігі	– 2025
ұзындығы	– 5200
– салмағы, кг, артық емес	– 1500

Жұмыс тәртібі. Сынаманың бастапқы материалы өлшенеді, дымқыл електен өткізіледі (60 мм) және дезинтеграцияға алдымен скрубберде, содан

кейін импеллерлік бастиектері бар дезинтеграторға және бутарға (барабан-елек) беріледі. Барабан-електің айналуы және судың әсері нәтижесінде материал түпкілікті ыдырайды және жуылады, бір уақытта үш ірілік класына жіктеледі:

-60+8 мм; -8+2 мм; -2+0 мм

Ірілігі -60+8 мм галькатас ішкі барабанда жиналады және сақиналық табалдырық арқылы өзін-өзі ұстайтын шлюзге және одан әрі үйіндіге түсіріледі.

Ірілігі -8+2 мм материал барабан-електің сақиналы кеңістігінде ішінара жиналады және артқы ернеуіндегі саңылаулар арқылы эфель шлюзіне түседі, ал ірілігі -2+0 мм материал сумен бірге түсіру бункеріне түседі және вибровинтті сепараторда және ортадан тепкәш табақшалы аппараттарда одан әрі гравитациялық байыту үшін сорғымен беріледі.



20 сурет – Екібастұз көмірінің күлқож қалдықтары материалын скруббер – бутарада дезинтеграциялаудың және жіктеудің технологиялық процесі

Магниттік бөлу Nd-Fe-B магниттерінен құрастырылған қолмен жүретін магниттік зондтарды қолдану арқылы жүзеге асырылды (21-сурет).

	Зонд №1	Зонд №2	Зонд №3	Зонд №4
Магнитті индукция	100 мТл	200 мТл	300 мТл	400 мТл
Кернеу	80 кА/м	160 кА/м	240 кА/м	320 кА/м
магнит өрісі	1000 Эрстед	2000 Эрстед	3000 Эрстед	4000 Эрстед

Зондтардың жұмыс бетіндегі магниттік индукция диапазоны (цилиндр тәрізді) 100 мТл-ден 400 мТл-ге дейін өзгереді, бұл зерттелетін материалдың кез-келген мөлшерінде қатты және әлсіз магниттік бөлшектерді алуға мүмкіндік береді.

Магниттік өнім (22-сурет) өлшенеді, магниттік фракцияның құрамы (шығым) анықталады және бөліп алу есептеледі.

Оптикалық әдіс микроскоппен магниттік фракциядағы минералдардың құрамын анықтайды.

Танталит пен колумбит қиғаш жарықта және шағылысқан жарықта (23-24-сурет) ішкі қызыл рефлексдерді көрсетеді, оларды жақсарту үшін оларды тұтатып, олардың санын анықтауға болады.

Сондай-ақ, магниттік фракцияны өлшегеннен кейін оны 50%-тік тұз қышқылында 5-10 минут қайнатып ерітуге болады. Магнетит, Mn, Fe гидроксиді толығымен ериді. Ерігеннен кейінгі қалдық өлшенеді. Ерігенге дейінгі фракцияның салмағы мен ерімейтін қалдық арасындағы айырмашылық магнетит, Mn, Fe оксидтерінің салмағына байланысты.

Осылайша, минералды-технологиялық зерттеулер жүргізу кезінде минералданудың күлқождық қалдықтарыны зерттеудің барлық қол жетімді әдістемелік тәсілдері, гравитациялық байыту бойынша аппараттық жетістіктер қолданылды. Аппараттар тізбегінің технологиялық схемасында тәжірибе жасау үшін жиналған барлық жабдықтар қалдықтарды өңдеуге арналған болашақ өнеркәсіптік кешеннің моделі болып табылады (25-сурет).



21 сурет – Сирек кездесетін магниттік зондтар



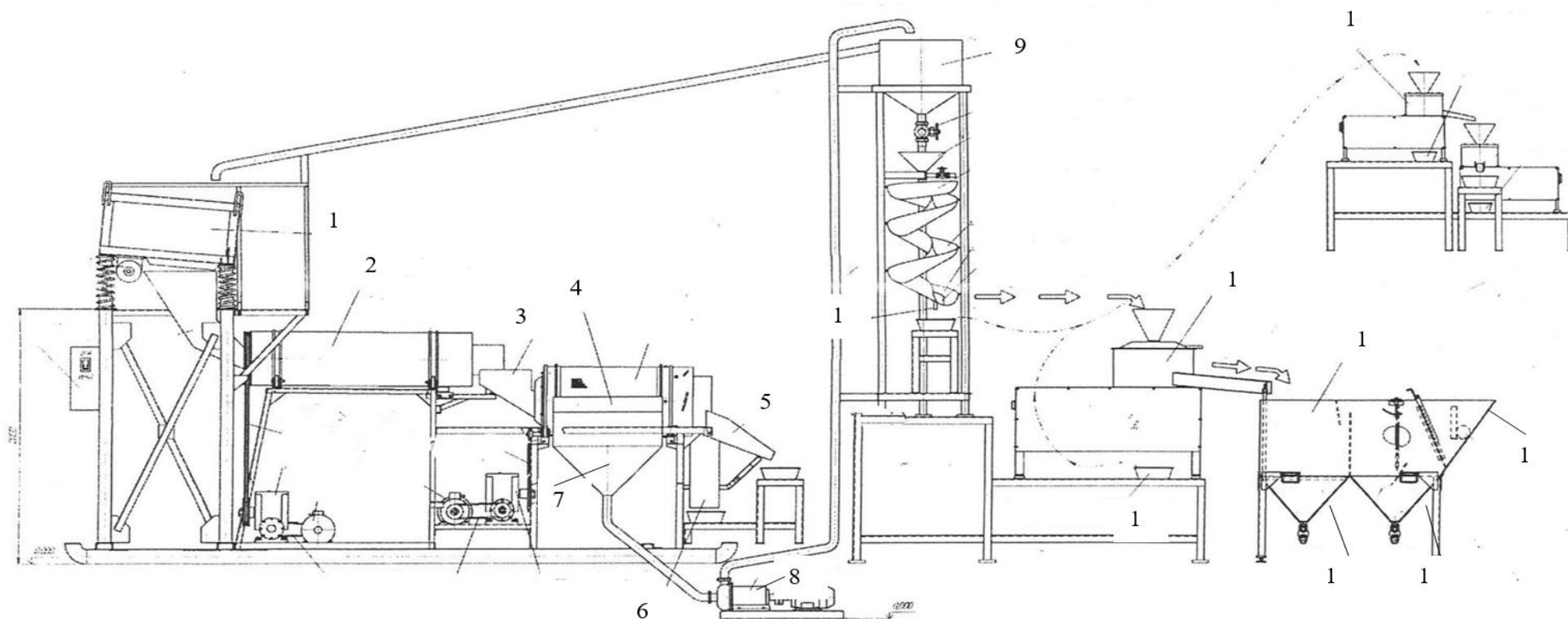
22 сурет – Магнитті өнім



23 сурет – Оптикалық микроскоп – өтетін және қиғаш жарықтағы зерттеулер



24 сурет – Шағылысқан жарықта зерттеуге арналған оптикалық микроскоп



1 – колосникті елегі бар тиеу бункері; 2 – скруббер; 3 – дезинтегратор; 4 – бутара; 5,6 – ірі (өздігінен тұтқыш) және ұсақ толтыру шлюздері; 7 – жіктелген материалды қабылдау зумпф (-2+0 мм); 8 – құм сорғысы; 9 – вибровинтті сепараторды қоректендіру бункері; 10 – вибровинтті сепаратордың концентраторы; 11 – ортадан тепкіш табақшалы аппараты (өнімділігі 1000 кг/сағ); 12 – концентрат; 13 – аэрогидродешламатор; 14,15 – камера 1, камера 2 дешламатор; 16-ағызынды немесе соңғы қалдықтар; 17 – аяқтау модулі- өнімділігі төмен ортадан тепкіш табақшалы аппараттарының каскады

