

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциалық емес акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен және металлургия институты

«Химиялық процесстер және өнеркәсіптік экология» кафедрасы

Махсут Көркем

«Балқаш тау-кен байыту комбинатының қалдықтарынан пайдаланудың қоршаған ортаға
әсерін бағалау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B05206 – «Инженерлік экология»

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциалық емес акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен және металлургия институты

«Химиялық процесстер және өнеркәсіптік экология» кафедрасы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байқоңурова

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«ХПЖӨЭ» кафедрасының
менгерушісі, т.ғ.к.,
қауымдастырылған профессор

 Кубекова Ш.Н.
«10» июня 2025 ж

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

«Балқаш тау-кен байыту комбинатының қалдықтарынан пайдаланудың қоршаған ортаға
әсерін бағалау»

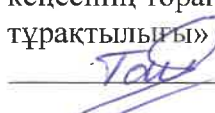
6B05206 – «Инженерлік экология»

Орындаған

 Махсұт К.

Рецензент

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ Жас ғалымдар
кеңесінің төрағасы, «Экология және биоресурстар
тұрақтылығы» ҒЗИ, Phd, доцент

 Тауанов Ж.Т.

«10» июня 2025ж.

Ғылыми жетекші

Биология ғылымдарының кандидаты,
аға оқытушы

 Садыкова Ш.Ж.

«10» июня 2025ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциалық емес акционерлік қоғамы

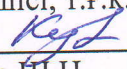
Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен және металлургия институты

«Химиялық процесстер және өнеркәсіптік экология» кафедрасы

6B05206 – «Инженерлік экология»

БЕКІТЕМІН

ХПжӨЭ кафедрасының
меңгерушісі, т.ғ.к.


Кубекова П.Н.

« 10 » 06 2025 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға берілген
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Махсұт Көркем

Тақырыбы: «Балқаш тау-кен байыту комбинатының қалдықтарынан пайдаланудың қоршаған ортаға әсерін бағалау» «29» қантардағы № 26 бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі « 9 » 06 2025 ж.

Дипломдық жұмыста әзірленуге жататын мәселелердің тізбесі немесе дипломдық жұмыстың қысқаша мазмұны:

а) Балқаш тау-кен байыту комбинаты қалдықтарының қоршаған ортаға әсерін бағалау;

б) Байыту қалдықтарының физика-химиялық қасиеттерін зерттеу;

в) Байыту қалдықтарын қайта өңдеу мен пайдаланудың тиімді тәсілдерін талдау.

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде сызбалардың саны көрсетілген сызбалық материалдар тізімі): жұмыс презентациясының 15 слайдтары ұсынылған

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 21 атаудан тұрады

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атаулары, әзірленетін мәселелердің тізбесі	Ғылыми жетекшіге өткізу мерзімдері	Ескерту
1. Бөлім. Әдебиет шолу (Балқаш тау-кен байыту комбинаты қалдықтарының қоршаған ортаға әсерін бағалау)	31.01.2025 ж.	Орындалды
2. Бөлім. Зерттеу объектісі мен зерттеу әдістемелерін сипаттау	30.04.2025 ж.	Орындалды
3. Бөлім. Балқаш тау-кен байыту комбинатының (ТКБК) қалдықтарының пайдалану мүмкіндіктерін салыстыру.	30.05. 2025 ж.	Орындалды

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының
аяқталған жұмысқа қойған
қолтаңбалары

Бөлімдердің атаулары	Ғылыми жетекші мен кеңесшілер, Т.А.Ә. (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылаушы	Ш.Ж. Садыкова, б.ғ.к., аға оқушысы	09.06.2025	

Ғылыми жетекші

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

Күні

 Садыкова Ш.Ж
 Махсут К.
«10» июня 2025

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыстың тақырыбы. Балқаш тау-кен байыту комбинатының қалдықтарын пайдаланудың қоршаған ортаға әсерін бағалау

Зерттеу объектісі: Балқаш тау-кен байыту комбинатындағы тау-кен өндірісінің қалдықтары

Дипломдық жұмыстың мақсаты: Балқаш тау-кен байыту комбинатының (ТКБК) қалдықтарының қоршаған ортаға әсерін бағалап, оларды пайдалану мүмкіндіктерін салыстыру.

Мақсатқа жету үшін келесі міндеттер шешілді:

- 1) Балқаш тау-кен байыту комбинаты қалдықтарының қоршаған ортаға әсерін бағалау;
- 2) Байыту қалдықтарының физика-химиялық қасиеттерін зерттеу;
- 3) Байыту қалдықтарын қайта өңдеу мен пайдаланудың тиімді тәсілдерін талдау.

Зерттеу нәтижелері.

1) Балқаш БФ санитарлы-қорғау аумағындағы экологиялық жағдай қанағаттанарлық, бірақ қалдықтар құрамындағы ластағыштар қоршаған ортаға қауіп төндіруі мүмкін. Сондықтан оларды екіншілік шикізат ретінде пайдалану қажет;

2) Байыту қалдықтарының пайыздық құрамы мен құрылымы зерттеліп, цементпен байланысы әлсіз екендігі анықталды. Бірақ 40% микрокремнезем қосу арқылы химиялық белсенділігін екі есеге арттыруға болады;

3) 60% байыту қалдығы + 40% микрокремнезем құрамындағы қоспа бетон беріктігін арттырып, цемент шығынын 10–30% азайтады.

Түйінді сөздер: Балқаш, тау-кен байыту комбинаты, байыту қалдықтары (хвосты), қайта өңдеу, экология.

Дипломдық жұмыстың құрылымы. Дипломдық жұмыс 38 беттерден жасалды және 4 кесте, 6 суреттен тұрады. Пайдаланған әдебиеттер тізімінде 21 дереккөздер көрсетілген.

АННОТАЦИЯ

Тема дипломной работы. Оценка воздействия на окружающую среду при использовании отходов Балхашского горно-обогатительного комбината.

Объект исследования: Отходы горнодобывающей промышленности Балхашского горно-обогатительного комбината

Цель дипломной работы: Оценить воздействие отходов Балхашского ГОК на окружающую среду и сравнить возможности их дальнейшего использования.

Для достижения цели решены следующие задачи:

- 1) Оценка воздействия отходов Балхашского горно-обогатительного комбината на окружающую среду;
- 2) Изучение физико-химических свойств хвостов;
- 3) Анализ эффективных способов переработки и повторного применения хвостов.

Результаты исследования. -

1) Экологическое состояние в санитарно-защитной зоне Балхашской фабрики оценивается как удовлетворительное, однако загрязняющие вещества в составе отходов могут представлять угрозу окружающей среде. Поэтому необходимо использовать их в качестве вторичного сырья;

2) Изучен процентный состав и структура хвостов обогащения, установлено их слабое взаимодействие с цементом. Однако добавление 40% микрокремнезема позволяет увеличить химическую активность в 2 раза;

3) Комплексная добавка в соотношении 60% хвостов + 40% микрокремнезема повышает прочность бетона и позволяет снизить расход цемента на 10–30%.

Ключевые слова: Балхаш, горно-обогатительный комбинат, хвосты, переработка, экология.

Структура дипломной работы. Дипломная работа составлена из 38 страниц и состоит из 4 таблиц, 4 рисунков. В списке использованных данных указано 21 источников.

ANNOTATION

Topic. Environmental impact assessment of the use of waste from the balkhash mining and processing plant

Object of study: Mining waste from the balkhash mining and processing plant

Objective: To assess the environmental impact of waste from the Balkhash plant and compare the possibilities for its further utilization.

To achieve the goal, the following tasks were solved:

1) Assessment of the environmental impact of waste from the Balkhash Mining and Processing Plant;

2) Study of the physicochemical properties of tailings;

3) Analysis of effective methods for recycling and reusing tailings.

Study results. -

1) The environmental condition in the sanitary protection zone of the Balkhash processing plant is considered satisfactory, but pollutants in the tailings may pose a threat to the environment. Therefore, they should be used as a secondary raw material;

2) The percentage composition and structure of the tailings were studied, revealing a weak interaction with cement. However, adding 40% microsilica can double their chemical reactivity;

3) A composite additive consisting of 60% tailings and 40% microsilica increases concrete strength and reduces cement consumption by 10–30%.

Key words: Balkhash, mining and processing plant, tailings, waste treatment, ecology.

The structure of the work. The thesis is composed of 38 pages and consists of 4 tables, 6 drawings. In the list of used data, 21 sources are indicated.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 ӘДЕБИ ШОЛУ	10
1.1 Әлемдегі байыту қалдықтары мен тау-кен-металлургия өндірісінің әртүрлі қалдықтарын қайта өңдеу шолуы	10
1.1.2 Байыту қалдықтарын қайта өңдеу	11
1.1.3 Тау-кен қалдықтарын құрылыс материалдарын өндіруде пайдалану	12
1.2 Балқаш тау-кен байыту комбинаты	14
1.2.1 Балқаш байыту фабрикасы	14
1.3 Балқаш байыту фабрикасындағы кенді байыту технологиясы және бөлінетін қалдықтары	16
1.3.1 Балқаш байыту фабрикасында түзілетін қалдық түрлері	18
1.4 Экологиялық қауіпсіздік және қалдықтарды басқару жүйесінің нормативтік-құқықтық негізі	20
2 ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ	22
2.1 Байыту қалдықтары	22
2.1.1 Байыту қалдықтарының экологияға әсерін зерттеу	22
2.1.1.1 Байыту қалдықтарының ауаны ластауы	22
2.1.1.2 Байыту қалдықтарының топырақта таралуы және әсері	23
2.1.1.3 Байыту қалдықтарының жер асты және үсті суларында таралуы	23
2.2 Байыту қалдықтарын талдауға арналған әдістемелер мен құралдар	24
3 Байыту қалдықтарын қайта өңдеу және қолдану	26
3.1 Шет елдерде байыту қалдықтарын қайта өңдеу тәжірибелері	26
3.2 ТМД елдерінде байыту қалдықтарын өңдеу үлгілері	27
3.3 Байыту қалдықтарының физика-химиялық қасиеттерін зерттеу	28
3.4 Қайта өңдеу өнімдерін құрылыс материалдарын жасауда пайдалану	29
3.4.1 Түрлендірілген құрылыс материалының қасиеттерін зерттеу	31
3.5 Байыту қалдықтарын қайта қолданудың экономикалық тиімділігі	33
Қорытынды	35
Қолданылған әдебиеттер тізімі	36

КІРІСПЕ

Тақырыптың өзектілігі. Тау-кен өндірісі қалдықтарымен жұмыс істеу саласында тиімді әрі экологиялық тұрғыдан қауіпсіз шешімдерді іздеу қажет.

Балқаш тау-кен байыту комбинатындағы жағдай ерекше алаңдаушылық туғызады, себебі өндіріс барысында көп мөлшерде – кеннің қалдықтары, химиялық реагенттер мен ауыр металдар бөлінеді. Бұл қалдықтар топырақты, жел эрозиясы мен инфильтрация арқылы ауа мен су көздерін ластайды. Комбинат маңында елді мекендер орналасқандықтан, бұл ластану жергілікті халықтың денсаулығына және экожүйенің жағдайына теріс әсер етеді.

Осыған байланысты, заманауи өңдеу және кәдеге жарату әдістерін қолдану тек қоршаған ортаға келетін зиянды азайтып қана қоймай, сонымен қатар бұл қалдықтарды тиімді пайдаланудың жаңа, экономикалық тиімді бағыттарын қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Мұндай тәсілдер тау-кен өндірісі қалдықтарын басқаруда орнықты әдістерді енгізу мүмкіндіктерін бағалауға және оларды қайта пайдаланудың ең қауіпсіз әрі ұтымды жолдарын анықтауға жол ашады.

Мақсаты мен міндеттері.

Мақсаты: Балқаш тау-кен байыту комбинатының (ТКБК) қалдықтарының қоршаған ортаға әсерін бағалап, оларды пайдалану мүмкіндіктерін салыстыру.

Зерттеу жұмысының міндеттері:

- 1) Балқаш тау-кен байыту комбинаты қалдықтарының қоршаған ортаға әсерін бағалау;
- 2) Байыту қалдықтарының физика-химиялық қасиеттерін зерттеу;
- 3) Байыту қалдықтарын қайта өңдеу мен пайдаланудың тиімді тәсілдерін талдау.

ЗЕРТТЕУ ОБЪЕКТІСІ МЕН ӘДІСТЕРІ.

