

**Б.Е. Жакипбаев<sup>1,2,\*</sup>, Н.Н. Жаникулов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

<sup>2</sup>Академик Ә.Қуатбеков атындағы Халықтар достығы университеті, Шымкент, Қазақстан

<sup>3</sup>Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан

Жакипбаев Бибол Ермуратович – PhD, қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті; академик Ә.Қуатбеков атындағы Халықтар достығы университетінің инженерлік-технологиялық хабтың бас ғылыми қызметкері, Шымкент, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-1412-7796> e-mail: bibol.ye.zhakipbayev@mail.ru

Жаникулов Нургали Нодырулы – PhD, Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің «Бейорганикалық және техникалық химия» кафедрасының ассистент-профессор, Қарағанды, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-0750-9753> e-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

\*Автор корреспондент: bibol.ye.zhakipbayev@mail.ru

**ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ КЛИНКЕРІН КҮЙДІРУ КЕЗІНДЕ  
ТЕФРИТОБАЗАЛЬТТАР МЕН ҚОРҒАСЫН ҚОЖДАРЫН  
БАЛАМА ШИКІЗАТ РЕТІНДЕ ПАЙДАЛАНУ**

**Андатпа.** Цемент өндірісіндегі негізгі шикізат карбонатты және сазды жыныстар, сондай-ақ өнеркәсіптік және техногендік қалдықтардың кейбір түрлері болып табылады. Қазақстанның жер қойнауы цемент өндіруге арналған шикізатқа бай, бірақ жоғары сапалы табиғи шикізат қоры шектеулі. Қазақстанда геология комитетінің деректері бойынша 480.2 млн. т қорларының жалпы балансы бар 122 әктас кен орны барланды. Сазды жыныстардың кен орындары Қазақстанның барлық өңірлерінде белгілі. Сазды жыныстардың 1500 кен орны өсірілді. Бұдан басқа, республиканың көптеген өңірлерінде өнеркәсіптік және техногендік қалдықтардың миллиондаған үйінділері бар. Қазіргі уақытта жинақталған өнеркәсіптік қалдықтардың көлемі 30 млрд. тоннадан асады. Осы зерттеулеріміздің мақсаты – портландцемент өндірісінде клинкерді күйдіру кезінде тефритобазальт пен қорғасын қожын сазды және темір құрамдас бөлікті алмастырғыш ретінде пайдалану мүмкіндігін зерттеу.

**Кілтті сөздер:** тефритобазальт, қорғасын қождары, клинкер, микроқұрылым, генезис, портландцемент.

**Кіріспе**

Цемент өндірісіндегі негізгі шикізат карбонатты және сазды жыныстар, сондай-ақ өнеркәсіптік және техногендік қалдықтардың кейбір түрлері болып табылады [1]. Қазақстанның жер қойнауы цемент өндіруге арналған шикізатқа бай, бірақ жоғары сапалы табиғи шикізат қоры шектеулі [2]. Қазақстанда геология комитетінің деректері бойынша 480.2 млн. т қорларының жалпы балансы бар 122 әктас кен орны барланды [3]. Сазды жыныстардың кен орындары Қазақстанның барлық өңірлерінде белгілі. Сазды жыныстардың 1500 кен орны өсірілді [4]. Бұдан басқа, республиканың көптеген өңірлерінде өнеркәсіптік және техногендік қалдықтардың миллиондаған үйінділері бар. Қазіргі уақытта жинақталған өнеркәсіптік қалдықтардың көлемі 30 млрд. тоннадан асады [5].

Зерттеудің өзектілігі – сапалы табиғи шикізат қорларының сарқылуы өнеркәсіптік қалдықтарды барынша пайдалануды және портландцемент өндірісінде шикізаттың жаңа дәстүрлі емес түрлерін іздеуді талап етеді.

Төмендетуге мүмкіндік беретін дәстүрлі емес материалдар мен өнеркәсіп қалдықтары энергетикалық цемент клинкерін жағу кезіндегі шығындар болып табылады магмалық жыныстар сияқты базальттар, тефритобазальттар, жетіспейтін безді түзеткіштің орнына қосымша – пириттік от қорғасын қожын жүргізу, сондай-ақ дәстүрлі сазды компонентті көмір шахталарының көмір өндіретін қалдықтарымен толығымен ауыстыру ұсынылады [6].