25 сурет – Зертханалық қондырғы аппараттары тізбегінің технологиялық схемасы

ҚОРЫТЫНДЫ

Магистрлік диссертация нәтижелері бойынша қысқаша қорытындылар «Күлқождық қалдықтарынан бос алтынды бөліп алуды зерттеу» тақырыбына сәйкес жүргізілген зерттеулер негізінде мынадай қорытынды жасауға болады:

1. Степногорск ЖЭО-ның күлқождық қалдықтарының іріктелген сынамасында алтын мен темірдің гранулометриялық құрамы мен таралуы зерттелді. Күлқождық қалдықтарының негізгі минералдары—муллит, магнетит, гематит қоспасы бар кварц, кристобалит, кальцит, гипс. Химиялық құрамда алюминий, кремний, темір, кальций басым. Қоспа ретінде титан, марганец, хром анықталды.

2. Дәлме-дәл зерттеу әдістерін қолдана отырып, минералды және химиялық қосылыстарды зерттей отырып, гранулометриялық талдау құрамында күл бар қалдықтар материалының ірі түйіршікті, орташа түйіршікті және ұсақ түйіршікті бөлігінде ірілік кластары бар алтын мен темірді бөлуге мүмкіндік берді. Күлқождық түзілімдерінің өлшемділігіне қарамастан жалпы алтынның құрамы шамамен бірдей-0,2-0,4 г/т, бұл алтынның жұқа дисперсті сипатын көрсетеді.

3. Күлқождық материалының ірі түйірлі, орташа түйірлі және ұсақ түйірлі материалын вибровинттік сепараторды және ортадан тепкіш табақшалы аппараттарының каскадын және Nd-Fe-B магниттерінен бос табиғи алтын мен темірді алу үшін жиналған магниттік зондты пайдалана отырып, гравитациялық және магниттік байыту бойынша зерттеулер жүргізілді. Ірілік класы 0,25 мм-ден астам ірі түйіршікті материалды вибровинтті сепаратор концентратында байыту нәтижесі бойынша алтынның құрамы 52,58% бөліп алу кезінде 0,99 г/т құрады. Дірілді ортадан тепкіш табақшалы аппаратының концентратында тиісінше 1,45 г/т және 10,64%. Күлқождық қалдықтарындағы алтынның бастапқы құрамында 0,13 г/т.

4. Ірілік класының орташа түйіршікті материалын байыту нәтижесі бойынша -0,25+0,044 мм тиісінше 61% бөліп алумен 0,54 г/т құрады. Ірілік класының ұсақ түйіршікті материалын байыту нәтижелері бойынша -0,044+0 мм тиісінше 76,18% бөліп алумен 0,37 г/т құрады. Алтынның құрамы бойынша төмен көрсеткіштер алынды, себебі алтынның гравитациясыз байланысқан түрінде болуы.

5. Магнит өрісінің кернеуі 4000 Эрстед болған кезде алынған гравитациялық концентратты магниттік бөлу арқылы магниттік емес фракцияның концентратындағы алтынның құрамын 25,64% бөліп алу кезінде 0,99 г/т дейін көтере алды.

6. Ірілік класы 0,25 мм-ден асатын ірі түйірлі материалды вибровинттік сепаратор концентратында өңдеу кезінде темірдің құрамы 66,49%-ды бөліп алу кезінде 39,0%-ды құрады. Дірілі ортадан тепкіш табақшалы аппаратының концентратында тиісінше 16,64 г/т және 4,03%. Аэрогидродешламатордың камералық өнімінде тиісінше 2,60% және бөліп алынуы 11,79%. Нәтижесінде

құрамында 15% темір бар күлқождық қалдықтарынан байытудың магниттік әдісі операциядан 85,89% алынған кезде құрамында 58,0% темір бар өнімге алынды. Күлқождық шикізатындағы темірдің бастапқы құрамы 9,67%.

7. Байыту өнімдеріндегі алтынды ашу мақсатында алынған гравитациялық концентраттар алынған концентраттардағы алтын құрамының шынайы мәнін анықтау үшін оларды кинетикалық спектрлік талдауға дайындау үшін қайта ұнтақталды.

8. Ірілік класынан $-0,044+0$ мм гравитациялық байыту өнімдерін магниттік сепарациялау арқылы құрамында 5,50 г/т алтын бар, 90,84%-ға дейін бөліп алынып магниттік емес өнімге бөлінген.

9. Зерттелетін күл мен байыту өнімдерінің қатты фазалық дисперсті сынамаларын кинетикалық спектрлік әдіспен (КСӘ) талдау тек жұқа дисперсті алтынның ғана емес, платинаның да бөлшектерін анықтауға мүмкіндік берді.

Ортадан тепкіш гравитациялық аппараттарды байыту қалдықтарын талдаудың кинетикалық спектрлік тәсілімен жұқа дисперсті алтынның (0,32 г/т), атомдық-абсорбциялық талдаумен (0,16 г/т), тиісінше 7,3 г/т және 0,77 г/т жұқа дисперсті алтынның вибровинтті сепаратор концентратынан құрамы анықталды. Сондай-ақ, құрамында 1,1 г/т атомдық-абсорбциялық талдаумен салыстырғанда құрамында 8,9 г/т болатын жұқа дисперсті алтынның құрамы КСӘ әдісімен анықталған. Осылайша, күлдің алтындығын екі көрсеткіш бойынша бағалауға болады – бос және байланысты мөлшерде.

Кинетикалық спектрлік әдіспен атомдық-абсорбциялық талдаудан айырмашылығы, жұқа бөлінген байланысқан алтынның нақты құрамын жеткілікті түрде анықтауға болады.

Бастапқы шикізаттағы, сондай-ақ байыту өнімдеріндегі жұқа алтынды анықтау үшін кинетикалық спектрлік талдау әдісінің нәтижелері геологиялық мәселелерді шешуге ғана емес, сонымен қатар технологиялық мәселелерді шешуге де пайдалы.