Зерттеу объектісі: Балқаш тау-кен байыту комбинатындағы тау-кен өндірісінің қалдықтары

1 ӘДЕБИ ШОЛУ

1.1 Әлемдегі байыту қалдықтары мен тау-кен-металлургия өндірісінің әртүрлі қалдықтарын қайта өңдеу шолуы

20 ғасырдың 70-жылдарынан бастап АҚШ-тағы «Артур» және «Магна» байыту фабрикаларында тәулігіне 100 мың тонна мыс-молибденді кендерді өңдеуге арналған екі арнайы қондырғы енгізілді. Бұл қондырғылар байыту қалдықтарынан қалған мысты қайта шығару үшін тәулігіне 97,2 мың тонна қалдықты өңдей алады. Процесс келесідей жүреді: байыту қалдықтары гидроциклондарда жіктеледі, құмдар ұсақталып, флотацияға жіберіледі. Қалдықтардың құрамында шамамен 0,09% мыс болған жағдайда, екі қондырғы тәулігіне 72 тонна төмен сапалы мыс концентратын береді, бұл фабрикалардағы жалпы мысты өндіруді жылына 234 мың тоннадан 259 мың тоннаға дейін арттырады.

Филиппиндердегі «Толедо» байыту фабрикасында байыту қалдықтарында 0,08% мыс бар, бұл қалдықтардың 70%-ы +74 мкм кластағы бөлшектерде жинақталған. Фабрикада байыту қалдықтарының құмды бөлігін алдын ала флотациялау қондырғысы орнатылған, құрамында 0,13% мыс бар. Алынған мыс концентраты, құрамында 1,0-1,5% мыс бар, негізгі фабрикаға жіберіліп, бақылау флотациясының концентратымен бірге ұсақталып, қайта тазартылып, соңғы мыс концентраты алынады. Бұл технологияның қолданылуы мыс алу деңгейін 87,84%-дан 91,69%-ға дейін арттырып, концентраттағы мыстың құрамын 28%-дан 30%-ға дейін көтерді. Сонымен қатар, қалдықтардағы мыстың құрамы 0,05%-ға дейін төмендеді.

Қазіргі уақытта Еуропалық Одақ елдері өнеркәсіптік қалдықтарды қайта өңдеу және кәдеге жарату саласында ең жоғары жетістіктерге жеткен. Әртүрлі деректер бойынша, ЕО елдері қалдықтардың 40%-дан 80%-на дейін қайта өңдейді. Еуропалық елдердің тәжірибесі қалдықтарды тиімді басқару үшін қалдықтарды қайта өңдеу саласын дамыту және осы салаға ынталандыру құралдарын енгізу қажеттілігін айқын көрсетеді.

Қазақстан Республикасында жыл сайын 1,53 миллиард тоннадан астам қатты пайдалы қазбалар өндіріледі, оның үштен бірі (534 миллион тонна) металлургия үшін. Алайда, осы көлемнің тек 4-8%-ы ғана дайын өнімге айналады, қалғаны қалдық түрінде үйінділерге шығарылады, бұл үлкен аумақтарды алып жатыр. Қалдықтардың басым бөлігі (57,6%) түсті және қара металлургияға тиесілі (тиісінше 38,9% және 23,7%). Көмір өнеркәсібінде қалдықтар 1,8 миллиард тоннаға жетіп, жалпы көлемнің 12%-ын құрайды, энергетикада (күл-шлак) — 1,2%, фосфор өнеркәсібінде — 2,3% [1].

Техногендік қалдықтарды өнеркәсіптік шикізат ретінде пайдалану деңгейі төмен, атап айтқанда: қара металлургия бойынша — 3,3%, көмір өнеркәсібі бойынша — 5,2%, түсті металлургия бойынша — 5,6%, бұл дамыған елдермен салыстырғанда өте төмен көрсеткіш болып табылады.

1.1.2 Байыту қалдықтарын қайта өңдеу

Пайдалы қазбаларды өндіру кезінде пайда болатын үйінділер құрылыс саласында құнды шикізаттарды, мысалы, бор, саз, құм және басқаларды қамтиды. Рудаларды байыту кәсіпорындарының үйінділерінде одан да құнды компоненттер бар, мысалы, түсті металдардың рудалары, олар композициялық байланыстырушы материалдарды, отқа төзімділерді, қаптау материалдарын, минералды талшықтарды және басқа өнімдерді алу үшін қолданылады [2]. Қазіргі уақытта байыту кәсіпорындарының үйінділері іс жүзінде пайдаланылмайды. Алайда соңғы зерттеулер пайдалы қазбаларды өндіру және байыту қалдықтарын құрылыс саласында кеңінен қолдануға мүмкіндік беретінін көрсетті [3]. Мұндай қалдықтарды пайдалану өндірісті арзандатуға және жаңа материалдарды жасауға мүмкіндік береді, сонымен қатар қоршаған ортаға антропогендік жүктемені айтарлықтай төмендетеді [3].

Өкінішке орай, шетелдік кәсіпорындар мен мемлекеттерден айырмашылығы, Қазақстан Республикасындағы және ТМД елдеріндегі фабрикаларда үйінді қалдықтарын қайта өңдеу тәжірибесі кеңінен таралмаған, бұл олардың үлкен көлемде болуына қарамастан әлі күнге дейін енгізілмеген.

Қазақстандық ғалымдар, сондай-ақ олардың шетелдік әріптестері байыту қалдықтарынан металдарды алу және оларды құрылыс материалдарын өндіру үшін шикізат ретінде пайдалану бойынша көптеген зерттеулер жүргізді. Алайда қазіргі уақытта түсті металдардың байыту қалдықтары (мысалы, КОФ) және басқа ұқсас қалдықтар жаппай қайта өңдеу және кәдеге жарату әдістерін таппаған, олар жинақталып, бірқатар аймақтардың қоршаған ортасын ластауын жалғастыруда.

«Қазақмыс» корпорациясының ТМО құрамында зерттелген «Механобр» және «Гидрометаллургия» ұйымдарының зерттеулеріне сәйкес, Қарағайлинск байыту фабрикасының қалдықтарында мыс пен күміс мөлшері жоғары екені анықталды. Алайда бұл қалдықтарда сульфидті күкірттің көп мөлшері бар, бұл байытылған концентратты алу мүмкіндігін қиындатады. Атмосфералық әдіс бұл жағдайда тиімді емес, ал автоклавтық әдістер үшін оттегі мен әк реагенттерінің көп шығыны қажет, бұл процесті экономикалық тұрғыдан тиімсіз етеді.

Осыған байланысты байыту қалдықтарын жинақтау және кәдеге жарату мәселесін шешудің ықтимал жолдарының бірі — оларды екінші шикізат ретінде қарастырып, тауарлық өнім алу үшін байыту қалдықтарын қайта өңдеудің әртүрлі кешенді технологияларын әзірлеу болып табылады.

Соңғы жылдары құрылыс индустриясында әртүрлі мақсаттағы модификацияланған бетондар мен темірбетондардың қолданылуы тұрақты түрде өсіп келеді, әсіресе тұрғын үй құрылысы мен жолдар мен инфрақұрылымдарды салуда.

1.1.3 Тау-кен қалдықтарын құрылыс материалдарын өндіруде пайдалану

Қазіргі құрылыс материалдарының технологияларында сырттан энергия тұтынуға негізделген процестер басым: гидротермиялық өңдеу, күйдіру. Сонымен қатар, ішкі құрылымы ретсіз кейбір заттар бос энергияға ие. Мұндай заттарға ұсақ дисперсті минералды өнімдер жатады, олар дамыған меншікті бетімен сипатталады, атап айтқанда әртүрлі өндірістік қалдықтар: азбестоцемент, қант өндірісі (көмірқышқылдық дефекат), күлдер, шлактар, шламдар. Бірнеше өндіріс қалдықтарын бір мезгілде қолдану компоненттердің әртүрлі құрамын алу мүмкіндігін кеңейтеді, бұл цемент тасының белсенділігі, өздігінен тартылуы, коррозияға төзімділігі, суға және аязға төзімділігі сияқты сапалық сипаттамаларды алу үшін маңызды [1, 156-бет].

Тау-кен қалдықтарын қолдану туралы мақаланың авторларының айтуынша [3, 1-37-беттер], өңдеудің комбинациясы токсикалық және критикалық элементтерді екінші ресурстардан алу тиімділігін арттыруы мүмкін, материалдардың физика-химиялық қасиеттерін өзгертуі және стратегиялардың тұрақтылығын қамтамасыз етуі мүмкін. Тау-кен өнеркәсібінің қалдықтарын электродиализдік процеспен немесе термиялық процесс арқылы өндеп, цемент негізіндегі ерітінділерде 10%, 25% және 50% цементті байланыстырушы құрамды ауыстыру арқылы қайта пайдалануға болады. Бұл зерттеу пайдалы қазбаларды өндіру қалдықтарынан жасалған құрылыс ерітінділерінің техникалық және экономикалық орындылығын көрсетті, атап айтқанда, иілу беріктігі маңызды фактор болған жағдайларда. Ерітінділердің механикалық қасиеттері олардың қыш құмыра ерітінділерімен және күйдірілген кірпіштен жасалған қабырғалармен үйлесімділігін растады. Сондықтан, өзара толықтыратын қасиеттері бар екі немесе бірнеше компоненттен тұратын композициялық байланыстырушы материалдарды жасау перспективалы болып табылады, мысалы, кремнийлі және карбонатты қоспалары бар силикатты материалдардың композициялары, соның ішінде өндірістік қалдықтар түрінде. Техногендік шикізатты қолдануға арналған көптеген жұмыстар В.С. Лесовикке арналған. Тау-кен өндірісінің қалдықтарынан құрылыс материалдары алынды, олар құрылыс және пайдалану қасиеттері бойынша жақсартылған.

Қазіргі уақытта байланыстырушы және толтырғыштарды әртүрлі химиялық заттармен, соның ішінде ПАВ, кремнийорганикалық заттармен өңдеу арқылы, сондай-ақ байланыстырушы заттар мен толтырғыштарды механикалық және радиациялық егу арқылы белсендіру бойынша бірқатар ұсыныстар бар [4].

Осы орайда НИИЖБ жұмыстары (В.Г. Батраков, С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд) назар аударуға лайық. Онда цемент, суперпластификатор және әртүрлі микрокремнеземдік қоспалардың шығынын ескеретін тиімділік коэффициенті тұрғысынан, бетон технологиясында ең тиімдісі болып SiO_2 құрамы 89%-дан асатын кристаллдық кремний және ферросилиций өндірісінің қалдықтары саналатыны көрсетілген [4].

Микрокремнезем (микросилика, silica fume) — кремний құрамды қорытпалар өндірісі кезінде пештердің газдарын тазалау процессінде алынатын

сфералық пішінді бөлшектерден тұратын ультражіңшке материал болып табылады. Материалдың негізгі компоненті — аморфты модификациядағы кремний диоксиді.

Микрокремнезем жоғары техникалық сипаттамалары бар бетондарды өндіруде аса маңызды компонент болып табылады, оның бетон қасиеттеріне оң әсерін тигізетін ерекше қабілеті бар: су сіңіруін азайтады, беріктігін, аязға төзімділігін, химиялық төзімділігін, сульфатқа төзімділігін, тозуға төзімділігін және т.б. жақсартыды [4].

Микрокремнезем қосындысы наноденгейде әрекет етіп, бар мәліметтер бойынша материалдың қысу беріктігін арттырады. Беріктіктің өсуі микрокремнеземнің ұсақ бөлшектерінің тесіктерді толтыруы және $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -пен пуццоландық реакция нәтижесінде қосымша C-S-H фазасының түзілуімен түсіндіріледі.

Цемент таспағының құрылымдық қасиеттері ерітіндінің қозғалғыштығы төмендеген сайын оның бу өткізгіштігін 38-40% төмендетеді [5].

Соңғы уақытта бетон өндірісінің қазіргі технологияларында бетон қоспасының және қатқан бетонның қасиеттерін реттеуге мүмкіндік беретін көп функциялы минералды қоспалар кеңінен қолданыс тауып отыр. Бұл қоспалар байланыстырушы, бетон және темірбетон технологиясында кеңінен таралуда. Сондай-ақ, минералдық бөлігі микрокремнезем, күл, гранит ұнтағы, талшықты және басқа ингредиенттерден тұратын кешенді органо-минералдық пластификаторлық және гидрофобты-пластификаторлық қоспалар белгілі. Органикалық және минералды компоненттерді мақсатты таңдау байланыстырушы жүйелердің қату процестерін және қасиеттерін реттеуге мүмкіндік береді.