Көптеген шетелдік ғалымдар шикізат ретінде портландцемент өндірісінде базальттарды, тефритобазальттарды, қорғасын қождарын және көмір өндіру қалдықтарын қолданумен айналысты. Бір ғалымдар [7] цемент өнеркәсібінде саздың орнына базальттарды қолдану мүмкіндігін зерттеді. Құрамы бар клинкерді күйдіруге арналған екі қоспаны дайындады: (87% әктас + 12% базальт + 1%  $Fe_2O_3$  бездің көзі ретінде). Әр қоспаны ұсақтап, содан кейін  $1500^{\circ}C$  температурада 2 сағат бойы күйдірді. Алынған клинкер 5% гипспен бірге Блейн бойынша  $3000 \text{ см}^2/\text{г}$  тең біртекті массаға дейін ұнтақталған. Алынған цементтер 24% сумен жабылып, цемент пастасын дайындады, содан кейін қалыптарға құйылды. Қысу беріктігін сынау 7 және 28 тәулітен кейін жүргізілді. Физикалық-механикалық сынақтардың нәтижелері бойынша үлгілердің беріктігі кәдімгі цементтен төмен емес. Бұл дегеніміз, базальттар алюминий силикатының көзі ретінде цемент өндірісінде сазды алмастыратын безді аздап қосатын типтік шикізат болып табылады.

Мысырлық ғалымдар [8] базальт жыныстарын портландцемент өндірісінің балама шикізаты ретінде бағалауға және оның қосылуының стандартты үлгілердің ылғалдануы мен механикалық беріктігіне әсерін бағалауға қол жеткізді. Базальт жынысы дәстүрлі шикізатты ішінара ауыстыру үшін алюминий силикат шикізаты ретінде сәтті қолданылды.  $1450^{\circ}C$  температурада күйдірілген «әктас + базальт» шикізат қоспасынан алынған клинкер зерттелді. Рентгендік спекторметрия әдісімен үлгілердің химиялық және минералогиялық құрамы анықталды. «Әктас + базальт» шикізат қоспасынан алынған клинкер негізінен алит, белит, алюминий және феррит минералдарынан тұрады. Галит клинкердің негізгі бөлігін құрайды және оның клинкер құрамындағы мөлшері 40-70% құрайды, кристалл мөлшері шамамен 150 мкм дейін. Белит клинкерде 15-25% болады және кристалдардың мөлшері 5-тен 40 мкм-ге дейін дөңгелектелген кристалдармен табылады. Базальт клинкерінен алынған цементтің физика-механикалық көрсеткіштері 7 және 28 күннен кейін қысу қалыпты болып табылады. Сығымдау күші 7 күннен кейін 26-28 МПа, ал 28 күннен кейін 43-44 МПа құрайды, бұл EN 197-1 standard (CEM – 42.5 N) стандартына сәйкес асып түседі.

Сонымен қатар, базальттарды ұңғымаларға арналған цемент құрамындағы қосымша цементтеу материалы ретінде пайдалануға болады. Жүргізген эксперименттер цемент құрамының химиялық төзімділігінің базальт ұнтағының төмен болуымен жоғарылауы бос орындарды толтыру және сілтілік резервтің төмен төмендеуімен бірге кеуекті цемент торын жақсарту нәтижесінде кеуектіліктің де,

өткізгіштіктің де төмендеуіне байланысты екенін дәлелдеді. Осы қасиеттердің үйлесуі материалдың сұйықтықтың енуіне төзімділігін арттырады,  $\text{CO}_2$  ыдырау майданының таралуын азайтады [9].

Көршілес Өзбекстанда базальттар силикат және құрылыс материалдарын өндіруде кеңінен қолданылады. Жанартау жыныстарының қоры 16.1 млн.т. Пулатов З.П. және т.б. клинкерді күйдіру кезінде базальттарды алюмосиликат компоненті ретінде қолдануды қарастырды. Базальттарды қолдану шикізат шихтасының жымдасу температурасын  $60-100^\circ\text{C}$ -қа төмендетеді. «Кизилкумцемент» ААҚ цемент зауыты негізінде жүргізілген сынақтар сұйық фазаның балку температурасын төмендету және клинкер түзілу процесін жеделдету тұрғысынан технологияның тиімділігін көрсетті [10].