10. Күлқождық қалдықтарын қайта өңдеу бойынша байыту кешені әзірленді, ол одан байытудың гравитациялық-магниттік әдісі негізінде алтын мен құрамында темір бар өнімдерді алуға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Бекман В.М. Месторождения углей // Геология СССР Т. XX, Центральный Казахстан / Полезная ископаемые. –М. Недра, 1989. С. 135-196.
- 2 Хамзин В.С., Байдалинов А.Т. О расширении сфер использования минерального сырья // Геология и охрана недр. –Алматы. №2, 2003. С. 63-65.
- 3 Середин В.В. Основные типы металлоносных углей и перспективы их промышленного освоения. Благородные и редкие металлы // Труды Междунар. конф. «БРМ 2003» (Донецк, 22–26 сентября 2003 г.). – Донецк, 2003. –С. 109–111.
- 4 Середин В.В. Металлоносность углей: условия формирования и перспективы освоения. Угольная база России // Том VI (Сводный, заключительный) / Основные закономерности углеобразования и размещения угленосности на территории России. – М. ЗАО «Геоинформмарк», 2004. – С. 453–518.
- 5 Арбузов С.И., Маслов С.Г., Рихванов Л.П., Судыко А.Ф. Формы концентрирования золота и угля // Геология и охрана недр. –Алматы. –№ 3 – 2003. –С. 15–20.
- 6 В.Г. Гаранин, С.Б. Заякина, Г.Н. Аношин Современный сцинтилляционный атомно-эмиссионный анализ в геолого-геохимических исследованиях // «Химический анализ в геологии и геохимии» / Под ред. Г. Н. Аношина. –Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО», 2016. С. 244-254.
- 7 Прокопчук С. И. Сцинтилляционный спектральный анализ в геологии / Отв. ред. Л. Л. Петров. Иркутск: Институт геохимии СО РАН, 1994. – С. 64.
- 8 Шавекин А.С., Купцов А.В., Заякина С.Б., Аношин Г.Н. Сравнение результатов сцинтилляционного атомно-эмиссионного анализа, полученных с использованием установки «Поток» и дугового двухструйного плазмотрона «Факел» // Заводская лаборатория / Диагностика материалов. –М. 2017. - №1, Т.83. – С. 97-100.
- 9 Заякина С.Б., Шавекин А.С. Применение эмиссионной спектроскопии высокого временного разрешения для изучения распределения благородных металлов в горных породах и рудах. //Третий съезд аналитиков России. – Москва, 2017. – С. 489.
- 10 Селюнин Д.О., Бабин С.А., Лабусов В.А. Высокоскоростные анализаторы МАЭС с интерфейсом Gigabit Ethernet // Заводская лаборатория. Диагностика материалов / 2012. – Т. 78 – № 1-II. –С. 39-43.
- 11 АТОМ 3.3 Программный пакет для атомно-эмиссионного спектрального анализа // Руководство пользователя ПО «АТОМ 3.3» / ВМК-Оптоэлектроника // Новосибирск, 2014. –С 100.

Диссертация тақырыбы бойынша жарияланған мақалалар тізімі

1 Мамбеталиева А.Р., Акказина Н.Т., Нурманова А.Н., Бакраева А.Н., Ералиев А.А. Исследования по переработке золошлаковых отходов с получением продуктов обогащения. XXV международной научно-технической конференции «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья». Екатеринбург, 07-10 апреля 2020. С.124-128.

2 Шаутенов М.Р., Акказина Н.Т., Ералиев А.А., Кошер Г.К. Вопросы золотоносности углей и продуктов их сгорания. Труды Сатбаевских чтений «САТБАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021». Алматы, 2021. С.1001-1005.

МАТЕРИАЛЫ

XXV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

*Научные основы и практика переработки
руд и техногенного сырья*

07-10 апреля 2020 г.

Екатеринбург – 2020

Министерство науки и высшего образования РФ

Уральский государственный горный университет

Горно-металлургическая секция
Российской академии естественных наук

ООО «Таилс КО»

XVIII УРАЛЬСКАЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ДЕКАДА

XXV МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья

ПРОГРАММА

Екатеринбург, 2020

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЕЛЬМАЧИК Василюк П. А., Размахнин К. К.	100
КОМПЛЕКСНЫЙ РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА Шепелев И. И., Головных Н. В.	104
ПЕРЕРАБОТКА ХВОСТОВ ЗОЛОДОДОБЫЧИ МЕТОДАМИ ИОНОСОРБЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ Головных Н. В., Чудненко К. В., Шепелев И. И.	110
ВИНТОВАЯ СЕПАРАЦИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ РУД Турецкая Н. Ю., Прокопьев С. А., Прокопьев Е. С., Емельянова К. К., Кадесников И. В., Копылов С. А.	115
ВЫБОР ИОНИТА ДЛЯ СОРБЦИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ РАСТВОРОВ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ОСТАТКА ОТ ХЛОРИРОВАНИЯ ЦИРКОНОВОГО ПРОМПРОДУКТА Найманбаев М. А., Дмитриев А. Н., Лохова Н. Г., Балтабекова Ж. А.	119
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ Мамбеталиева А. Р., Акказина Н. Т., Нурманова А. Н., Бакраева А. Н., Ералиев А. А.	124
ФЛОТАЦИЯ ЛЕГКОЙ ФРАКЦИИ ПРЕДКОНЦЕНТРАЦИИ В ТЯЖЕЛЫХ СУСПЕНЗИЯХ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШАЛКИЯ Телков Ш. А., Мотовилов Н. Ю., Барменшинова М. Б.	128
ПОЛУЧЕНИЕ КАЛЬЦИЕВОЙ СЕЛИТРЫ ИЗ РАСТВОРОВ ОТ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ТИТАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА Ультаракова А. А., Есенгазиев А. М., Касымжанов К. К., Улдаханов О. Х.	132
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ШЛАМОВЫХ ВОД МЕТОДОМ УЛЬТРАФЛОКУЛЯЦИИ Билялова С. М., Есенгазиев А. М., Мукатаева Н. Н.	137
ФЛОТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ БАРИТСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ Тусунбаев Н. К., Турысбеков Д. К., Нарбекова С. М., Калдыбаева Ж. А., Мухамедилова А. М., Мусина М. М., Садык Б.	142
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ РЕАГЕНТОВ НА ПРОЦЕСС РАЗДЕЛЕНИЯ МЕДНО-СВИНЦОВОГО КОНЦЕНТРАТА Турысбеков Д. К., Муханова А. А., Нарбекова С. М., Калдыбаева Ж. А., Мусина М. М., Мухамедилова А. М., Асан Е. А.	146
ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА И МИКРОСТРУКТУРЫ ХВОСТОВЫХ ОТХОДОВ НГМК Шарипов Х. Т., Турсебеков А. Х., Авазбекова А. А., Жураев Х. Б.	149

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Мамбеталиева А. Р., Акказина Н. Т., Нурманова А. Н., Бакраева А. Н.,
Ералиев А. А.

Satbayev University, г. Алматы, Казахстан

Золошлаковые отходы (ЗШО) – это несгораемая минеральная часть углей, образующаяся при сжигании их в ТЭЦ для получения электрической энергии и тепла. В Казахстане к 2020 году будет накоплено 650 млн. т ЗШО, а к 2030 соответственно 1 млрд. т.

По данным энергетиков затраты на содержание 1 т ЗШО составляет 2,0-3,5 тыс. тенге или 5-7 % себестоимости электроэнергии. Затраты на реконструкцию старых золоотвалов достигает 5 млрд. тенге, а строительство нового 20 млрд. тенге. В Казахстане 80 % электроэнергии вырабатывается 37 тепловыми электростанциями, работающих на Экибастузском угле. Очевидно, что золошлаковые образования еще будут неотъемлемой частью промышленной инфраструктуры городов с нарастающими экологическими проблемами. Поэтому разработка технологии переработки и утилизации ЗШО не просто актуальная задача, а жизненно необходимая для сохранения здоровья людей (загрязнение воздушной и водной среды), животного и растительного мира.