Қазақстанда жыл сайын өнеркәсіптік қалдықтар көлемі артып келеді. Ұлттық статистика бюросының деректері бойынша, 2022 жылы елде әртүрлі өндірістік қалдықтардың көлемі 880 млн тоннадан асты. Бұл бес жыл бұрынғы көрсеткіштен 20,5% көп. Алайда оның тек үштен бірі ғана өңделеді, бұл 2017 жылғы деңгейге сай. Қалдықтардың маңызды бөлігі тау-кен металлургиялық сектордың қайта өңделген қалдықтары болып табылады. Республикалық тау-кен және тау-кен металлургиялық кәсіпорындар қауымдастығының мәліметі бойынша, 30-40 жылдардан бастап елімізде 60 млрд тонна техногендік минералдық түзілімдер жиналған. Оның тек 10% қайта өңделеді [6].

Көптеген қалдықтарда мыс, мырыш, сирек және сирек жер металдары компоненттері бар.

Ресурстық база азайып жатқанын ескере отырып, «қалдықтарды» қайта өңдеу ерекше өзекті болуда.

1.2 Балқаш тау-кен байыту комбинаты

Балқаш тау-кен байыту комбинаты (Балқаш ТКБК) (бұрынғы Балқаш тау-кен металлургия комбинаты (БТМК)) - Қазақстанның тау-кен және металлургия саласындағы ірі кәсіпорындарының бірі. Кәсіпорын Балқаш қаласында, аттас көлдің жағасында орналасқан және «Қазақмыс» корпорациясына қарасты «Балқаштүстімет» өндірістік бірлестігінің құрамына кіреді [6].

Балқаш тау-кен байыту комбинаты Қазақстан экономикасында маңызды рөл атқарады. Ол мыңдаған адамды жұмыспен қамтамасыз етіп, инфрақұрылымның дамуына ықпал етеді және елдің экспорттық табысына елеулі үлес қосады. Комбинат ішкі және халықаралық нарықты мыспен қамтамасыз ететін негізгі жеткізушілердің бірі болып табылады, бұл Қазақстанның металлургия саласының тұрақты дамуына және валюталық түсімнің өсуіне септігін тигізеді [7].

Комбинаттың негізгі бағыты — мыс-никель, полиметалл және асыл металды кендерді өндіру және өңдеу. Ондаған жылдар бойы бұл кәсіпорын республика өнеркәсібінің дамуына зор үлес қосып келеді. Комбинат өнімі халықаралық деңгейде мойындалған: 1967 жылы Лондон металл биржасы Балқаштың мысын сапа эталоны ретінде таныды [6].

Комбинатқа шикізат бірнеше кен орнынан жеткізіледі, олардың ең ірісі — комбинаттан 12 км қашықтықта орналасқан Қоңырат кеніші. Ең алыс орналасқан кен орны шамамен 250 км қашықтықтағы Саяқ кеніші болып табылады.

Кәсіпорында өңделетін кен күрделі минералдық құрамға ие және Менделеев кестесіндегі көптеген элементтерді қамтиды. Балқаш тау-кен байыту комбинатының негізгі өнімі – мыс. Кендегі орташа мыс мөлшері 60 %-ға жуық. Сонымен қатар, кен құрамында никель, кобальт, мырыш секілді металдар, сондай-ақ асыл металдар — алтын, күміс, платина және родий бар [8].

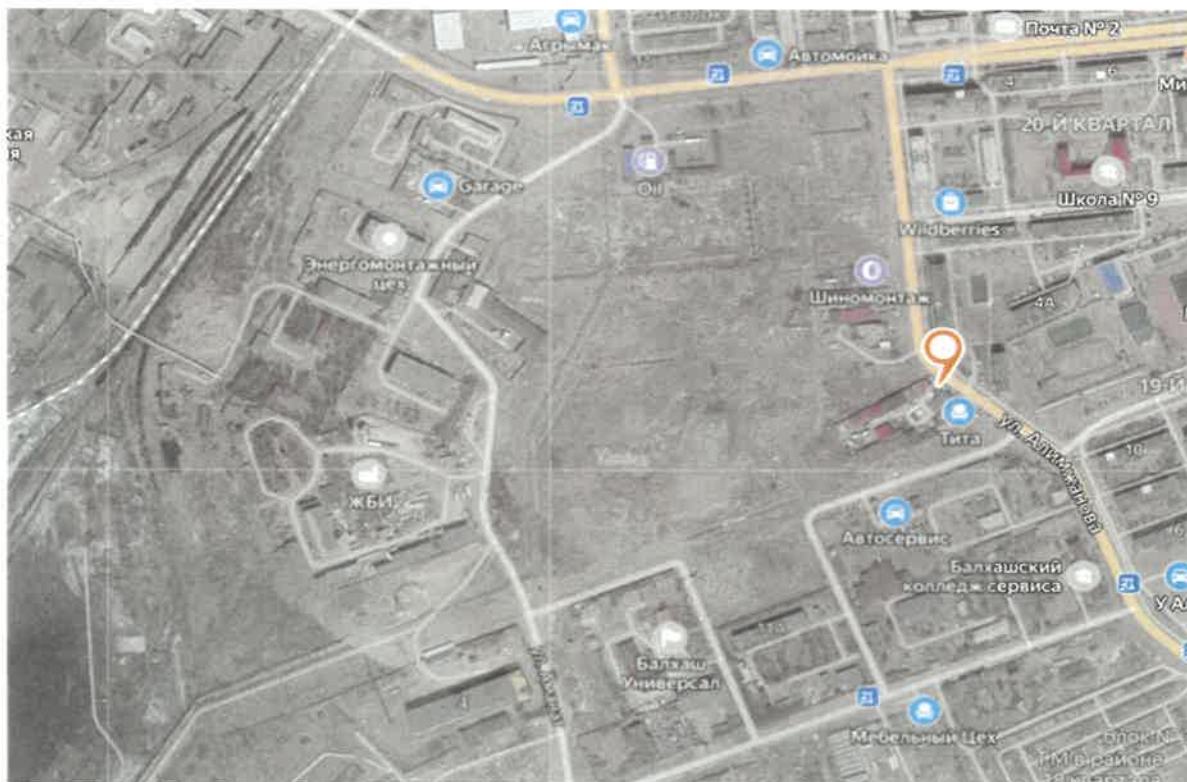
1.2.1 Балқаш байыту фабрикасы

Балқаш байыту фабрикасы (БКБФ) Балқаш тау-кен байыту комбинатының маңызды құрылымдық бөлімшесі болып табылады. Фабриканың негізгі функциясы - кенді өңдеу барысында кен құрамындағы бағалы компоненттердің мөлшерін арттыру.

Балқаш байыту фабрикасының басты міндеті — құрамында мыс болатын және тағы да басқа пайдалы минералдарды бос жыныстан физика-химиялық әдістермен (мысалы, флотация арқылы) бөліп алу. Бұл келесі металлургиялық өңдеуге жоғары концентрленген әрі экономикалық тиімді шикізатты жіберуге мүмкіндік береді. Фабриканың өндірістік көрсеткіштері тікелей түрде тау-кен секторынан алынатын шикізаттың сапасына және металлургиялық қайта өңдеу көрсеткіштеріне байланысты. Кәсіпорынның тиімді жұмысы металл шығымына және кәсіпорындық шығынның өзін-өзі ақтау деңгейіне тікелей әсер етеді. Фабрикада тәулігіне орта есеппен 33,7 мың тонна қоңыраттық және 9,5 мың тонна саяқтық кен өңделеді. Кен байыту фабрикасы жылына 365 күн, 3 ауысымда үздіксіз жұмыс істейді.

Балқаш байыту фабрикасы өндірістік аймақта, Балқаш қаласынан оңтүстік-батыс бағытта 2,0 км-ден астам қашықтықта орналасқан. Кен байыту қалдықтары сақталатын қойма фабриканың батысында, 2 км арақашықтықта орналасқан.

Балқаш байыту фабрикасының және іргелес кәсіпорындардың жер серігінің көмегімен түсірілген бейнесі 1 – суретте көрсетілген.



Сурет 1 - Балқаш байыту фабрикасының жоғарыдан көрінісі

Балқаш байыту фабрикасының өндірісі келесі өндірістік учаскелерден тұрады:

- *Ұсақтау цехы:*
 - ірі ұсақтау учаскесі;
 - ұсақ және орташа ұсақтау учаскесі;
 - гуммирлеу цехы;
 - кен қоймасы;
 - май шаруашылығы;
- *Негізгі корпус:*
 - ұнтақтау бөлімі;
 - флотация учаскесі;
 - реагенттер бөлімі;
 - мыс кендерін байыту цехы;
- *Конверторлық шлактарды өңдеу цехы:*
 - конверторлық шлактарды өңдеу учаскесі;
 - коюлату бөлімі;

- Сүзгілеу учаскесі
- Байыту қалдықтарын жинақтау цехы
- Бақылау-өлішеу құралдары және автоматика бөлімі
- Гараж
- Метал сынықтарының қоймасы
- Материалдық-техникалық қоймалар
- Темір ұсталығы және механикалық шеберханалары
- Әкімшілік-тұрмыстық корпус

1.3 Балқаш байыту фабрикасындағы кенді байыту технологиясы және бөлінетін қалдықтары

Кенді байыту үдерісі ұсақтауды, майдалауды, флотацияны және пайдалы компоненттерді бос жыныстардан бөлудің басқа да әдістерін қамтиды.

Кенді өндіру жерасты тәсілімен жүзеге асырылады. Кенді фабрикаға (ББФ) жартылай вагондарда, ал шлакты думпкарларда жеткізеді. Балқаш кен байыту комбинатының технологиялық схемасына кіреді:

- Ұсақ-орташа-ірі конусты ұсатқыштарда ұсақтау;
- Өзекті және шарлы майдалау;
- Негізгі, бақылау және қайта тазалау флотациялары;
- Концентратты қоюлату және сүзу;
- Байыту қалдықтарын жинақтау;
- Реагенттерді дайындау және мөлшерлеу.

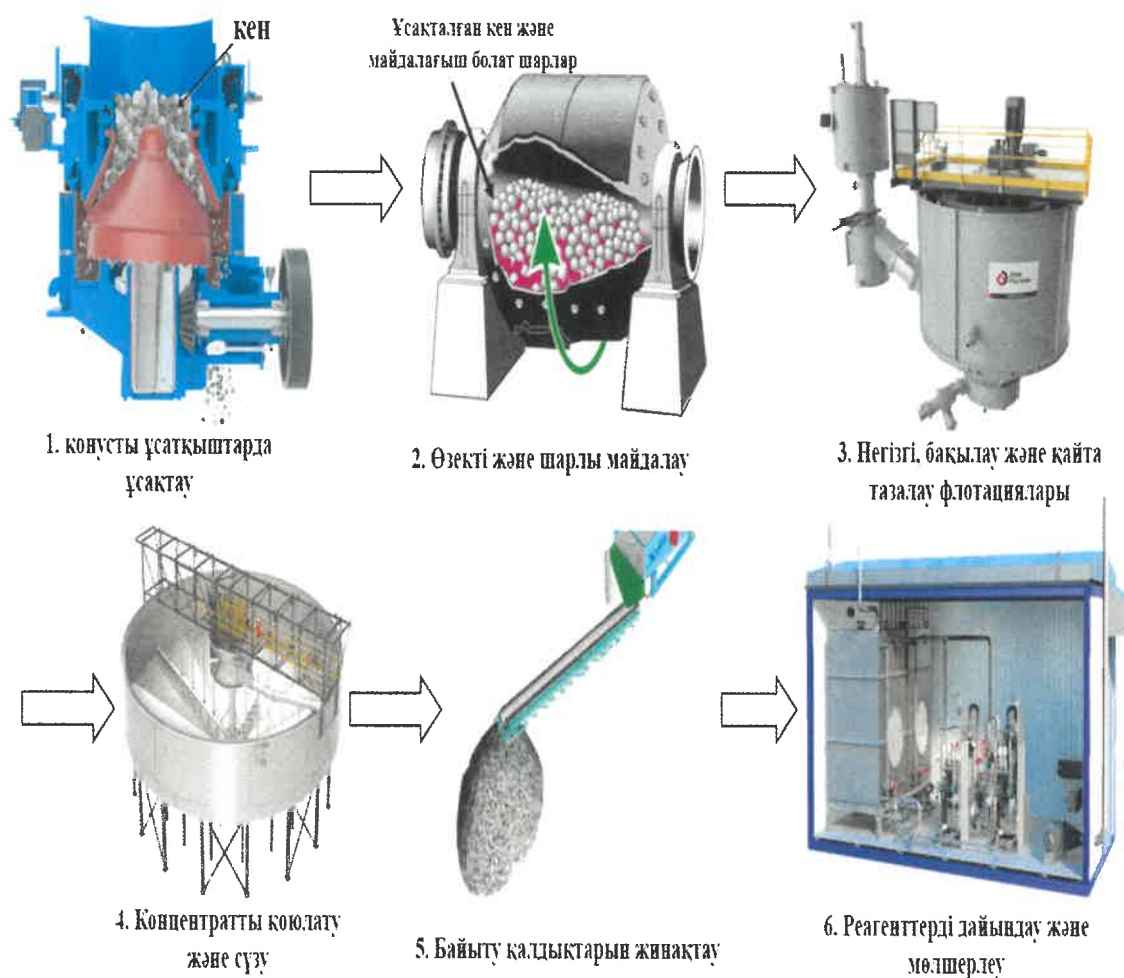
Балқаш байыту фабрикасында қолданылатын кенді байыту технологиясының сатылары 2 - 4 – суреттерде бейнеленген [7].