Шикізаттың техногендік түрлерін пайдалану клинкердегі ауыр металдардың құрамындағы айтарлықтай өзгерістерге әкеледі. Бұл негізінен мырыш, қорғасын және никельге қатысты. Мырыштың жоғары өсуі шикізат қоспасында пайдаланылған автокөлік шиналары мен металлургия өндірісінің қалдықтарын қолдануға байланысты. Клинкердегі мырыштың жоғарылауы клинкер түзілу процесіне және цементтің қасиеттеріне қызығушылық тудырды. Болио-Арсео мен Глассердің зерттеулерінде  $\text{CaO-ZnO-Al}_2\text{O}_3$  жүйесіндегі жымдасу процесіне мырыштың әсеріне басты назар аударылды. Шикі шихтаның құрамында және күйдіру кезінде клинкердегі мырыш мөлшерінің  $0,7\%$ -ға артуы өзіндік фаза, кальций алюмоцинкат минералы ( $\text{Ca}_6\text{Al}_4\text{Zn}_3\text{O}_{15}$ ) түзеді [11]. Гинейс өз жұмысында мырыштың ылғалдану процесінде баяулататын әсерін ашты. Клинкердің құрамындағы мырыштың мөлшері  $3\%$ -дан жоғары болса, 28 тәуліктен кейін цемент беріктігінің төмендеуіне әкелетіні анықталды [12]. Бошенек А. және басқалары [13] құрамында  $0,61\%$  мырыш бар клинкерді синтездеді. Энергия-дисперсиялық әдіспен зерттеуде кальций алюмоцинкатының екі фазасы табылды:  $\text{Ca}_6\text{Zn}_3\text{Al}_4\text{O}_{15}$  және  $\text{Ca}_6\text{Zn}_{2,8}\text{Mg}_{0,2}\text{Al}_4\text{O}_{15}$ . Сонымен қатар, аз мөлшерде  $2\text{CaO}\cdot\text{ZnO}\cdot\text{SiO}_2$  фазасы табылды.

Гинейс Н. және басқалары [14] зертханада алынған синтезделген клинкерлерді зерттеді. Синтезделген клинкердің құрамында  $1\%$  Zn микроэлементі бар. Zn клинкердің химиялық және минералогиялық құрамына әсері зерттелді. Zn үшкальций алюминатының мөлшерін азайтуға әсер ететіні анықталды. Сонымен қатар клинкердің құрамында  $\text{Ca}_6\text{Zn}_3\text{Al}_4\text{O}_{15}$  минералы түзілді. Зерттеу нәтижелері легирленген цементтердің, ең болмағанда, анықтамалық цемент сияқты реактивті екенін көрсетті.

### **Материалдар мен әдістер**

Қойылған міндеттерге қол жеткізу үшін біз шикізат материалдарының химиялық құрамын және олардың микроскоппен микроқұрылымын зерттедік. Химиялық құрамы МеСТ 5382-2019 Цемент және цемент өндірісінің материалдары бойынша анықталды. Химиялық талдау әдістері [15]. Шикізат материалдары мен клинкерлерге электронды-микроскопиялық талдау М.В. Ломоносов атындағы ММУ Геология факультетінің «Петрология және вулканология» кафедрасындағы затты зерттеудің жергілікті әдістері зертханасында JEOL JSM-6480LV