При сжигании углей образуются два вида золошлаковых отходов. Пылевидные частицы (10-15 %), которые уносятся с дымом, так называемая, сухая зола уноса, улавливается воздушными циклонами или электрофильтрами и почти вся идет на переработку в строительство (изготовление цемента, панелей и т.п.) [1].

Зернистые ЗШО, которые накапливаются в золоотвалах ТЭЦ и состоят из более крупных частиц и шлаков. Выводятся из топок системами гидрозолошлакоудаления, так называемое мокрое золоудаление, и они составляют основной объем отходов 85-90 %. По своему составу материал крайне неоднородный, наряду со шлаками (спекшиеся в агрегаты мелкие частицы) и тонкозернистые фракции алюмосиликатного состава в смеси с несгоревшими угольными частицами (так называемый недожог).

Объектом наших исследований является золошлаковые отвалы Степногорской (Акмолинская область) ТЭЦ, работающей на Экибастузских углях. Среди полезных компонентов данного техногенного сырья главными являются золото и железо (рудные) и различные микросферы кварца, кремнийорганических соединений.

Химический состав золы (%): SiO_2 – 57,7; Al_2O_3 – 25,1; CaO – 3,65; MgO – 1,30; Fe_2O_3 – 5,89; $S_{\text{общ.}}$ – 0,15. Содержание углерода органического в зависимости от размерности исходного материала колеблется от 0,232 г/кг

до 6,65 г/кг. Отмечается присутствие нефтеподобных продуктов от 0,175 г/кг до 3,30 г/кг. Среди элементов – примесей выявлены медь (20 г/т), свинец (30 г/т), цинк (20 г/т). Кристаллическая фаза состоит из муллита, кварца (стекло), остатков несгоревшего углистого материала.

Проба для исследований была отобрана из околотрубного пространства, в зоне распространения грубозернистого, шлакового материала.

В результате проведенного нами опробования и обогащения материала проб на центробежных гидроконцентраторах казахстанской разработки [2, 3] в 30 пробах (весом 20-40 кг каждая) в классе крупности минус 2 мм золы было установлено наличие свободного самородного золота от единичных до первых сотен зерен. Средний размер золотинок (253 замера) составляет $71 \times 42 \times 30$ мкм. Гранулометрическая характеристика золотинок ничем не отличается для лежалых, древних и текущих золоотвалов. По морфологическим признакам выделяется золотины изометрической, шаровидной и неправильной комковидной формы, присутствующие примерно в равных соотношениях. Цвет золота от ярко-желтого, желтого с бронзовым оттенком до желтовато-зеленовато-серого. Совместно с свободным самородным золотом в концентратах присутствуют сферомagnetит (от 56 мкм и более), сферы кварца, железо, белый самородный металл возможно (Pt, Pd), гипс, арсенопирит, пирит, халькопирит.

Следует подчеркнуть, что совместно с свободным самородным золотом установлено большое количество сферомagnetита, но прямой количественной связи между ним и золотом не наблюдается.

Выполненные лабораторные испытания по гравитационному обогащению материала класса крупности $-2+0$ мм показали принципиальную возможность извлечения золота (~45 %) в гравикоцентрат. По опыту работ, доизмельчение материала позволит повысить извлечение не менее чем на 20-30 %. Показательно, что более третьей части железа извлекается попутно. Минеральной формой железа является сферомagnetит. Если содержание magnetита в концентрате вибровинтового сепаратора составляет 77 % и только 23 % кварца, то в хвостах обогащения magnetита – 33,1 % и примерно столько же кварца (28,9 %).

Гранулометрический состав исследуемого материала и распределение в нем золота (атомно-абсорбционный анализ) и железа по фракциям приводится в таблице 1.

Результаты контрольного обогащения золотосодержащих золотошлаковых образований естественной крупности на вибровинтовом сепараторе и виброцентробежных чашевых аппаратах [4] представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Гранулометрический состав золошлакового отхода и распределение золота и железа по классам крупности

Класс крупности, мм	Выход		Содержание		Распределение, %	
	г	%	Au, г/т	Fe, %	Au	Fe
+2	147	9,16	0,09	9,08	6,15	5,53
–2+0,25	432	26,92	0,18	} 15,59	36,92	} 58,93
–0,25+0,1	478	29,78	0,13		30,0	
–0,1+0,044	503	31,34	0,10	16,92	23,85	35,33
–0,044+0	45	2,80	0,13	4,45	3,08	0,21
Исходная проба	1605	100	0,13 (0,15)	15,00	100	100

Таблица 2 – Результаты контрольного обогащения золотосодержащих золошлаковых образований естественной крупности гравитационными методами обогащения

Продукты обогащения	Выход, %	Содержание		Извлечение, %	
		золото, г/т	железо, %	золото, г/т	железо, %
+2 мм	11,11	0,25	10,38	11,23	6,47
–2+0мм					
Концентрат вибровинтового сепаратора	14,53	0,77	38,77	41,20	31,68
Концентрат виброцентробежных чашевых аппаратов	0,94	1,11	16,64	3,75	0,90
Хвосты	73,42	0,16	14,76	43,82	60,94
Исходная проба	100	0,27	17,77	100	100

Для усиления эффекта гравитации была проведена магнитная сепарация продуктов обогащения (концентрата и хвостов). Магнитную сепарацию осуществляли с помощью редкоземельных магнитов (щупах) Nd–Fe–В состава с магнитной индукцией на поверхности 100 мТл, которая соответствует напряженности магнитного поля 80 кА/м или 1000 Эрстед. Это относится к слабым магнитным полям, что позволило нам извлечь сильно магнитный магнетит. Результаты исследований приведены в таблице 3.

Магнитной сепарацией продуктов гравитационного обогащения удалось усилить полезный сигнал по золоту. Как следует из приведенных данных таблицы 3, в большинстве случаев повышенные содержание золота отмечаются в немагнитной фракции, иногда превышающие на порядок таковые в магнитной фракции.

Таблица 3 – Результаты магнитной сепарации золошлаковых образований узких классов крупности на золото продуктов гравитационного обогащения

Исходный материал	Продукты гравитационного обогащения	Выход, %	Содержание Au, г/т	Продукты магнитной сепарации	Выход		Содержание золота, г/т	Извлечение золота, %
					г	%		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
-2+0,25 мм								
Класс крупности -2+0,25 мм	Концентрат	1,67	0,32	Магнитный	32	53,33	0,19	31,08
				Немагнитный	28	46,67	0,48	68,92
				Исходный концентрат	60	100	0,32	100
	Хвосты	98,33	0,37	Магнитный	62	1,27	0,03	0,10
				Немагнитный	4658	98,73	0,18	99,90
				Исходный концентрат	4720	100	0,09	100
-0,25+0,1мм								
Класс крупности -0,25+0,1мм	Концентрат	3,60	0,37 0,27	Магнитный	42,5	61,15	0,03	20,45
				Немагнитный	27,0	38,85	0,18	79,55
				Исходный концентрат	69,5	69,5	0,9	100
	Хвосты	9,64	0,27	Магнитный	87	3,28	0,10	1,09
				Немагнитный	2564	96,72	0,28	98,91
				Исходный концентрат	2651	100	0,27	100
-0,1+0,044 мм								
Класс крупности -1+0,044мм	Концентрат	19,80	0,59	Магнитный	81,1	84,22	0,49	69,53
				Немагнитный	15,2	15,78	1,15	30,47
				Исходный концентрат	96,3	100	0,59	100
	Хвосты	86,20	0,11	Магнитный	60	7,39	0,44	30,18
				Немагнитный	552	92,61	0,08	69,82
				Исходный концентрат	612	100	0,11	100
-0,044+0 мм								
Класс крупности -0,044+0 мм	Концентрат	8,2	2,73	Магнитный	4,5	54,88	0,45	9,16
				Немагнитный	3,7	45,12	5,50	90,84
				Исходный концентрат	8,2	100	2,73	100
	Хвосты	92,8	0,19	Магнитный	5,7	9,50	1,48	72,16
				Немагнитный	54,3	90,50	0,06	27,84
				Исходный концентрат	60,0	100	0,19	100