Сурет 2 - ББФ-да кенді жерасты тәсілімен өндіру



Сурет 3 – ББФ-дағы ұсақталған кен бөлшектерін майдалауға жөнелту



Сурет 4 – ББФ-дағы кенді байытудың сатылы технологиясы

Флотациядан кейінгі қалдықтар арнайы байыту қалдықтарын сақтау қоймаларында жинақталады. Байыту қалдықтары - минералды қоспалар мен ықтимал қауіпті заттар бар металдарды бөлгеннен кейін қалған бөлшектер.

«Қазақмыс корпорациясы» ЖШС филиалы – «Балқаштүстімет» өндірістік бірлестік құрамындағы Балқаш байыту фабрикасының (БӨФ) аумағында қалдық сақтау қоймасы орналасқан.

Балқаш байыту фабрикасының қалдық қоймасында кәсіпорынның 2018 – 2027 жылдарға жоспарланған өнімділігін ескере отырып, орналастырылатын өндірістік қалдықтардың көлемі туралы ақпарат 1 – кестеде өрнектелген [9].

Кесте 1 ББФ-сы үшін 2018–2027 жылдарға белгіленген қалдықтарды орналастыру нормативтері

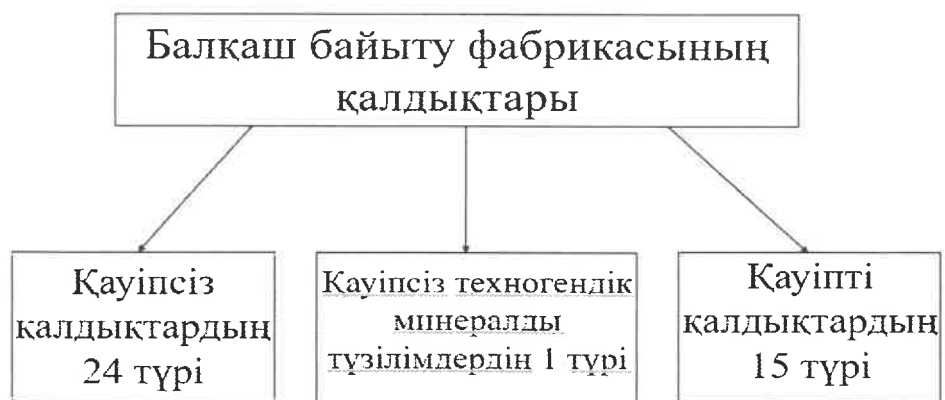
Өндіріс жоспарланған жыл	Өндіріс қалдықтарының көлемі, м ³
2018	7 933 232,24
2019	7 934 126,51
2020	7 936 072,67
2021	7 943 289,00
2022	7 958 265,09
2023	7 942 698,78
2024	7 958 205,63
2025	7 938 067,41
2026	7 934 928,77
2027	7 934 457,42

Есептеулерге сәйкес, қалдық сақтау қоймасының сыйымдылығы өндірістік қалдықтарды 13,7 жыл бойы орналастыруға мүмкіндік береді. 2016 жылғы 29 қыркүйектегі № М.11.Х.KZ41VBS00043240 санитариялық-эпидемиологиялық қорытындыға сәйкес, «Қазақмыс корпорациясы» ЖШС Балқаш байыту фабрикасының қалдықтарды орналастыру нормативтері жобасына сәйкес, ББФ-ның санитарлық-қорғау аймағының көлемі кемінде 500 метрді құрайды және бұл нысан I санаттағы объект болып табылады.

1.3.1 Балқаш байыту фабрикасында түзілетін қалдық түрлері

Балқаш байыту фабрикасына арналған қолданыстағы жобаға сәйкес, барлығы 39 түрлі қалдық түрі нормаланған. Оның ішінде 35 түрі фабриканың өз қызметі барысында пайда болады, ал қалған 4 түрі – сыртқы ұйымдардан қабылданады. 2018 жылғы мәліметтерге сәйкес, Балқаш байыту фабрикасында түзілген қалдықтардың жалпы көлемі 11 368 898,54 тоннаны құрады. Соның ішінде 10 821 973,84 тонна қалдық тікелей фабрикада қалыптасқан, ал 546 924,695 тоннасы сыртқы ұйымдардан алынған. Аталған қалдықтардың ішінде басқа қалдықтар қатарына жатпайтын маңызды қалдық түрі – байыту қалдықтары.

Қолданыстағы жағдай бойынша қалдықтарды жіктеу негізінде Балқаш байыту фабрикасының қалдықтары келесі санаттарға жіктеледі (5-сурет):



Сурет 5 – ББФ-ның қалдықтарының категорияларға жіктелуі

Балқаш байыту фабрикасының қалдық сақтау қоймасына төмендегі қалдықтар орналастырылады:

- Балқаш байыту фабрикасының байыту қалдықтары;
- «Kazakhmys Smelting (Қазахмыс Смэлтинг)» ЖШС-нің қышқыл ағындарын бейтараптандыру шламы (БМЗ);
- «Kazakhmys Smelting (Қазахмыс Смэлтинг)» ЖШС-нің күкірт қышқылын бейтараптандыру шламы (Балқаш және Жезқазған алаңдарының бейтараптандыру шламдарын қамтиды);
- Балқаш ЖЭО-ның күл-шлак қалдықтары («Kazakhmys Energy» ЖШС);
- Балқаш ЖЭО-да мазут жағудан қалған күл («Kazakhmys Energy» ЖШС);
- Балқаш ЖЭО-ның химиялық су тазарту шламы («Kazakhmys Energy» ЖШС).

Қалдықтардың негізгі бөлігін байыту қалдықтары құрайды – бұл кен мен металлургиялық шлактарды флотациялау барысында түзілетін техногендік минералдық түзілімдер. Аталған қалдықтардың көлемі өте үлкен (жылына 10 миллион тоннадан астам) және оның бір бөлігі темір концентратын алу үшін «Iron Concentrate Company» ЖШС-пен жасалған шарт негізінде қайта өңдеуге жіберіледі.

Үшінші тұлғалардан қабылданатын қалдықтарға келесілер жатады: қышқылды ағындарды бейтараптандыру шламы және күкірт қышқылын бейтараптандыру шламы («Kazakhmys Smelting» ЖШС), сондай-ақ Балқаш ЖЭО-нан (Kazakhmys Energy ЖШС) күл-шлак қалдықтары, мазут жануынан шыққан күл және химиялық су дайындау шламы. Бұл қалдықтар ББФ-ның арнайы қалдық сақтау қоймасында орналастырылады.

Экологиялық қауіп деңгейі бойынша қалдықтар үш деңгейге бөлінеді:

- сары деңгейге (орташа қауіп) келесі қалдықтар жатады: пайдаланылған люминесценттік шамдар, мотор, трансмиссиялық және индустриялық майлар, аккумуляторлар, май және отын сүзгілері, салқындатқыш сұйықтық, лак-бояу материалдарының ыдыстары, аспирациялық шаң, металл бөшекелер, резервуарларды тазалаудан шыққан мұнай шламы, май сіңген шүберек, сондай-ақ жоғарыда аталған бейтараптау шламдары. Бұл қалдықтар мұқият сақтауды

талап етеді және 6 айдан аспайтын мерзімге уақытша сақталып, әрі қарай кәдеге жарату немесе қайта өңдеуге тапсырылады.

- жасыл деңгейге (төмен қауіп) тұрмыстық және өндірістік сипаттағы көптеген қалдықтар жатады, атап айтқанда: пайдаланылған автодөңгелектер, тежегіш және ауа сүзгілері, қара және түсті металл сынықтары, дәнекер электродтарының қалдықтары, резеңке-техникалық бұйымдар (таспалар), жылуокшаулағыш қалдықтар, абразив бұйымдарының сынықтары мен шаңы, химреагенттерден қалған қаптар мен канистрлер, ұста бөлмесінің күлі, әк қалдықтары, картридждер мен электронды техника, арнайы киімдер, құрылыс қалдықтары, аумақтан сыпырылған қоқыс, қатты тұрмыстық қалдықтар. Бұл қалдықтар қайта қолданылуы мүмкін немесе өндірістік-тұрмыстық қалдықтар полигонына жеткізіледі.

Қалдықтарды жеке-жеке жинау ұйымдастырылған, оған қағаз, картон, әйнек, пластик және тағам қалдықтары кіреді. Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексіне сәйкес, бұл компоненттер екіншілік шикізат болып саналады және қалдық ретінде есептелмейді, өйткені олар қайта өңдеуге берілетіндіктен нормативтерге енгізілмейді.

Осылайша, Балқаш байыту фабрикасындағы қалдықтарды басқару жүйесі ішкі өндірістік қалдықтар ағынын және сырттан қабылданатын қалдықтарды да қамтиды. Қалдықтар қауіп деңгейіне қарай нақты жіктеліп, оларды сақтау, қайта өңдеу және кәдеге жарату бойынша реттелген талаптармен жүзеге асырылады.

1.4 Экологиялық қауіпсіздік және қалдықтарды басқару жүйесінің нормативтік-құқықтық негізі

Қазақстан Республикасында қалдықтармен қауіпсіз жұмыс істеу және қоршаған ортаны қорғау мақсатында қалдықтарды басқару жүйесі бірқатар нормативтік-құқықтық құжаттармен реттеледі. Бұл құжаттар өндіріс пен тұтыну қалдықтарының қоршаған ортаға әсерін азайту, оларды қауіпсіз түрде жинау, сақтау, қайта өңдеу және жою тәртіптерін айқындайды [10].

Қалдықтарды басқару саласындағы негізгі құқықтық құжат – Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексі. 2021 жылғы жаңа редакциядағы Экологиялық кодекстің 11-бөлімі (Қалдықтар) қалдықтардың түрлерін, қауіптілік деңгейін, олармен жұмыс істеу тәртібін, есепке алу, сақтау, көлікпен тасымалдау, қайта өңдеу және кәдеге жарату қағидаларын нақтылай түседі. Атап айтқанда:

286-бап – техногендік минералдық түзілімдердің (ТМТ) құқықтық мәртебесін айқындайды;

287-бап – өндірістік және тұтыну қалдықтарын басқару тәртібін белгілейді;

291-бап – қалдықтарды орналастыру нормативтерін әзірлеу және бекіту тәртібін сипаттайды.

Аталған нормаларға сәйкес, әрбір өндірістік кәсіпорын, оның ішінде Балқаш байыту фабрикасы, өз қызметі барысында түзілетін қалдықтарды есепке алып,

оларды қауіпсіз және заңға сәйкес басқаруы тиіс. Сонымен қатар, қалдықтардың қоршаған ортаға әсері нормативтік шектен аспауы қажет.

Қалдықтарды басқару тәртібі Экология, геология және табиғи ресурстар министрінің 2021 жылғы 6 мамырдағы №111 бұйрығымен бекітілген «Қалдықтармен жұмыс істеу қағидаларымен» регламенттеледі. Бұл қағидаларда қалдықтарды жинау, уақытша сақтау, сұрыптау, тасымалдау, қайта өңдеу, залалсыздандыру және көму ережелері нақты жазылған. Сондай-ақ, қалдықтарды қауіптілік деңгейіне қарай жіктеу (жасыл, сары, қызыл деңгей) қағидалары да көрсетілген.

Қалдықтардың жекелеген түрлерімен, мысалы, пайдаланылған майлармен, аккумуляторлармен, люминесцентті шамдармен, электрондық қалдықтармен жұмыс істеу тәртібі 2020 жылғы 25 қарашадағы №265 бұйрықпен бекітілген «Өндіріс және тұтыну қалдықтарының жекелеген түрлерімен жұмыс істеу қағидаларында» қарастырылған.