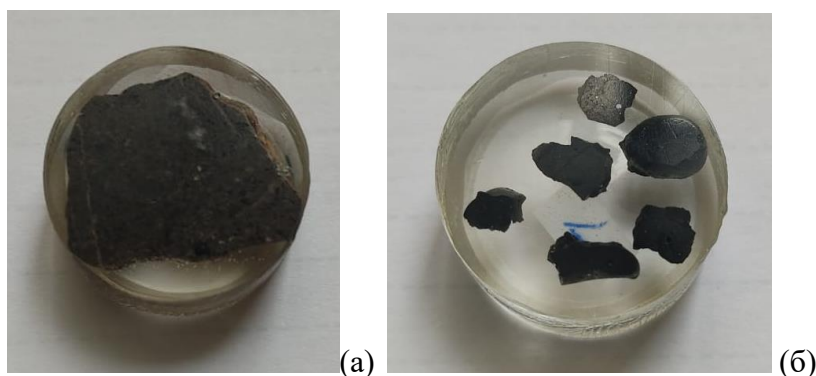
сканерлеуші (растрлық) электронды микроскоп негізінде Inca-Energy 350 энергодисперсиялық спектрометрін (ЭДС) пайдалана отырып жүргізілді [16].

Тәжірибелерде төрт шикізат пайдаланылды және олардың химиялық құрамы 1-ші кестеде келтірілген. Экспериментке қатысатын шикізат материалдарының сипаттамасы.

1-кесте – Шикізат пен техногендік материалдардың химиялық құрамы

Материалдар	Химиялық құрамы, масс %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	ккж	сомасы
Эктас	3.87	1.04	0.57	52.83	0.88	0.10	40.71	100.0
Тефритобазальт	45.54	10.7	8.53	10.66	6.95	0.2	7.92	90.50
Көмір өндірудің қалдықтары	55.50	10.6	2.01	3.21	0.7	0.79	24.08	96.89
Қорғасын қожы	25.94	6.44	37.25	14.71	6.15	0.04	0.1	90.63

1-ші суретте тефритобазальт (а) және қорғасын қожының (б) аншлифтері көрсетілген



1-сурет – Тефритобазальт (а) және қорғасын қожының (б) аншлифтері көрсетілген [авторлардың материалы]

1. Састөбе кен орнының эктасы Түркістан облысының Түлкібас ауданында, Састөбе теміржол станциясынан батысқа қарай 2 км жерде орналасқан. Эктастардың қоры шамамен 70 миллион тоннаны құрайды. Эктас шөгіндісі солтүстік-батысқа қарай созылып, оңтүстік-батысқа қарай құлайды. Оның ұзындығы – 1200 м, ені – 320 м, қуаты – 670 м. Эктастардың физикалық-механикалық қасиеттері: көлемдік массасы – 2,68-2,75 г/см<sup>3</sup>; суды сіңіру – 0,1-0,54%; қопсыту коэффициенті – 1,24; ауа-құрғақ күйінде сығылу кезіндегі беріктік шегі – 475-940 кг/см<sup>2</sup>. Эктастар жоғары механикалық беріктігімен және аязға төзімділігімен сипатталады [17]. Химиялық талдау бойынша эктас негізінен кальциттен (CaCO<sub>3</sub>) тұрады және кварцтан (SiO<sub>2</sub>). SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> оксидтерінің мөлшері төмен, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> мөлшері өте төмен – 0,57%. MgO мөлшері шамалы 0,88%. Эктас таза, жоғары негізді, CaO мөлшері 52%-дан асады. Сілтінің мөлшері қалыпты шектерде.

2. Көмір шахталарының көмір өндіру қалдықтары Түркістан облысының Ленгер қаласында орналасқан. Қоймалар аумағында 6 млн тоннадан астам қалдықтар жинақталған. Қоймалар қаланың шамамен 25 га жерін алып жатыр [17]. Химиялық талдау нәтижелері бойынша көмір өндіру қалдықтары каолинит, гипс, кварц, көміртектен тұрады. Кремний оксидінің мөлшері 55%-дан асады,  $Al_2O_3$  – 10,6%, олар шикізат қоспасындағы шикізат шихтасының алюмо-силикат компонентін алмастыра алады. Көмір өндіру қалдықтарындағы көміртегі мөлшері 15%-дан асады.

3. Тефритобазальт Даубаба кен орны Түркістан облысы Түлкібас ауданында Дәубаба өзенінің оң жағалауында орналасқан. Даубаба тефритобазальттарының кен орны солтүстік-шығыс бағытта көлбеу. Ұзындығы 2200 м, ені 1200 м, қалыңдығы 13-тен 70 м-ге дейін. Тефрит-базальттардың өнімді қалыңдығы 20 млн т шамасында [17]. Тефритобазальт порфириттік құрылымға ие (2-ші сурет).