Список литературы

1. Ватин Н. И, Петросов Д. В., Калачев А. И. Лахтинен П. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 4. с. 16-21.
2. Инновационный патент № 25645 от 29.04.2011 г. Центробежный гидроконцентратор. Шауенов М. Р., Байысбеков Ш., Перегудов В. В., Божко А. Н., Сажин Ю. Г., Акказина Н. Т.
3. Инновационный патент № 30418 от 23.09.2015 г. Виброцентробежный чашевый аппарат периодического действия. Шауенов М. Р., Перегудов В. В., Ожогин Г. А., Мотовилов И. Ю.

"САТПАЕВ ОҚУЛАРЫ - 2021"

СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫНЫҢ

ЕҢБЕКТЕРІ

I Том

ТРУДЫ

САТПАЕВСКИХ ЧТЕНИЙ

"САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2021"

Том I

PROCEEDINGS

SATPAYEV'S READINGS

"SATPAYEV READINGS - 2021"

I volume

Алматы 2021 Almaty

разделения гравитационных концентратов железомарганцевой руды месторождения «Керегетас» с использованием процесса магнитной сепарации	
Гущин В.В. Исследование возможности интенсификации процесса сорбционного извлечения соединений урана	922
Ильясов А.Е., Байқоңырова Ә.Ә., Суримбаев Б.Н. Алтынды агитациялық және сорбциялық шаймалау бойынша зерттеулер	925
Исламов К.Б., Баймбетов Б.С. Электролиз вольфрамата натрия	929
Қадырсызов Д.С. Барменшинова М.Б. Исследование сгущаемости медного концентрата с применением новых флокулянтов	933
Қали А.Ә., Бошқаева Л.Т., Акубаева Д.М., Айдарханов Д.А., Маратов С.К. Үлкен Қаратаудың ванадийлі кварциттерін өңдеуге арналған белгілі әдістерді талдау	936
Камиев М., Сәрсенова М.С., Гусейнова Г.Д. Разработка и обоснование технологии переработки хромсодержащих шламовых отходов Донского Горно-Обогатительного Комбината	940
Карелин В.А., Ле Ш.Х., Карелина Н.В., Смороков А.А. Электролитический синтез титановых порошков во фторидных расплавах	944
Хумарбекулы Е., Алтмышбаева Ә.Ж., Гусейнова Г.Д. Исследование сорбции ионов тяжелых металлов сорбентами на основе модифицированных природных цеолитов из промышленных сточных вод	949
Мамбеталиева А. Р., Турысбеков Д.К. Амантаев Д.Т. Усовершенствование технологии флотации медно-молибденовой руды	953
Мамбеталиева А.Р., Турысбеков Д.К. Мажитов Н.М., Жакупова Ж.Ж. Влияние доизмельчения пульпы на селективное разделение полезных компонентов от пустой породы при переработке тонковкрапленных руд	956
Мамбеталиева А.Р., Турысбеков Д.К. Бегжан А.Б. Исследование флотационного обогащения медно-золотосодержащей руды месторождения «Коктасжол»	960
Мамбеталиева А.Р., Турысбеков Д.К. Заинабитдинов М.Д., Таймасова А.Н. Влияние пенообразователей при флотации Бозшакольской руды	964
Мырзабекова А.М., Рыспаева М.Б. Оценка общей энергии взаимодействия частиц минералов полимерными флокулянтами	967
Молдабаева Г.Ж., Сәулебекқызы Ш. Таймасова А.Н. Селен және теллур тиотүздарының түзілу кинетикасы	973
Мулик А., Қоныратбекова С.С. Изучение сорбции и десорбции золота из иодидных продуктивных растворов	978
Мырзабекова К.Д., Мамбеталиева А.Р., Акказина Н.Т. Интенсификация технологических процессов переработки руд Актогайского месторождения	981
Нурдан М.Е., Муханова А.А. Особенности флотации бедной медно-молибденовой руды месторождения Актогай с применением композиционных реагентов	985
Нурғалым Е.Н. Влияние ингибитора отложения солей на процессы выщелачивания и переработки при ПСВ урана	989
Омар Р.С., Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю. Темірқұрамды кендердің гравитациялық байыту технологиясын зерттеу	993
Периебеков Б.А. Исследования применения аммиачной воды в качестве реагента осадителя	997
Шаутенов М.Р., Акказина Н.Т., Ералиев А.А., Кошер Г.К. Вопросы золотоносности углей и продуктов их сгорания	1001
Шаутенов М.Р., Акказина Н.Т., Кошер Г.К. Исследования по переработке золошлаковых отходов с получением железосодержащего продукта	1005
Шаутенов М.Р., Акказина Н.Т., Кожабай Б.Н. Исследования гранулометрического состава и характера распределения редкоземельных элементов в редкоземельной руде Кундыбайского месторождения	1009
Смайлов Р.Е., Айдымбеков А.Б., Ахмет Ә.М. Интенсификация процесса сорбции путем изменения технологической схемы обвязки трейнов	1012
Смороков А.А. Фтораммонийное обогащение высококремнистого титанового сырья	1016
Таубашев С.Р. Барменшинова М.Б. Исследование влияния новых реагентов вспенивателей на обогатимость медно-молибденовой руды	1018
Темірғали І.А., Байгенженев Ә.С., Сәрсенова М.С. Асбест өндірісі қалдықтарынан никель өндіру	1023
Темірхан С.Г., Чепуштанова Т.А. Технологические исследования пирротинизирующего обжига окисленной свинцово-цинковой руды и промпродукта обогащения ТОО «КАЗЦИНК»	1027
Тойлыбеков С., Мамырбаева К.К. Мыстың негізгі сульфидті минералы – халькопиритті термиялық өңдеуге термодинамикалық талдау	1031
Тулепбергенов А.К., Мамырбаева К.К. Исследование процесса выщелачивания меди из бедных концентратов	1036

М.Р. Шауменов, Н.Т. Акказина, А.А. Ералиев, Г.К. Кошер
Satpayev University, Казахстан, г. Алматы
n.akkazina@satbayev.university

ВОПРОСЫ ЗОЛОТОНОСНОСТИ УГЛЕЙ И ПРОДУКТОВ ИХ СГОРАНИЯ

Аннотация: В работе рассмотрены вопросы золотоносности углей в зависимости от региональной геохимической зональности угольных месторождений, а также возможность извлечения свободного самородного золота и железа из продуктов сжигания углей на примере Степногорской ТЭЦ Акмолинской области гравитационно-магнитными методами обогащения. Анализ морфоструктурных особенностей и химического состава минеральных фаз, обнаруженных в золе остающейся в топочной камере, свидетельствуют, что большинство минералов переходят в золу, не претерпевая существенных изменений. Сфероиды магнетита полностью сохраняют свои субструктурные особенности в виде хорошо проявленной блочной полигонизации. Золото в тонкой фракции золы отмечается крайне редко, значительная его часть, остающаяся в топочной камере, сосредоточена в недожогах, в которых также обнаружены и частицы пластины. Отмечается присутствие нефтеподобных продуктов от 0,175 до 3,30. Проведены исследования по гравитационному обогащению, отобранных проб золошлака с получением продуктов обогащения.