Өндірістік нысандардың қоршаған ортаға әсер етуін шектеу мақсатында санитарлық-қорғау аймағының өлшемі де нормативтік тұрғыда белгіленген. ҚР Денсаулық сақтау министрінің 2015 жылғы 20 наурыздағы №237 бұйрығымен бекітілген санитариялық қағидаларға сәйкес, байыту фабрикалары үшін санитарлық-қорғау аймағы кемінде 500 метр болуы қажет. Балқаш байыту фабрикасы осы талаптарды орындай отырып, өзінің экологиялық қауіпсіздік деңгейін қамтамасыз етеді.

Сонымен қатар, «Қоршаған ортаны қорғау туралы» Қазақстан Республикасының Заңы да қалдықтармен жұмыс істеудің жалпы принциптерін айқындайды. Бұл заңда өндіріс қалдықтарын басқару кезінде қоршаған ортаны ластауды болдырмау, табиғи ресурстарды үнемдеу және қайталама шикізатты қолдану сияқты негізгі экологиялық қағидаттар баяндалған.

Осы заңнамалық және нормативтік құжаттар қалдықтарды басқару саласында біртұтас жүйені қалыптастырып, кәсіпорындарға өндірістік экология талаптарын сақтау міндетін жүктейді. Балқаш байыту фабрикасы да өз өндірістік қызметінде осы құқықтық нормаларға сәйкес жұмыс жүргізіп, қалдықтардың қоршаған ортаға тигізетін теріс әсерін азайтуға бағытталған іс-шараларды іске асырып отыр.

2 ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

2.1 Байыту қалдықтары

Кәсіпорында түзілетін қалдықтардың бірі — байыту қалдықтары, яғни кен мен металлургиялық шлактарды өңдегеннен кейін қалған қалдықтар. Түзілетін қалдықтар техногендік минералдық түзілімдер (ТМТ) ретінде жіктеледі. Бұл мәртебе Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексінің 357-бабының 4-тармағына сәйкес, байыту қалдықтарына қауіпті қалдықтар санатына тән талаптардың (жіктеу, қалдықтармен жұмыс істеу ережелері, паспортизация және т.б.) қолданылмайтынын растайды.

Байыту процесінде түзілетін қалдықтар, негізінен, флотация әдісі арқылы алынатыны белгілі. Негізгі флотациядан кейінгі қалдықтар тікелей төгіледі де, Балқаш байыту фабрикасының (ББФ) бас корпусының қосымша ғимаратында орналасқан суспензия сорғы станциясының зумпфтеріне түседі. Бұл станцияда үш ГРАТ-1600/50 маркалы сорғы орнатылған, екі сорғы арқылы байыту қалдығының суспензиясы Балқаш байыту фабрикасының қалдық қоймасына (БОФ) айдалады.

2.1.1 Байыту қалдықтарының экологияға әсерін зерттеу

Қоршаған ортаның ластану деңгейін бағалау үш орта бойынша жүргізілді: атмосфералық ауа, жер үсті және жер асты сулары, Балқаш байыту фабрикасының қалдық қоймасының санитарлық-қорғау аймағының шекарасындағы топырақ жамылғысы.

2.1.1.1 Байыту қалдықтарының ауаны ластауы

Атмосфера байыту қалдықтарының әсерінен ауыр металдар мен уытты заттар бар ұсақ шаң бөлшектерінің таралуы салдарынан зардап шегуі мүмкін. Бұл бөлшектер құрғақ және желді ауа райында оңай ауаға көтеріліп, ауаның сапасын нашарлатады және адамдар мен жануарларда тыныс алу ауруларының пайда болуына әкеледі.

Сондықтан ауа сапасын жиі тексеріп отыру маңызды, себебі бұл зиянды заттардың рұқсат етілген мөлшерден асуын дер кезінде анықтауға және экологиялық әрі санитарлық салдардың алдын алуға мүмкіндік береді.

Балқаш байыту фабрикасындағы байыту қалдық қоймасының атмосфераға әсері желмен көтерілетін бейорганикалық шаң арқылы көрініс табады, оның құрамында кремний диоксиді 20%-дан төмен. Фабрика аумағындағы атмосфералық ауа бойынша бақылау санитарлық-қорғау аймағының (СҚА) шекарасында орналасқан төрт нүктеде жүргізіледі. Шаң бойынша ауа

сынамалары үш айда бір рет алынып отырады. Мониторинг нәтижелері бойынша, СҚА шекарасындағы ауа сапасы рұқсат етілген деңгейде.

2.1.1.2 Байыту қалдықтарының топырақта таралуы және әсері

Атмосферамен салыстырғанда, топырақ — ең аз қозғалатын орта, ондағы ластаушы заттардың миграциясы баяу жүреді. Байыту қалдықтары құрамындағы ауыр металдар мен ластаушы заттар атмосфералық жауын-шашын мен еріген қар сулары арқылы топырақ қабатына өтеді.

Ластаушы заттар немесе өңдеуден кейін қалған қышқыл қалдықтары ылғалмен әрекеттескенде тотығып, құрамында көп мөлшерде ауыр металдар бар қышқыл дренаж түзеді. Бұл ерітінді топырақтың рН деңгейін төмендетіп, оның құрылымын бұзады, микрофлораны жояды және улы заттардың жер асты суларына өтуіне себеп болады. Соның салдарынан экология зардап шегеді: топырақ құнарлылығы төмендейді, су ластанады және адам денсаулығына қауіп артады [11].

Топырақ қабатындағы ауыр металдардың (қорғасын, мышьяк, мырыш, кобальт, мыс, молибден, хром, марганец, ванадий, титан, қалайы, күміс) мөлшерін анықтау үшін санитарлық-қорғау аймағы шегінде 6 түрлі аймақтан топырақ сынамасы алынады. Мұндай санитарлық тексерілістер жылына бір рет жүзеге асырылады. Балқаш байыту фабрикасының санитарлық-қорғау аймағы шекарасында нормадан асқан мәндер тіркелмеген.

2.1.1.3 Байыту қалдықтарының жер асты және үсті суларында таралуы

Байыту қалдықтары топыраққа сіңіп, жер асты суларын, сондай-ақ беткі суларды ластайды. Қалдық сақтау қоймаларындағы апаттар мен улы шанның жауын арқылы шөгуі де ластануға себеп болады. Бұл қалдықтардың құрамында ауыр металдар (қорғасын, сынап, мышьяк), реагенттер, қышқылдар және басқа да улы заттар бар. Олар судың химиялық құрамын бұзып, судағы тіршілік иелерінің жойылуына әкеледі және суды ішуге, тұрмыстық және шаруашылық қажеттіліктерге жарамсыз етеді.

Sustainability журналында 2024 жылы жарияланған зерттеу Балқаш көлінің жағалауындағы байыту зауытының қалдық қоймаларынан жер асты суларының ауыр металдармен ластану қаупіне бағалау жасауға арналған. Сандық модельдеу арқылы авторлар ластанудың алдын алуға арналған түрлі инженерлік шешімдерді қарастырды, соның ішінде сүзгілік тосқауыл қабырғаларын орнату және дренаждық ұңғымаларды бұрғылау ұсынылды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, дренаждық канал мен көл арасындағы аумақта 10 дренаждық ұңғыманы бұрғылау — ластануды оқшаулау үшін ең оңтайлы инженерлік шешім болып шықты. Бұл шара жүзеге асырылса, қалдық қоймаларынан келетін ластану болжамды кезеңде Балқаш көліне жетпейді [12].

Балқаш байыту фабрикасының аумағында өндірістік мониторингтің аспаптық әдістерімен қарастырылмаған қалдықтар бойынша экологиялық бақылау визуалды әдіспен жүзеге асырылады. Бұл әдіс аумақты шолып тексеру және ластану ошақтарын тіркеуден тұрады.

Қоршаған ортаның құрамдас бөліктерінен сынама алу нүктелері «Қазақмыс корпорациясы» ЖШС Балқаш байыту фабрикасының 2018 жылғы өндірістік экологиялық бақылау бағдарламасында көрсетілген, бақылау жұмыстарын жүргізуге сыртқы ұйымдар тартылады.

Жер асты сулары алюминий, барий, бор, висмут, вольфрам, кадмий, кобальт, литий, молибден, мышьяк, қорғасын, күміс, стронций, ванадий, марганец, мыс, никель, титан, хром және мырыш сияқты микрокомпоненттерге талдау жасау үшін 21 бақылау-скважиналарынан (оның 4-уі фондық және 17-ісі бақылау скважиналары) сынама алынады, бақылау үш ай сайын жүргізіледі. Бақылау ұңғымалары бойынша жер асты суларының экологиялық жағдайы рұқсат етілген деңгейде деп бағаланады.

2.2 Байыту қалдықтарын талдауға арналған әдістемелер мен құралдар

Байыту қалдықтарының құрамын, қасиеттерін және олардың қоршаған ортаға әсерін жан-жақты бағалау үшін арнайы аналитикалық әдістер мен зертханалық құралдар қолданылады. Алдымен қалдық үлгілері зерттелетін аймақтардан таңдап алынып, ауада кептіріледі, қажетті мөлшерге дейін ұсақталып, біртекті үлгіге келтіріледі. Бұл дайындық қадамдары талдау нәтижелерінің дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз ету үшін маңызды [14].

Қалдықтардың химиялық құрамын анықтау үшін көбінесе атомдық-абсорбциялық спектрофотометрия (ААС) әдісі пайдаланылады. Бұл әдістің басты ерекшелігі – өте аз концентрациядағы ауыр металдарды (мысалы, мыс, қорғасын, мырыш, кадмий) жоғары дәлдікпен анықтай алуы. Ол үшін үлгі алдымен қышқылдармен ерітіліп, құрылғыда жарық сіңіру қабілеті арқылы талданады. Бұл әдіс қоршаған орта үшін қауіпті элементтердің нақты мөлшерін анықтауға мүмкіндік береді.

Қалдықтардың минералогиялық құрамын зерттеу мақсатында рентгендік дифракциялық талдау (РДТ) қолданылады. Бұл әдіс үлгідегі минералды фазаларды – яғни, қалдық қандай минералдардан (кварц, пирит, халькопирит, гипс және т.б.) тұратынын анықтайды. Бұл мәліметтер қалдықтардың физикалық тұрақтылығын, экологиялық мінез-құлқын және қайта өңдеуге жарамдылығын бағалауда маңызды рөл атқарады.

Сонымен қатар, қалдықтың құрамындағы негізгі элементтерді (темір, кальций, кремний, күкірт және т.б.) анықтау үшін рентгенофлуоресценттік анализ (РФА) әдісі қолданылады. Бұл әдістің артықшылығы – үлгіні алдын ала ерітпей-ақ, тікелей талдау жүргізу мүмкіндігі. Ол әсіресе катты және көп компонентті үлгілер үшін тиімді.

Қалдықтардың қышқылдығын (рН) және суға еритін компоненттерін зерттеу үшін қарапайым рН-метрлер мен иондық талдау әдістері қолданылады. Бұл

арқылы жер асты және жер үсті суларымен байланысқа түскен кезде қалдықтардың қандай иондарды бөліп шығаратыны және олардың экожүйеге әсері анықталады.

Сонымен қатар, қалдықтардың экстракциялық қасиеттерін, яғни зиянды заттарды қоршаған ортаға қаншалықты бөліп шығара алатынын бағалау үшін арнайы сығынды алу әдістері (мысалы, дистилденген су немесе әлсіз қышқылды ерітінді арқылы шаймалау) қолданылады.

Бұл зерттеу әдістерінің жиынтығы байыту қалдықтарының қоршаған ортаға әсер ету дәрежесін бағалауға, олардың экологиялық қауіпсіздігін анықтауға және қайта өңдеу немесе кәдеге жарату мүмкіндігін бағалауға негіз болады. Зерттеу нәтижелері бойынша қалдықтардың экологияға әсері ғана емес, олардың құрамы мен құрылымы да талданып, бұл кейінгі өңдеу мен қайта қолдану мүмкіндігін айқындауға мүмкіндік береді.

3 Байыту қалдықтарын қайта өңдеу және қолдану

Балқаш байыту фабрикасының байыту қалдықтарын басқару мәселесі Қазақстандағы экологиялық зерттеулер үшін өзекті тақырып болып отыр. ББФ-ның қалдықтарына тікелей арналған ғылыми мақалалар болмаса да, Қазақстанның тау-кен өнеркәсібіндегі байыту қалдықтары бойынша бірқатар зерттеулер бар.