2-сурет – Тефрит-базальттың микросуреті [авторлардың материалы]

Порфир фенокриндері ұзындығы 0,5 мм-ге жететін идиоморфты қысқа бағаналы клинопироксен дәндерімен ұсынылған. Олар жыныстың жалпы көлемінің шамамен 30% құрайды. Клинопироксеннің құрамы диопсид-геденбергиттің изоморфты қатарына сәйкес келеді. Онда кері зоналылық көрінеді: магнезия орталықтан дәндердің шетіне дейін артады.

Фенокриндердің арасында қайталама минералдар агрегатымен алмастырылған плагиоклаз дәндерінің реликтері бар. Екінші реттік минерал-цеолит (анальцим). Реликтілер ұзартылған призмалық контурларға ие. Олардың ұзындығы 0,5-1 мм, ені шамамен 0,1 мм. Тау жыныстарының құрамы шамамен 15% құрайды. Плагиоклаз толығымен ауыстырылды. Бастапқы минералдың нақты құрамын анықтау мүмкін емес.

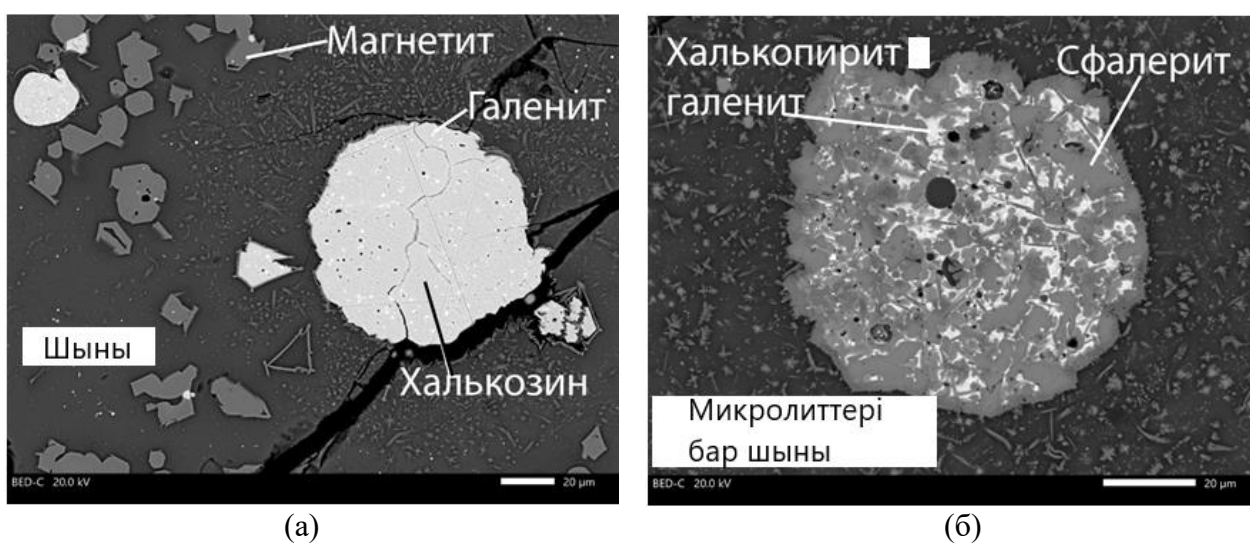
Үлгіде өлшемі миллиметрдің жүзден бір бөлігінен  $\approx 0,2$  мм-ге дейінгі магнетиттің изометриялық түйіршіктері бар. Оның құрамында Al, Mn, V, Si, Cr, Zn қоспалары бар. Тау жынысындағы магнетит мөлшері 15%-дан аспайды. Ұсақ, көлемі 0,1 мм-ге дейін, хлорит, кальцит, сілті дала шпаты, апатит түйірлері де тау жыныстарынан табылған. Олардың жалпы мөлшері 15% аспайды. Рентгендік фазалық талдауға сәйкес тау жынысында оливин мен клинохлор бар. Жер асты массасы субмикронды агрегаттан тұрады, оның минералдық құрамы, шамасы, фенокристалдарға жақын.