Ключевые слова: уголь, месторождение, золото в угле, содержание золота, геохимия, класс крупности, зола, золоотвал, свободное золото, гравитационное обогащение.

Золотоносность углей. Значительные уровни накопления золота в углях привлекают к ним внимание как к потенциальному сырьевому источнику благородных металлов, в связи с чем золото в угленосных отложениях в последнее время исследуют весьма активно. Тем не менее по-прежнему недостаточно изучены условия накопления золота в угольных пластах, а также причины, образования аномально высоких его концентраций. Не сформированы и представления о поведении золота при сгорании углей и его распределение в продуктах горения.

Авторами [1-3] была изучена золотоносность бурых углей Амурской области ими были выполнены исследование процессов миграции и локализации золота в кайнозойских угленосных отложениях на территории Зейско- Буреинского бассейна и его обрамления - Монголо-Охотского складчатого пояса, Гонжинского, Октябрьского и Буреинского массивов. Вдоль периферии бассейна развиты крупнейшие на Дальнем Востоке золотороссыпные пояса (Южно-Тукуринский, Притуранский и др.), с которыми сопряжены угленосные площади [1].

В результате проведенных исследований установлено, что распределение золота неравномерно как по разрезу пластов угля, так и по площади изученных месторождений (Сианчик, Свободное, Сергеевское, Ерковецкое и др.). Наиболее высокая степень концентрации золота отмечается на локальных участках в зонах сопряжения золотороссыпных месторождений и угленосных отложений. В массиве из 300 проб угля Ерковецкого месторождения более половины располагаются в интервале от следов до 5 г/т, при среднем значении на пласт 2 г/т, а с учетом проб с содержаниями до 10 г/т – около 3 г/т.

Золото в продуктах горения угля. В соответствии с доминирующими представлениями, принято считать, что благородные металлы при сжигании угля концентрируются в золе. В то же время, имеются материалы, свидетельствующие о высокой летучести золота [4, 5].

Фракционный и вещественный состав золы, остающейся в топочной камере и уносимой с дымом, зависит от характера распределения минеральной составляющей в угле, компонентов внешней и внутренней зольности и от технологии его сжигания.

Сравнительный анализ достаточно большого массива результатов пробирного определения содержания золота в бурых углях ряда месторождений Дальнего Востока и в золе, остающейся в топочной камере после их сжигания, свидетельствует, что содержание золота в золе относительно угля нередко понижается на 60–95%.

Анализ морфоструктурных особенностей и химического состава минеральных фаз, обнаруженных в золе, остающейся в топочной камере, свидетельствует, что большинство минералов переходят в золу, не претерпевая существенных изменений. Так, сфероиды магнетита полностью сохраняют свои субструктурные особенности в виде хорошо проявленной блочной полигонизации. Поверхность алюмосиликатных сфероидов трансформируется лишь незначительно с образованием отдельных участков стеклования, а в недожогах они полностью сохраняют свою исходную структуру. Шлаки формируются за счет более плотной агрегации различных минеральных фаз, цементируемых алюмосиликатной стеклофазой. Новообразованные фазы преимущественно сосредоточены в тонкой фракции золы и представлены оксидными и сульфатными соединениями главных золообразующих элементов Si, Al, Ca, Fe, Mg, Na, K, S, которые в углях имеют собственные минералы и входят в виде примеси в состав органического вещества и большинства минеральных фаз неорганического вещества.

Золото в тонкой фракции золы отмечается крайне редко, значительная его часть, остающаяся в топочной камере, сосредоточена в недожогах, в которых также обнаружены и частицы платины. Морфоструктурные особенности и химический состав золота в золе идентичен золоту исходных углей. Учитывая процентное соотношение золота в угле и золе, определенное пробирным анализом, а также то, что в состав золошлаков в виде недожогов входят в среднем 10–15% несгоревшего или частично сгоревшего угля, есть основание считать, что большая часть золота, присутствующая в углях, при его горении улетучивается вместе с дымом, а в топке остается в основном золото, законсервированное в недожогах, либо достаточно крупные частицы, не транспортируемые газовыми тепловыми потоками.

Нами были исследованы *золотоносность золошлаковых образований на примере золы Степногорской ТЭЦ (Акмолинской область)*.

Зола золотвала имеет следующие характеристики: содержание SiO_2 – 57,7 %, Al_2O_3 – 25,1 %, CaO – 3,65 %, MgO – 1,30 %, Fe_2O_3 – 5,89 %, *Собщ.* – 0,15 %. Содержание углерода органического в зависимости от размерности исходного материала колеблется от 0,232 г/кг до 6,65 г/кг. Отмечается присутствие нефтеподобных продуктов от 0,175 г/кг до 3,30 г/кг. Среди элементов – примесей выявлены медь (20 г/т), свинец (30 г/т), цинк (20 г/т). Кристаллическая фаза состоит из муллита, кварца (стекло), остатков несгоревшего углистого материала.

По гранулометрическим параметрам зола Степногорской ТЭЦ резко неоднородна. На карте золоотвала в околотрубном пространстве накапливаются шлаки гравийно-галечной размерности, далее песчанистой и в центре – алевритовой (рис.1).

В этом же направлении происходит увеличение содержания органического материала и уменьшение содержания золота. В результате проведенных нами исследований (обогащение на центробежных аппаратах) золоотвала Степногорской ТЭЦ в 30 пробах (весом 20–40 кг каждая) в классе крупности – 2 мм золы было установлено наличие свободного самородного золота от единичных до первых сотен знаков. Средний размер золотины (253 замера) составляет 71 х 42 х 30 мкм. По морфологическим признакам выделяются золотины изометрической, шаровидной и неправильной комковидной формы, присутствующие примерно в равных соотношениях (табл.1).