Балқаш байыту фабрикасының байыту қалдықтары ішінара ТОО «Iron Concentrate Company» компаниясымен жасалған келісімшарт негізінде темір концентратын қайта өндіру үшін пайдаланылады. Жылына 2 100 000 тонна қалдықтан 72 000 тонна темір концентраты алынып, қалған бөлігі қалдық қоймаға жіберіледі.

Periodicals of Engineering and Natural Sciences журналындағы 2021 жылдың қыркүйек айында жарияланған мақалада Қазақстандағы байыту фабрикалары қалдықтарының геологиялық және минералогиялық сипаттамасы биоқалпына келтіру әдісі үшін зерттелген. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, қалдық қоймаларында жиналған материалдарда пайдалы металдардың айтарлықтай геологиялық қоры бар. Бұл мыс сияқты құнды металдарды биоқалпына келтіру арқылы өндіруге мүмкіндік береді [13].

3.1 Шет елдерде байыту қалдықтарын қайта өңдеу тәжірибелері

1970-жылдардың басынан бастап АҚШ-тағы ең ірі «Артур» және «Магна» (тәуліктік жалпы өнімділігі 100 мың тонна мыс-молибден кендері) байыту фабрикаларында қалдықтарды қайта өңдеуге арналған екі арнайы қондырғы енгізіліп, іске қосылды. Бұл қондырғылар тәулігіне 97,2 мың тоннаға дейін байыту қалдықтарын өңдеуге қабілетті және олар қалдықтардан қалған мысты қосымша алуға арналған. Процесс келесідей жүргізіледі: байыту қалдықтары гидроциклондарға жіберіліп, сол жерде классификациядан өтеді, ал құмдар қайта ұнтақталып, кейін флотацияға жіберіледі. Құрамында шамамен 0,09% мыс бар қалдықтарды өңдеу нәтижесінде әр қондырғы тәулігіне 72 тонна төмен сортты мыс концентратын өндіре алады. Бұл аталған фабрикалардағы жылдық мыс өндірісін 234 мың тоннадан 259 мың тоннаға дейін арттыруға мүмкіндік береді [15].

Оңтүстік Америкадағы Чили елінде орналасқан «Эль-Сальвадор» байыту фабрикасында (тәуліктік өнімділігі 25 мың тонна) байыту қалдықтарының құм фракциясынан құрамында 0,3% мыс бар қалдықтарды қосымша өңдеу мақсатында арнайы бөлімше салынды. Бұл бөлімшенің құрылымы диаметрі 533 мм болатын сегіз гидроциклоннан және өлшемі 2,7x2,7 м болатын екі диірменнен тұрады. Технологиялық процесте гидроциклондардан шыққан құмдар ұсақталғаннан кейін флотацияға жіберіледі, ал шламдар қалдық қоймасына төгіледі [15].

Моңғолияның Эрдэнэт қаласындағы Ш.Отгонбилэг атындағы технологиялық институтының ғалымдары «Эрдэнэт» тау-кен байыту комбинатының байыту қалдықтарын қайта өңдеу әдісін ұсынды. Бұл комбинат жыл сайын 26 миллион тонна кен өңдеп, шамамен 530 мың тонна мыс және 4,5 мың тонна молибден концентратын өндіреді. Байыту қалдықтары негізінен ұсақталған тас жыныстарынан, ылғалды құмнан, құнсыз минерал қалдықтарынан, пайдаланылған реагенттер мен судан тұрады. Химиялық құрамы негізінен кремний, алюминий және темір оксидтерінен (жалпы көлемі 85%-ға дейін) құралған. Осыған байланысты авторлар бұл қалдықтарды құрылыс индустриясында құм мен саз ретінде пайдалануды ұсынады [16].

3.2 ТМД елдерінде байыту қалдықтарын өңдеу үлгілері

Көптеген елдерде байыту қалдықтарынан қалдық металдарды бөліп алу және оларды құрылыс индустриясында пайдалану (мысалы, цемент немесе кірпіш өндіру үшін) технологиялары қолданылып келеді. Қазақстанда да осындай қалдықтарды қайта өңдеу әдістері әзірленуде, алайда байыту қалдықтарының негізгі бөлігі әлі де қалдық қоймаларында жинақталып жатыр.

Пайдалы казбаларды өндіру нәтижесінде түзілетін үйінділердің құрамында құрылыс саласына қажет бор, саз, құм және басқа да пайдалы шикізаттардың көп мөлшері бар. Рудаларды байыту кәсіпорындарының қалдық үйінділері одан да құнды компоненттерге бай – мысалы, түрлі түсті металдар кендерін композициялық байланыстырушы материалдар, отқа төзімді материалдар, қаптамалық материалдар, минералды талшықтар және басқа да өндіріске пайдалануға болатын материалдар [17]. Қазіргі уақытта байыту кәсіпорындарының қалдықтары іс жүзінде қолданылмайды. Алайда соңғы зерттеулер бұл қалдықтарды керамикалық бұйымдарға арналған кеуекті толтырғыштар, силикат кірпіштері, сылау және қалау ерітінділері сияқты құрылыс материалдарын өндіруде қолдану мүмкіндігін көрсетті. Мұндай жобалар тек өндіріс шығындарын азайтып қана қоймай, сонымен қатар ерекше қасиеттері бар жаңа материалдарды жасауға, қоршаған ортаға антропогендік әсерді айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді [18].

Өкінішке орай, шетелдік кәсіпорындар мен мемлекеттерге қарағанда, Қазақстан Республикасының және ТМД елдерінің фабрикаларында байыту қалдықтарын қайта өңдеу тәжірибесі кең таралмаған және бұл бағыт әлі күнге дейін толыққанды енгізілмеген.

Қазақстандық ғалымдар да шетелдік әріптестері сияқты байыту қалдықтарынан металдарды алу және оларды құрылыс материалдарын өндіруге арналған шикізат ретінде пайдалану бойынша түрлі зерттеулер жүргізуде. Алайда қазіргі таңда түрлі түсті металл кендерін байытудан қалған қалдықтар мен басқа да ұқсас қалдықтар кең көлемде қайта өңделмей, қоршаған ортаға зиянын тигізіп, жинала беруде.

"Механобр" және "Гидрометаллургия" зерттеген "Қазақмыс" корпорациясының түсті металл кендерін байыту қалдықтары бойынша ең басты нысаны — Қарағайлы байыту фабрикасының қалдықтары болды. Зерттеулерге сәйкес, бұл қалдықтардағы мыс мөлшері 0,48%, ал күмістің мөлшері – 21,8 г/т деңгейінде. Алайда бұл қалдық қоймасында сульфидті күкірт тым көп. "Сульфидті күкірттің жоғары болуы бай концентрат алуға мүмкіндік бермейді. Атмосфералық әдіс бұл жағдайда жарамсыз, ал екі автоклавты әдіс аса көп оттегі реагенттерін қажет етеді және кейін түзілген қышқылды бейтараптандыру үшін әктас қажет. Бұл процестердің барлығы шығындарды арттырып, нәтижесінде бұл әдістермен қалдықтарды қайта өңдеу тиімсіз болып отыр", – деді Фоменко.

Осыған байланысты, байыту қалдықтарын екіншілік шикізат ретінде қарастыра отырып, оларды қайта өңдеу және пайдалану мәселесін шешудің ықтимал жолдарының бірі – олардан тауарлық өнім алуға бағытталған кешенді технологияларды әзірлеу болып табылады.

3.3 Байыту қалдықтарының физика-химиялық қасиеттерін зерттеу

Балқаш байыту фабрикасының (БФ) байыту қалдықтарының құрамы өңделетін кен түріне байланысты өзгереді. Әдетте, олардың құрамында кремнезем, сульфидтер, ауыр металдар (мыс, қорғасын, мырыш, кадмий), сондай-ақ флотация процесінде қолданылатын реагенттердің қалдық мөлшері болады. Бұл заттар жауын-шашын суларымен шайылып, топыраққа және су каналдарына түсуі мүмкін.

Әдеби деректерге сәйкес, Балқаш байыту фабрикасының байыту қалдықтарының химиялық құрамы 160–180 м²/кг меншікті беті мәнінде негізінен кварцтан (59–76%) және келесі минералдардан тұрады: монтмориллонит (5–8%), доломит (5–10%), репидомит (3–5%), пирит (1–6%), альбит (2–4%), лейхтенбергит (3–10%).

2-кестеде Балқаш байыту фабрикасы мен Қарағайлы байыту фабрикасының байыту қалдықтарының құрамы салыстырылып, көрсетілген.

Кесте 2 Фабрикалардағы байыту қалдықтарының химиялық құрамы

Фабрика атауы	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O_3
Балқаш байыту фабрикасы	62. 46	1,25	0,25	1,97	1,10	-
Қарағайлы байыту фабрикасы	70, 15	3,76 9	18.0 5	1.38	3.35	-

Саяк және Қонырад кен орындарының кендерінде негізінен кремний, алюминий және темір қосылыстары кездеседі, олардың үлесіне қалдықтардың жалпы массасының 78–85%-ы тиесілі. Қалдықтарда көмірқышқыл тұздары 2–14 %, жалпы күкірт 0,3–0,5 % құрайды. Сонымен қатар, қалдықтардың құрамында 0,12–0,15 % мыс және 0,01 % мырыш бар.

Қарағайлы кен орнының қалдықтарында 0,169 % мыс, 2,00 г/т күміс, 0,22 г/т алтын, 0,157 % мырыш және 0,017 % қорғасын анықталған.

Келтірілген кестеден көрініп тұрғандай, құрылыс материалдарын өндіруге ең қолайлы байыту қалдығы – Балқаш байыту фабрикасының байыту қалдықтары.

3.4 Қайта өңдеу өнімдерін құрылыс материалдарын жасауда пайдалану

Цементті бетонды қолданатын құрылыс нысандарының көлемі жыл сайын артып келеді, осыған байланысты энергияны көп қажет ететін клинкерлі цемент өндірісінің шығынын азайту мәселесі өзекті болуда. Бұл мәселені белсенді минералдық қоспаларды қолдану арқылы шешуге болады.

Құрылыс саласында өндірістік қалдықтарды пайдалану арқылы жасалған жаңа технологиялар мен материалдардың экономикалық және экологиялық маңызы зор. Байыту фабрикаларының үйінді түріндегі үлкен техногенді қалдықтары табиғи шикізат ресурстарында орны толмас шығындарға, ауыл шаруашылығы жерлерінің айналымнан шығуына және кең аумақтардың ластануына әкеліп соғады. Сондықтан техногенді өнімдерді қайта пайдалану мүмкіндігін қарастыру ғылыми және практикалық тұрғыда қызығушылық тудырады және өз кезегінде кешенді минералдық қоспалар номенклатурасын кеңейтуге мүмкіндік береді.

Алайда, тау-кен байыту кәсіпорындарының байыту қалдықтарын пайдалана отырып, кешенді минералды қоспалар өндіру процесі тежеліп отыр. Себебі, сол минералды қоспалардың қасиеттері, цементтің гидратация процестеріне әсері және бетондардың құрылыс-эксплуатациялық сипаттамалары жеткіліксіз зерделенді.

Өндірістік қалдықтарды пайдалана отырып, цемент шығынын азайту – қоршаған ортаға әсерді төмендетудің тиімді жолы болып табылады. Әдетте цемент бетонының құрамындағы цементті алмастыратын материалдардың мөлшері байланыстырғыш массаның 35% - нан аспайды. Алайда 50%-дан астам қоспалар енгізу туралы қызығушылық артып келеді. Мұндай күрделі жүйелердегі гидратация процестерінің механизмі әлі толық зерттелмеген [19].

Автор жоғары мөлшерде цемент қоспалары бар байланыстырғыштарды қолдану мүмкіндігін зерттеп, мұндай жүйелерге су қосылғаннан кейін жүретін физика-химиялық процестерге ерекше көңіл бөлген. Әдеби деректер мен жеке зерттеулер негізінде күл сияқты цемент мөлшері жоғары байланыстырғыштарды активтеу мүмкіндіктері қарастырылған [19].

Цементке белсенді минералдық қоспаларды енгізу физика-механикалық қасиеттері және пайдалану сипаттамалары жоғары болатын бетон алуға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, мұндай қоспалар бетон мен құрылыс ерітінділерінің тығыздығын, суға тұрақтылығын, аязға, сульфатқа, сілтіге және тұзға төзімділігін арттырады, сондай-ақ клинкерлі цементтің шығынын азайтады.

Балхаш БФ-ның қалдықтары цементке қосылғанда байланыс реакцияларында белсенділік танытпайды, алайда микрокремнезем қосылғанда бұл қоспаның

химиялық белсенділігі айтарлықтай артады, бұл өз кезегінде бетонның беріктік сипаттамаларын жақсартады [20].