Дилатометриялық әдіспен анықталған тефритобазальттардың балқуының басталу температурасы  $1280^{\circ}\text{C}$ , ликвидус температурасы  $1350^{\circ}\text{C}$ .  $1450^{\circ}\text{C}$  температурада тау жынысы ұнтағы (електен еленген 02) 45 минут ішінде толығымен ериді, ағартылады және гомогенизацияланады [18]. Тефритобазальттардың физика-механикалық қасиеттері: тығыздығы –  $2.0 \text{ г/см}^3$ ; қысу кезіндегі беріктік шегі –  $47,6\text{-}195,8 \text{ МПа}$ . Тефритобазальттағы химиялық талдауға сәйкес құрамында  $\text{SiO}_2$  – 45,54%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 10%-дан астам,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – шамамен 8,5%. Магний мөлшері жоғары 6,95%, бұл жағымсыз. Сілтілердің едәуір мөлшері бар ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ), ол 2,54% құрайды.

4. «Южполиметалл» АҚ қорғасын қож зауыты Шымкент қаласында орналасқан. Қорғасын қождарының баланстық қоры шамамен 2 млн тоннаны құрайды [19]. Қорғасын қожында 37% дейін темір оксиді бар және түзету қоспасын алмастыра алады. Сонымен қатар, қорғасын шлактарында 14%-ға дейін CaO бар және карбонат компонентін ішінара ауыстырады.

Рентгендік фазалық талдауға сәйкес қорғасын қождарында аморфты материалдың көп мөлшері бар, бұл әдіспен нақты фазалық диагностиканы қиындатады. Рентгенограммада гематит пен сфалериттің болуы анықталды.

Микрозондты зерттеуге сәйкес қорғасын өндірісінің қожы толық кристалды емес порфирлі құрылымға ие (3-ші сурет).



3-сурет– Фенокристалдардың әртүрлі типтері бар қорғасын қождарының микросуреттері [авторлардың материалы]

Негізгі массасы негізінен шыныдан тұрады. Шыны мөлшері үлгінің жалпы көлемінің шамамен 60% құрайды. Жер массасының құрылымы гетерогенді. Ол витрофирлі және гиалопилитті құрылымды аймақтарды ауыстырады. Ең кристалданған жерлерде мырыш пен күкірт мөлшерінің жоғарылауы және кальций мөлшерінің төмендеуі байқалады.

Фенокристалдар дөңгелектенген изометриялық агрегаттарды құрайтын әртүрлі сульфидтермен ұсынылған. Олардың мөлшері бірнеше микроннан  $\approx 0,5$  мм-ге дейін өзгереді. Минералды құрамы әртүрлі. Шамамен 95%-ға бүктелген агрегаттар бар халькозин ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) және 5% галенит ( $\text{PbS}$ ) және негізінен сфалерит ( $\text{ZnS}$ ), аз (5%-ға дейін) халькопирит ( $\text{CuFeS}_2$ ) және галенит. Фенокристалдар ретінде субидиоморфты магнетит дәндері ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) бар. Олардың мөлшері орта есеппен 10 мкм құрайды. Үлгідегі жалпы сома шамамен 20% құрайды.

1-ші тәжірибе. Химиялық талдау нәтижелері бойынша «ROCS» бағдарламасы бойынша шикізат қоспаларының құрамын есептеу жүргізілді [20]. Алынған клинкерлердің компоненттік құрамы және оңтайлы модульдік сипаттамалары анықталды. Алынған клинкердің есептік химиялық және минералогиялық құрамы талданады.

2-ші тәжірибе. Шикізат бөлшектегіліп, №008 електен өтті. Шикізат материалдарынан шикізат қоспалары есептік құрамы бойынша дайындалды, содан кейін гидравликалық преста диаметрі 15 мм және биіктігі 10 мм таблеткалар 20 МПа қысыммен қалыпталды.

3-ші тәжірибе. Таблеткаларды күйдіру М.Әуезов ат. ОҚУ-нің SX-2-18TP электр зертханалық пешінде жүргізілді. Күйдіру біртіндеп жүреді, айналмалы өнеркәсіптік пештегі жылу процестерін толығымен сипаттайды. Температураның  $1350^\circ\text{C}$ -қа дейін көтерілуі 2-2,5 сағат ішінде болды.