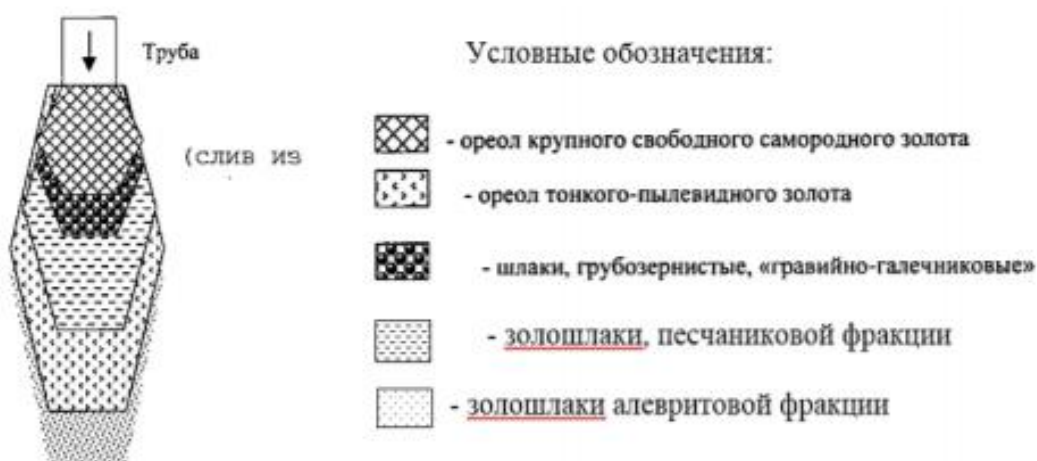


Рисунок 1 – Распределение свободного самородного золота в околотрубном пространстве золоотвала Степиногорской ТЭЦ

Цвет золота от ярко- желтого, желтого с бронзовым оттенком до желтовато-зеленовато-серого. Совместно с золотом в концентратах присутствуют сферомagnetит (от 56 мкм и более), сферы кварца, железо, белый самородный металл возможно (Pt, Pd), гипс, арсенопирит, пирит, халькопирит.

Наличие в гравитационном концентрате сферомagnetита позволяет получать железосодержащий продукт методом магнитной сепарацией.

Распределение золота в карте золоотвала крайне неравномерно, большая его часть концентрируется на сливах труб и по руслам ручьев и водотоков, подчиняется тем же закономерностям, что и для крупного золота россыпей (изгибы ручьев, повороты, перегибы поверхности, джеплотики и т. п.). В плане ореол крупного золота, «вложен» в ореолы тонкого-пылевидного (рис.1). Совместно с золотом установлено большое количество сферомagnetита, но прямой количественной связи между ним и золотом не наблюдается. Просматривается связь между гранулометрическим составом золы, чем крупнее, тем больше свободного золота. Объем песчано-гравийного материала составляет 20–30 % от его общего количества в золоотвале. По данным пробирного анализа, среднее содержание золота в классе крупности + 2 мм составляет 1,3 г/т, в тонких классах (-2 мм) – 0,75 г/т. Валовое содержание золота – 0,8 г/т. Эти данные получены при проведении технологических экспериментов на крупнообъемных пробах весом 300 – 500 кг. Проведенные укрупненные лабораторные испытания по обогащению материала класса крупности менее 2 мм на центробежных аппаратах, показали принципиальную возможность извлечения золота (~ 45 %) в гравеоцентрат [6]. По опыту работ доизмельчение материала позволит повысить извлечение не менее чем на 60 %.

Таблица 1 – Морфометрическая характеристика свободного самородного золота в золе Экибастульских углей (в классе крупности – 2 мм)

Форма золотинок	Размер золотинок (по длинной оси), мкм							Всего
	-20	21-70	71-98	99-140	141-280	281-420	>420	
Изометричная-шаровидная	2	12	6	6	14	1	-	41
Идиоморфные (куб, октаэдр)	4	7	-	1	-	-	-	12
Комковидные (неправильной формы)	14	11	5	7	3	-	-	40

Пластинчатое, чешуйчатое		4	25	6	6	-	-	-	41
Губчатое (изометричное)		-	-	-	1	-	-	-	1
Итого	К-во зерен, шт.	24	55	17	21	17	1	-	135
	%	17.7	40.74	12.60	15.55	12.60	0.74	-	100

Таким образом, проведенные исследования с использованием современных центробежных аппаратов позволили получить следующие данные: - в золошлаках присутствует самородное золото, в том числе свободное; - большая часть золота, находится в виде включений в кристаллических шлаковых образованиях. Объем последних 20–30 % от всего количества золошлакового материала в золоотвале; - свободное самородное золото поддается обогащению на современных центробежных аппаратах, но для эффективной работы оборудования необходимо предварительное доизмельчение материала; - валовые содержания золота в отдельных частных и крупнообъемных пробах из песчано-гравийной части золоотвала колеблются от 0,5 до 1,5 г/т и выше, в среднем составляют 0,8 г/т; - судя по морфологии зерен свободного самородного золота в золошлаковых образованиях отчетливо выделяются аутигенные (шаровидные), кластогенные (окатанные комковидные и пластинчатые) и «сульфидные» (корковидные, с отростками неправильной формы) породы.

Выводы: Завершая данную статью, необходимо отметить следующее.

1. Геохимическая специализация углей определяется региональной геохимической специализацией складчатых структур обрамления угольных бассейнов.

2. Золото в углях преимущественно находится в свободной форме с размерами зерен до 10-15 мкм, при преобладающих размерах до 1-2 мкм.

3. Изучение золоотвалов экибастузских углей показал, что среднее содержание золота в классе крупности + 2 мм составляет 1,3 г/т, в тонких классах (-2 мм) – 0,75 г/т. Валовое содержание золота – 0,8 г/т.

4. Использование современных центробежных обогатительных аппаратов показало принципиальную возможность извлечения золота в гравитационный концентрат.

Литература

1 Сорокин А. П., Кузьминых В. М., Рождествина В. И. Распределение золота в кайнозойских бурых углях Верхнего и Среднего Приамурья // Материалы международного совещания «Инновационные процессы в технологиях комплексной экологически безопасной переработки минерального и нетрадиционного сырья (Плаксинские чтения – 2009)». Новосибирск. 2009. С. 50–51.

2 Рождествина В. И., Сорокин А. П., Макеева Т. Б., Мудровская Н. В. Онтогенез минералов благородных металлов Еркевецкого бурогоугольного месторождения // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: Всерос. науч. конф.: сб. докладов. – Благовещенск: ИГиП ДВО РАН. 2010. С. 123–125.

3 Сорокин А. П., Рождествина В. И. Благородные металлы в бурых углях // Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований: Всерос. науч. конф.: сб. докладов. – М.: ИГЕМ. 2010. С. 247–249.

4 Варшал Г.М. и др. О концентрирование благородных металлов углеродистым веществом пород // Геохимия, 1994 - №6- С.814-823.

5 В.В., Арбузов С.И., Алексеев В.П. Скандиеносные угли Яхлинского месторождения. Западная Сибирь//Доклады РАН. -2006. -Т.409. -№5. -С.6711-682.

6 М.Р. Шаутенов, В.В. Перегудов, А.Н. Айтулова, Н.А. Иманғалиев. Исследование по извлечению полезных компонентов из золошлаковых отходов. Вестник КазНУ, №4. 2018. с 453-458.

M.R. Shautenov, N.T. Akkazina, A. Eraliev, G. Koshier
Issues of gold-bearing coal and their products of combustion

Abstract: The paper considers the issues of gold-bearing coal depending on the regional geochemical zonality of coal deposits, as well as the possibility of extracting free native gold and iron from coal combustion products using the example of Stepnogorsk TPP of the Akmola region by the gravity-magnetic enrichment method.

Keywords: coal, deposit, gold in coal, gold content, geochemistry, size class, ash, ash dump, free gold, gravity concentration.