Микрокремнезем – бұл металлды кремний, ферросилиций және басқа да кремнийқұрамды қорытпалар өндірісінің жанама өнімі болып табылатын жоғары дисперсті аморфты кремний диоксиді (SiO_2). Ол наноматериалдар қатарына жатады және өзінің ерекше физика-химиялық қасиеттері арқылы цемент тасы мен бетон құрылымын айтарлықтай жақсартуға қабілетті. Микрокремнезем өндірісі кезінде кварцты (SiO_2) көміртек көзімен (кокс, антрацит және т.б.) бірге шамамен 1800–2000 °С температурада қалпына келтіреді. Бұл кезде SiO газы бөлініп, пештен шығу барысында ауадағы оттегімен әрекеттесіп, аморфты кремний диоксиді бөлшектеріне дейін тотығады. Бұл бөлшектер өте ұсақ – олардың диаметрі орта есеппен 0,1 мкм немесе одан да аз, яғни цемент бөлшектерінен шамамен 100 есе кішкентай. Бөлшектер сферикалық пішінді болып келеді, бұл олардың ағындылығын жақсартады және араластыру кезінде жақсы таралуына ықпал етеді. Материалдың меншікті бетінің ауданы өте жоғары – 15–30 м²/г, ал құрамындағы аморфты SiO_2 мөлшері 85–98% аралығында болады.

Осы қасиеттерінің арқасында микрокремнезем ерекше пуццоландық белсенділікке ие, яғни цемент гидратациясы нәтижесінде бөлінетін кальций гидроксидімен (Ca(OH)_2) әрекеттесіп, қосымша кальций-силикат гидраттарын (C-S-H) түзеді. Бұл C-S-H гелі цемент тасының құрылымын тығыздап, беріктік пен су өткізбейтіндікті арттырады. Химиялық реакция төмендегі түрде жүреді:



Сонымен қатар, микрокремнеземнің өте ұсақ бөлшектері цементтің аралық қуыстарын толтырып, бетонның микроструктурасын тығыздайды – бұл «тығыздаушы әсер» деп аталады. Мұндай физикалық және химиялық әсерлер бетонның беріктігін ғана емес, оның коррозияға, сульфатты шабуылға және мұздату-еріту циклдарына төзімділігін де айтарлықтай арттырады. Бұл әсіресе агрессивті ортада жұмыс істейтін құрылымдар үшін маңызды. Микрокремнезем қосылған бетондарда капиллярлы суағу азаяды, хлорид иондарының енуі тежеледі, бұл арматураны коррозиядан қорғайды. Сонымен қатар, ерте мерзімді беріктік те едәуір жоғарылайды, бұл қысқа мерзім ішінде жүк түсіру қажет болатын құрылымдарда тиімді.

Микрокремнезем цементке әдетте оның массасының 5–10% мөлшерінде қосылады. Алайда, оның жоғары дисперстілігі бетонның жұмысқа жарамдылығын төмендетуі мүмкін, сондықтан практикада оны суперпластификаторлармен бірге қолдану ұсынылады. Бұл комбинация цемент жүйесінің ұсақ құрылым түзу қабілетін арттырады және қажетті өңдеу қасиеттерін сақтай отырып, жоғары сапалы бетон алуға мүмкіндік береді.

Микрокремнезем – қазіргі заманауи құрылыс материалдары технологиясында кеңінен қолданылатын тиімді қоспа. Ол жоғары беріктік класындағы бетон, химиялық және аязға төзімді құрылымдар, гидротехникалық нысандар, көпірлер, туннельдер мен өнеркәсіптік едендер сияқты талаптары жоғары объектілерде

қолданылады. Микрокремнеземнің Балқаш байыту фабрикасының қалдықтарымен бірге қолданылуы – осы қалдықтардың байланыс реакцияларындағы инерттілігін азайтып, химиялық белсенділігін арттырудың тиімді әдісі болып табылады. Бұл синергетикалық әсер бетонның құрылымдық қасиеттерін жақсартуға және өнеркәсіптік қалдықтарды қайта өңдеуге бағытталған экологиялық және технологиялық жағынан тиімді шешім болып табылады.

3.4.1. Түрлендірілген құрылыс материалының қасиеттерін зерттеу

Ерекше назар Балқаш байыту фабрикасының қалдықтарын минералды компонент ретінде пайдалануға аударылған. ББФ қалдықтарының белсенділігі мен химиялық құрамы 3 - кестеде көрсетілген.

Кесте 3 Минералды компоненттердің белсенділігі

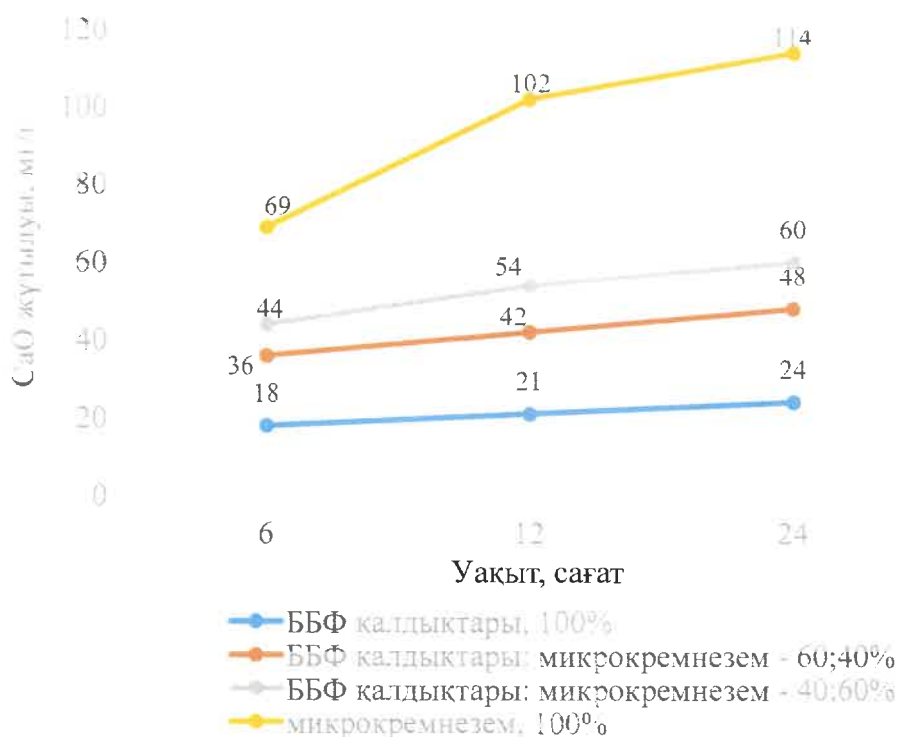
Минералды компонент түрі	Қату уақыты, тәулік	Беріктік шегі, МПа	
		Иілдіру кезінде	Қысу кезінде
ББФ байыту қалдықтары	1,12	1,1	3,2
Микрокремнезем	0,30	2,5	7,5

Балқаш байыту фабрикасының қалдықтарына тән қату уақыты 27 сағаттан кейін басталады. Ал микрокремнеземнің қату уақыты 7 сағат 20 минутты құрайды.

Микрокремнеземнің қосылуы нано-деңгейде әрекет етіп, бетонның қысымға төзімділігін арттырады. Беріктіктің артуы микрокремнеземнің ұсақ бөлшектері қуыстарды толтыруымен және микрокремнеземнің $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -мен пуццоландық реакциясы кезінде кальций гидросиликаттарының қосымша мөлшерлерінің түзілуімен түсіндіріледі.

Оптималды композициялық минералды қоспа схемасын таңдаған кезде: 60% Балқаш БФ-ның байыту қалдықтарына 40% микрокремнезем қосылғанда, қоспаның суға деген қажеттілігі артады. 60% Балқаш БФ-ның байыту қалдықтары мен 40% микрокремнеземнен тұратын композициялық қоспаның пуццоландық белсенділігі 48 мг/г құрайды. Осылайша, микрокремнеземді қалдықтарға енгізгенде, композициялық қоспаның пуццоландық белсенділігі екі есе артады.

Зерттеулердің нәтижелері бойынша, микрокремнеземнің пуццоландық белсенділігі БФ-ның байыту қалдықтарының белсенділігінен 3,8-4 есе жоғары [21]. ББФ-ның байыту қалдықтарының пуццоландық белсенділігі әк ерітіндісімен араласқаннан кейін 16 сағаттан соң, 24 мг/г құрады, ал микрокремнеземнің белсенділігі – 114 мг/г (6-сурет).



Сурет 6 – Комплексті минералды қоспаның пуццоланды белсенділігі

6-суреттен (қызғылт-сары түсті қисық) Балқаш БФ байыту қалдықтарына 40% микрокремнеземді енгізу кешенді минералды қоспаның пуццоланды белсенділігін 2 есеге арттыратынын көруге болады.

Комплексті минералды қоспалардың құрамдары және сәйкес қасиеттері 4 – кестеде өрнектелген.

Кесте 4 – Комплексті минералды қоспалардың құрамдары

Комплексті минералды қоспаның құрамы, %		Пуццоланды белсенділік, мг/г	Нормальды қоюлық, %
ББФ қалдықтары	микрокремнезем		
100	-	24,0	27,0
70	30	42,0	27,5
60	40	48,0	28,0
50	50	54,0	29,0

4-кестеге сәйкес белсенді минералды қоспалардың құрамына микрокремнезем қоспасын енгізу қоспаның су қажеттілігін арттырады.

Сондықтан сульфатқа төзімді цемент негізіндегі модификацияланған

байланыстырғыштың қасиеттеріне және оның негізінде алынған ауыр бетондарға кешенді минералды қоспаның әсерін одан әрі зерттеу келесі құрамда жүргізілді: 60% Балқаш ГОК-тың байыту қалдықтары + 40% микрокремнезем.

Балқаш БФ-ның байыту қалдықтары, микрокремнезем және минералды қоспалар цементті ерітіндінің беттік құбылыстары мен микроструктурасына әсер ете отырып, бетон қоспасының қасиеттерін басқаруға және оның оңтайлы құрылымы мен сапалық сипаттамаларын алуға мүмкіндік береді.

Осылайша, Балқаш БФ-ның байыту қалдықтарының микрокремнеземмен активтендірілуі микробөлшектердің химиялық потенциалын арттыра отырып, кешенді қоспаның химиялық белсенділігін едәуір күшейтеді. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде, Балқаш БФ-ның қалдықтарының құрамына 40% микрокремнезем қосу кешенді қоспаның пуццоландық белсенділігін 2 есеге арттыратыны анықталды.

3.5 Байыту қалдықтарын қайта қолданудың экономикалық тиімділігі

Байыту қалдықтарын және микрокремнеземді құрылыс материалдарын, соның ішінде бетон қоспаларын дайындауда қолдану – өндіріс шығындарын едәуір қысқартуға мүмкіндік беретін баламалы шешімдердің бірі болып табылады. Бұл тәсіл тек шикізат пен логистика шығындарын азайтып қана қоймай, сонымен қатар қалдықтарды кәдеге жарату арқылы экологиялық төлемдер мен сақтау шығындарын болдырмауға септігін тигізеді.

Біріншіден, байыту қалдықтары – өндірістің ішкі қалдығы болғандықтан, оларды алу, сақтау және тасымалдау шығындары төмен. Егер бұл қалдықтар тікелей байыту фабрикасына жақын орналасқан бетон өндіру зауытына жеткізілсе, логистика шығындары кемінде 30–40% дейін азаюы мүмкін.

Екіншіден, микрокремнезем – ферросилиций және кремний өндірісінің жанама өнімі ретінде цементке балама пуццоландық белсенділігі жоғары қоспа болып табылады. Цементтің бір бөлігін микрокремнеземмен алмастыру бетон беріктігін сақтай отырып, цемент шығынын 10–15% қысқартуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, микрокремнезем бетонның тығыздығы мен ұзақ мерзімді беріктігін арттырады, бұл өз кезегінде жөндеу және техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтады.

Аталған есептеулер шартты сипатта болып табылады және нақты өндірістік жағдайларда туындайтын технологиялық, өңдеу, кептіру және активациялау шығындары есепке алынбаған. Дегенмен, бұл алдын ала жүргізілген талдау байыту қалдықтары мен микрокремнеземді құрылыс материалдарын өндіруде пайдалану арқылы жоғары экономикалық тиімділікке қол жеткізуге болатынын айғақтайды. Мұндай тәсіл кәсіпорын үшін бірқатар артықшылықтар береді: шикізат пен логистика шығындары едәуір қысқарады; байыту қалдықтарын полигонға орналастыру қажеттілігі жойылады; экологиялық төлемдер төмендейді; ал құрылыс материалдарының өзіндік құны азаяды. Сонымен қатар,

бұл тәсіл экологиялық тұрақтылық қағидаттарына сәйкес келеді, өйткені қалдықтарды қайталама шикізат ретінде пайдалану арқылы қоршаған ортаға келетін зиянды әсер азаяды.