4-ші тәжірибе. Клинкерді күйдіру процесінің аяқталуы СаО-ның клинкер минералдарына сіңу дәрежесі бойынша бағаланды. СаО-ның сапалы мөлшері микроскопиялық әдіспен анықталды. Клинкерлердегі СаО<sub>бос</sub> сандық құрамы этил-глицерат әдісімен анықталды [21].

### Нәтижелер мен талқылау

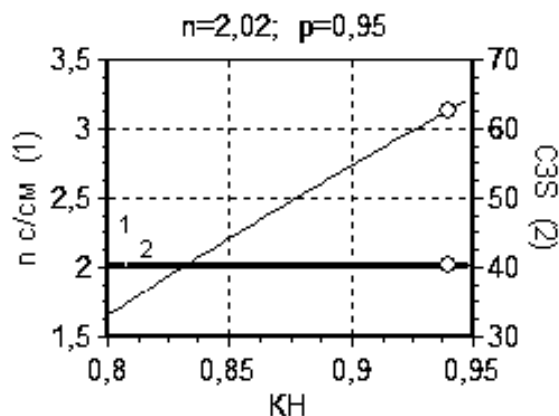
1-ші тәжірибе. «Әктас + көмір өндірудің қалдықтары + тефритобазальт + қорғасын қожы" шикізат қоспаларының құрамын төрт компонентті есептеу жүргізілді. 2-ші кестеде шикізат қоспасы мен клинкердің оңтайлы құрамын есептеу нәтижелері келтірілген. Химиялық талдауға сәйкес «ROCS» компьютерлік бағдарламасы клинкердің оңтайлы сипаттамаларын анықтады. Есептеу нәтижелері бойынша  $\text{KH}=0,94$ , силикат модулі  $n=2,02$ ; алюминий модулі  $p=0,95$ . Шикізаттың теориялық меншікті шығыны клинкердің 1,481 т/т құрайды, бұл дәстүрлі қоспаларға қарағанда шамамен 70 кг төмен. Дәстүрлі емес компоненттердің мөлшері 24,69% құрайды.

2-кесте – Шикізат қоспасы мен клинкердің оңтайлы құрамын есептеу нәтижелері  
 $KH=0,94$ ;  $n = 2,02$ ;  $p = 0,95$

Шикізат компоненттерінің химиялық құрамы								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	ккж	Басқалары
Әктас	3,87	1,04	0,57	52,83	0,88	0,10	40,71	-
Тефрито-базальт	45,54	10,70	8,53	10,66	6,95	0,20	7,92	9,50
Көмір өндірудің қалдықтары	55,50	10,60	2,01	3,21	0,70	0,79	24,08	3,11
Қорғасын қожы	25,94	6,44	37,25	14,71	6,15	0,04	0,10	9,37
Шикізат қоспасының құрамдас бөлігі бойынша химиялық құрамы								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	ккж	Басқалары
Әктас	2,914	0,783	0,429	39,786	0,663	0,075	30,65	-
Тефрито-базальт	9,204	2,162	1,724	2,154	1,405	0,040	1,601	1,920
Көмір өндірудің қалдықтары	0,585	0,112	0,021	0,034	0,007	0,008	0,254	0,033
Қорғасын қожы	0,889	0,221	1,276	0,504	0,211	0,001	0,003	0,321
Шикізат қоспасы	13,59	3,28	3,45	42,48	2,29	0,13	32,52	2,27
Клинкердің құрамдас бөлігі бойынша химиялық құрамы								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	ккж	Басқалары
Әктас	4,319	1,161	0,636	58,957	0,982	0,112	-	-
Тефрито-базальт	13,638	3,204	2,555	3,192	2,081	0,060	-	2,845
Көмір өндірудің қалдықтары	0,867	0,166	0,031	0,050	0,011	0,012	-	0,049
Қорғасын қожы	1,317	0,327	1,891	0,747	0,312	0,002	-	0,476
Клинкер	20,14	4,86	5,11	62,95	3,39	0,19	-	3,37
Шикізат қоспасы мен клинкердің химиялық құрамы								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	ккж	Басқалары
Шикізат қоспасы	13,59	3,28	3,45	42,48	2,29	0,13	32,52	2,27
Клинкер	20,14	4,86	5,11	62,95	3,39	0,19	-	3,37
Модульдер						Шикізат қоспасы		Клинкер
KH (әкпен қанықтыру коэффициенті)						0,94		0,94
n (кремнеземді модулі)						2,02		2,02
p (глиноземді модулі)						0,95		0,95
ТЭК (клинкер түзілуінің жылу әсері, ккал/кг)						-		364,1
G <sub>отын</sub> (күйдіруге арналған отын шығыны, кг шартты отын /т кл)						-		196
Минерологиялық құрамы								
Минералдар	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	CaSO <sub>4</sub>		MgO <sub>кл</sub>	
Мас. %	57,88	18,82	6,46	11,61	0,32		3,39	
Компоненттердің мөлшері								
Материалдар	Шикізат қоспасы				Клинкер			
	кг/кг кл		%		%			
Әктас	1,1160		75,31%		66,17%			
Тефрито-базальт	0,1575		10,63%		14,38%			
Көмір өндірудің қалдықтары	0,1575		10,63%		14,39%			
Қорғасын қожы	0,0508		3,43%		5,06%			
Сомасы	1,4818		100,00%		100,00%			