М.Р. Шаутенов, Н.Т. Акказина, А.А. Ералиев, Г.К. Кошер
Көмірдің алтындылығы және ол өнімдердің жану мәселелері

Аңдатпа: Жұмыста әртүрлі аймақтардың геохимиялық зоналарындағы орналасқан көмір кенорындарындағы алтынның үлестігіне қатынасты сұрақтар, сондай-ақ көмірді жағудан алынған күлқождық қалдықтардан пайдалы компонент ретінде бос саф алтынды және темірді гравитациялық және магнитті байыту (Ақмола облысының Степногорск ЖЭО мысалы) негізінде бөліп алу мүмкіншілігі қарастырылған.

Түйін сөздер: көмір, кен орны, көмірдегі алтын, алтын үлесі, геохимия, ірілік класы, күл, күлқождық қалдық, бос алтын, гравитациялық байыту.



КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. К.И. САТПАЕВА

СӘТБАЕВ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

СЕРТИФИКАТ

«САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2021»

Секция: «Современное развитие технологий в обогащении полезных ископаемых и металлургии»

Авторы: М.Р. ШАУТЕНОВ, Н.Т. АККАЗИНА, А.А. ЕРАЛИЕВ, Г.К. КОШЕР

Тема: Вопросы золотоносности углей и продуктов их сгорания

Директор института МиПИ

К.К. Елемесов

Магистерлік диссертацияға

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ

ПІКІРІ

Ералиев Аблай Абзалулы

Мамандығы 7М07223- Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту

Тақырыбы: «Күлқождық қалдықтардан алтынды бөліп алуды зерттеу»

Магистрант Ералиев А.А. өзінің магистрлік диссертациясын Ақмола облысындағы Степногорск қаласында орналасқан жылу электр орталығының күлқождық қалдықтарынан алтынды бөліп алуды зерттеуге арналған. Осындай техногендік шикізатты өңдеу негізінде, одан пайдалы өнімді (алтынды) бөліп алу мүмкіндігі қарастырылған. Сондай-ақ қоршаған ортаны зиянды ыласты заттардан тазартуда бірге атқарылады.

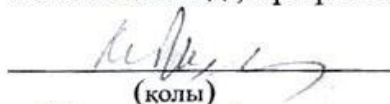
Жұмысты орындау кезінде магистрант зерттелінетін күлқождық қалдықтардан алынған сынамалардың гранулометриялық құрамын, сондай-ақ олардағы пайдалы компоненттердің таралуын зерттеді. Сондай-ақ гравитациялық байыту әдістерімен күлқождық қалдықтарынан бос және жұқа дисперсті басқа элементтермен бірлескен алтын құрамды затты алу зерттелінді. Солардың негізінде күлқождық қалдықтарынан пайдалы компонент бөліп алудың технологиялық сұлбасы жасалынды. Гравитациялық байытумен алынған $-0,044+0,0$ мм ірілік кластың концентраты магниттік сепарациялаумен тазалау арқылы алтынның үлесі 0,99 г/т-дан 5,50 г/т-ға дейін жеткізілді. Жұқа дисперсті алтынның байыту өнімдеріндегі нақтылы үлесті кинетикалық спектрлік талдау тәсілімен жүргізілді.

Соңғы талдаудың көрсеткіші атомдық-абсорбциялық талдаумен алынған көрсеткіштерден жоғары екені анықталынды.

Орындалған зерттеу жұмыстарының көлемі магистрлік диссертацияларға қойылатын талаптарға сәйкес келеді, ал орындалған жұмыстың авторы Ералиев Аблай Абзалулы 7М07223 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту мамандығының академиялық магистрі дәрежесіне лайықты деп есептеймін.

Ғылыми жетекшісі:

Техн.ғыл.канд., профессор

 Шаутенов М.Р.
(қолы)

« 14 » 06 2021 ж.

Магистерлік диссертацияға

РЕЦЕНЗИЯ

Ералиев Аблай Абзалұлы

7M07223- Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту мамандығы
«Күлқождық қалдықтардан алтынды бөліп алуды зерттеу» тақырыбы
бойынша

Диссертацияның сипаттамасы

Орындалған диссертациялық жұмыс Степногорск қаласының ЖЭО-ның күлқождық қалдықтарынан алынған ірілендірілген сынамаларынан алтынды гравитациялық және магниттік байыту әдістерімен бөліп алу жолдары қарастырылған.

Алынған сынамадағы заттың гранулометриялық құрамы және ірілік кластардағы алтынның үлестері анықталынды.

Гравитациялық байыту вибровинттік дірілді сепараторды және дірілді ортадан тепкіш табақшалы аппаратты қолданумен жүргізілді. Зерттеу нәтижелері: алынған гравитациялық концентратта алтынның үлесі 1,45 г/т құрайтыны анықталды.

Диссертация тақырыбы бойынша жарияланған мақалалар тізімі:

– Исследования по переработке золошлаковых отходов с получением продуктов обогащения. XXV международной научно-технической конференции «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья». Екатеринбург, 07-10 апреля 2020. С.124-128.

– Вопросы золотоносности углей и продуктов их сгорания. Труды Сатбаевских чтений «САТБАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021». Алматы, 2021. С.1001-1005.

Жұмысты бағалау

Жүргізілген зерттеу жұмыстарының көлемі магистрлік диссертацияларға қойылатын талартарға сәйкес келеді. Оны орындаған жұмыстың иесі Ералиев А.А. академиялық магистр дәрежесіне лайықты деп санаймын. Жұмыстың бағасын (90) «өте жақсы» деп бағалаймын.

Рецензент

Техника ғылымдарының кандидаты,
«МЖКБИ» АҚ, флотореагенттер
және байыту зертханасының
жетекші ғылыми қызметкері



Тұрысбеков Дулатбек Қадырбекұлы

2021 ж.

КазҰТЗУ 706-17 Ү. Рецензия

Қолы/подпись	Тұрысбеков Д. К.
расшифровка / расшифровка	
Бас ғылыми хатшы / Главный ученый секретарь	
«Металлургия және қон байыту институты» АҚ	
« 09 » 06 2021 ж.	Басшы

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Ералиев Аблай Абзалулы

Название: Күлқождық қалдықтардан алтынды бөліп алуды зерттеу

Координатор: Мэлс Шаутенов

Коэффициент подобия 1:1.7

Коэффициент подобия 2:0.7

Замена букв:0

Интервалы:0

Микропробелы:0

Белые знаки:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- ☒ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

Диссертационная работа кандидата Ералиев А.А. является самостоятельной, заимствования в ней являются добросовестными и не обладают признаками плагиата.

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

Допуск к защите

.....
.....
.....
.....

.....

Зав. кафедрой Ми Оли

Дата 07-06.-2021г.

Берменчиков М.Б.
Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Ералиев Аблай Абзалулы

Название: Күлқождық қалдықтардан алтынды бөліп алуды зерттеу

Координатор: Мэлс Шауенов

Коэффициент подобия 1: 1.7

Коэффициент подобия 2: 0.7

Замена букв: 0

Интервалы: 0

Микропробелы: 0

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- ☒ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование: Диссертационная работа магистранта Ералиева А.А. является самостоятельной работой и не обладает признаками плагиата, и допускаю её к защите.

04.06.2021г.

Дата



Подпись Научного руководителя