Жалпы алғанда, бұл әдіс бетон өндірісінде тек экономикалық емес, сонымен қатар техникалық тұрғыдан да тиімді. Атап айтқанда, микрокремнеземнің пуццоландық белсенділігі мен байыту қалдықтарының толтырғыштық қасиеттері бетонның беріктігін арттырып, цемент шығынын 10–30% төмендетуге мүмкіндік береді. Осылайша, бұл тәсіл өндірістік шығындарды оңтайландырумен қатар, өнім сапасын арттыру мен экологиялық қауіпсіздік деңгейін жақсартуға жол ашады.

Қорытынды

«Балқаш тау-кен байыту комбинатының қалдықтарын пайдаланудың қоршаған ортаға әсерін бағалау» тақырыбында жүргізілген зерттеу жұмысының нәтижелері:

Выводы:

1. Мониторинг нәтижелері бойынша, Балқаш тау-кен байыту комбинатының санитарлық-қорғау аймағы шекарасында қоршаған ортаға теріс әсер анықталмаған: ауа сапасы рұқсат етілген деңгейде, топырақ сынамалары жыл сайынғы санитарлық тексерістерге сай келеді. Жер асты суларының экологиялық жағдайы бақылау ұңғымалары бойынша қанағаттанарлық деп бағаланады. Алайда, байыту қалдықтарының құрамындағы ауыр металдар мен ластаушы заттар ауа, топырақ және су жүйесі арқылы таралып, ластану деңгейі артып, жағдай ушығу мүмкін. Сондықтан, бұл мәселенің алдын алып, қалдықтарды екіншілік ресурс ретінде қолдану керек.

2. Байыту қалдықтарының физика-химиялық қасиеттері зерттелінді, олардың цементпен әрекеттесу қабілеті төмен екені анықталды, алайда 40% микрокремнезем қосылғанда, химиялық белсенділік пен пуццоландық қасиеттері екі есеге артатыны дәлелденді.

3. Қалдықтарды қайта өңдеудің тиімді жолы ретінде оларды микрокремнеземмен бірге 60:40 қатынасында құрамдас минералды қоспа ретінде пайдалану ұсынылды. Бұл әдіс бетонның беріктігін арттырып, цемент шығынын 10–30% төмендетуге мүмкіндік береді.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Митрофанов С.И. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. – М.: Недра, 1974. – 352 с.
2. Руднев Борис Петрович. Обоснование и разработка эффективных методов обогащения текущих и лехалых хвостов обогащения руд цветных, благородных и редких металлов: Дис. д-ра техн. наук : 25.00.13: М., 2004 193 с.
3. Зеленов В.И. Методика исследований золото- и сереброродерохащих руд. 3-е изд.; пере. И доп. - М.: Недра, 1989. – 302 с.
4. Каприелов С.С. Общие закономерности формирования структуры цементного камня и бетона с добавкой ультрадисперсных материалов // Бетон и железобетон. – 1995. - №4. – С. 16-20.
5. Karim M.R., Hossain M.M. et al. Effects of source materials, fineness and curing methods on the strength development of alkali-activated binder 1/ Journal of Building Engineering. - 2020. - Vol. 29. - P.101147.
6. Жданко Т.А. Казахстан. Республики Закавказья. Республики Средней Азии // Казахстан: Мысль (Страны и народы), - 1984. – 381 с.
7. «Қазақмыс» корпорациясының ресми сайты — www.kazakhmys.kz
8. Арынов Е., Шнейдер М. Металлургия Казахстана // Алматы: Наука, - 2015.
9. Заключение государственной экологической экспертизы по проекту нормативов размещения отходов для Балхашской обогатительной фабрики (БОФ) филиала ТОО «Корпорация Қазақмыс» - ПО «Балхашцветмет» на 2018-2027 гг. Номер: KZ57VCY00120599.
10. Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексі. – 2021 ж. 2 қаңтардағы №400-VI ҚРЗ. – Астана: Қазақстан Республикасы Парламенті, 2021. – 358 б.
11. el Amari K., Valera P., Hibti M., Pretti S., Marcello A., Essarraj S. Impact of mine tailings on surrounding soils and ground water: Case of Kettara old mine, Morocco // Journal of African Earth Sciences, - 2014. – V.100. – P.437–449.
12. Muratkhanov D., Mirlas V., Anker Y., Miroshnichenko O., Smolyar V., Rakhimov T., Sotnikov Y., Rakhimova V. Heavy Metal Groundwater Transport Mitigation from an Ore Enrichment Plant Tailing at Kazakhstan's Balkhash Lake // Sustainability, - 2024. – V.16(16). – P.6816.
13. Baibatsha A., Bekbotayeva A., Turysbekova G., Bektai E., Omarova G. Geological and mineralogical study of ore tailings for bio-leaching // Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN), - 2021, - V.9(3). – P.921.
14. Исмаилова А.Г. Қоршаған орта объектілерін талдаудағы химиялық және аспаптық әдістер: оқу құралы. – Алматы: әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, 2018. – 156 б.
15. Petrenko E.S., Vechkinzova E.A., Urazbekov A.K. Context analysis and prospects of development of the mining and metallurgical industry of Kazakhstan // Economical relations, - 2019. - V.9. (4). – P.2661- 2676.

16. Кожакан А.К., Умбетова Ш.М. Научно-технологический анализ вторичной переработки техногенных отходов энергетики и горно-химических предприятий // Молодой ученый. — 2009. — № 12 (12). — С. 54-57.

17. Белькова О.Н., Леонов С.Б. Исследование полезных ископаемых на обогатимость // Москва, Интермет инжиниринг, - 2001 г., - С.631.

18. Зеленов В.И. Методика исследования золото- и серебросодержащих руд // Москва, Недра, - 1989 г., - С.302.

19. Pacewska B., Blonkowski G., Wilińska I. Investigations of the influence of different fly ashes on cement hydration // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, - 2006. — V.86(1). — P.179–186.

20. Жилкибаева А.М., Естемесова А.С. Научные аспекты управления реологическими характеристиками бетонной смеси // Вестник Ошского ГУ. — 2020. - №1. — С.7-11.

21. Zhakipbekov Sh.K., Yestemessova A.S., Zhilkibayeva A. Physico-mechanical properties of heavy concrete with a complex mineral additive // The Scientific Journal of the Modern Education & Research Institute, - 2021. — Vol.16. — P.71-76.

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс бойынша

Махсұт Көркем

6B05206 – «Инженерлік экология» білім беру бағдарламасы

Тақырып: «Балқаш тау-кен байыту комбинатының қалдықтарынан
пайдаланудың қоршаған ортаға әсерін бағалау»

Махсұт Көркемнің дипломдық жұмысы қазіргі кезде өзекті әрі практикалық маңызы жоғары тақырыпқа арналған – Балқаш кен-байыту комбинаты (БКБК) қалдықтарының қоршаған ортаға тигізетін әсерін бағалау және оларды қайта пайдалану мүмкіндіктерін қарастыру.

Қазақстанның өндірістік аймақтарында экологиялық жүктеменің артуына байланысты қалдықтарды ұтымды пайдалану және олардың қоршаған ортаға әсерін азайту мәселелері күн тәртібінде тұр.

Көркем Балқаш КБК қалдықтарының құрамы мен құрылымы туралы мәліметтерді жинап, талдау бойынша ауқымды зерттеу жүргізген. Жұмыста аталған қалдықтарды құрылыс материалдарын өндіру мақсатында қолдану мүмкіндігі терең зерделенген.

Зерттеу құрылымы жүйелі құрылған, материал бірізді және түсінікті баяндалған. Ғылыми әдебиеттер мен нормативтік құжаттар орынды әрі тиімді пайдаланылған, бұл жұмыстың ғылыми сапасын арттырады. Сонымен қатар, жұмыста экологиялық жағдайды жақсарту бойынша нақты ұсыныстар берілген, оларды тәжірибеде қолдануға толық мүмкіндік бар.

Кейбір бөлімдерде ұсынылған шараларды жүзеге асырудың экономикалық тиімділігі мен ұзақ мерзімді нәтижелерін нақтылау жұмыстың мазмұнын одан әрі байыта түсер еді. Алайда бұл жекелеген жетіспеушіліктер диплом жұмысының жалпы жоғары сапасына әсер етпейді.

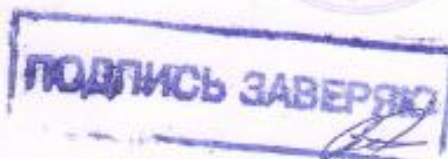
Жалпы, жұмыстың қорытындылары мен тұжырымдары зерттеу тақырыбына сай келеді. Алынған нәтижелер нақты деректерге негізделген және өндірістік қалдықтарды қайталама мақсатта қолдануға жол ашады.

Рецензент

Р.Н. Жаңа
(лауазымы, оқу дәрежесі, атағы)

Таураев К.Т. Т.А.Ә.
(қолы)

« 9 » 06 20... ж.



ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс бойынша

Махсұт Көркем

6B05206 – «Инженерлік экология» білім беру бағдарламасы

Тақырып: «Балқаш тау-кен байыту комбинатының қалдықтарынан пайдаланудың қоршаған ортаға әсерін бағалау»

Жұмыстың мақсаты – Балқаш кен-байыту комбинаты қалдықтарының қоршаған ортаға тигізетін әсерін бағалау және оларды әрі қарай пайдалану мүмкіндіктерін салыстыра отырып анықтау.

Осы мақсатқа жету үшін студент келесі міндеттерді айқындап, сәтті орындады:

1. Балқаш КБК қалдықтарының қоршаған ортаға әсерін бағалау;
2. Байыту қалдықтарының физика-химиялық қасиеттерін зерттеу;
3. Байыту қалдықтарын қайта өңдеу мен қайталама қолданудың тиімді тәсілдерін талдау.

Қалдықтарды басқару мәселесі – қазіргі заманғы экологияның ең өзекті проблемаларының бірі. Бұл, әсіресе, өндірістік қалдықтары көп көлемде түзілетін ірі өнеркәсіптік кәсіпорындарға қатысты.

Зерттеу нәтижесінде ұсынылған практикалық қорытындылар мен ұсыныстар Балқаш КБК байыту қалдықтарын бетон өндірісінде қолдануға мүмкіндік береді.

Зерттеудің практикалық маңызы жұмыстағы материалдың нақты баяндалуымен, сондай-ақ шетелдік тәжірибеден алынған сәтті мысалдардың орынды қолданылуымен арта түседі. Жұмыс логикалық тұрғыда бірізді, нақты және анық жазылған.

Орындалған жұмыс қойылған мақсатқа толықтай сай келеді және бакалавр деңгейіне лайықты аяқталған ғылыми зерттеу болып табылады. Жұмыстың рәсімделуі қолданыстағы талаптарға сәйкес орындалған.

Жалпы алғанда, ұсынылған дипломдық жұмыс теориялық жағынан жоғары деңгейде орындалған, осы деңгейдегі жұмыстарға қойылатын барлық талаптарға толық сәйкес келеді. Жұмыс авторы «өте жақсы» деген бағаға (95 балл, А) лайық.

Ғылыми жетекші

Б.Г.К., пр.ф.оқушы



Садыкова Ш.Ж.

«05» _июня_ 2025 г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Махсут Көркем

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломдық жұмыс

Название работы: Балқаш тау-кен байыту комбинатының қалдықтарын пайдаланудың қоршаған ортаға әсерін бағалау

Научный руководитель: Шолпан Садыкова

Коэффициент Подобия 1: 8.4

Коэффициент Подобия 2: 2.6

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 15

Интервалы: 1

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

Дата 10.06.2025г.

Заведующий кафедрой ХИТ-72
Куз Кузнецова И.Н.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Махсұт Көркем

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломдық жұмыс

Название работы: Балқаш тау-кен байыту комбинатының қалдықтарын пайдаланудың қоршаған ортаға әсерін бағалау

Научный руководитель: Шолпан Кубекова

Коэффициент Подобия 1: 8.4

Коэффициент Подобия 2: 2.6

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 15

Интервалы: 1

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрыва плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

Жаф Сарсенбаев С.Д. проверяющий эксперт