4-ші суретте клинкерлердегі C<sub>3</sub>S құрамының KH мәніне және шикі қоспалардағы модульдерге тәуелділігі көрсетілген.





4-сурет – Клинкерлердегі  $C_3S$  құрамының  $КН$  мәніне және шикі қоспалардағы модульдерге тәуелділігі [авторлардың материалы]

Қанықтыру коэффициентінің мәні 0,8-ден 0,95-ке дейін және силикат модулі 1,5-тен 3,5-ке дейін жоғарылағанда алит ( $C_3S$ ) мөлшері 40%-дан 70%-ға дейін артады. Силикатты модуль  $n=2,02$  болғанда, алюминий тотығының модулінің мәні  $p=0,95$  болды. Силикатты модульді ұлғайту алюминий тотығы модулінің, сондай-ақ үшкальций алюминатының ( $C_3A$ ) мөлшерінің жоғарылауына ықпал етеді. Есептеу нәтижелері бойынша «Әктас + көмір өндіру қалдықтары + тефрит-базальт + қорғасын қожы» шикізат қоспасы МеСТ 22266-2013 бойынша СЕМ III/A C маркалы сульфатқа төзімді қож-портландцемент клинкерлерін өндіруге жарамды [22]. Клинкердің химиялық-минералогиялық құрамында  $C_3A$  минералы 7%,  $Al_2O_3$  және  $MgO$  5% аспайды. Үш кальций алюминатының және төрт кальций алюиноферритінің жалпы мөлшері ( $C_3A + C_4AF < 22%$ ) 18,07% құрайды және шектен аспайды. Клинкер құрамындағы алит 57,88%, белит 18,82%.

2-ші тәжірибе. Жоғарыда аталған шикізат пен техногендік материалдардан ПСХ-К құрылғысында материалдардың меншікті беттері анықталды. Ұнтақтау ұсақтығын өлшеу нәтижелері бойынша материалдардың меншікті бетінің ауданы 3118–3326  $см^2/г$ , ал бөлшектердің орташа мөлшері 5,67–5,92 мкм болды. Дайындалған «Әктас + көмір өндіру қалдықтары + тефритобазальт + қорғасын шлактары» қоспаларынан 20 МПа қысыммен диаметрі 15 мм, биіктігі 10 мм таблеткалар түзілді.

3-ші тәжірибе. Клинкерді күйдіру күрделі физика-химиялық процеспен сипатталады. Клинкер түзілу процесінде жүретін реакциялар оның сапасын және оның фазаларын анықтайды. Таблеткаларды күйдіру  $1350^{\circ}C$  температурада, максималды температурада 30 минут ұстай отырып жүргізілді.  $1350^{\circ}C$  температурада алынған пештің, күйдірілмеген таблеткалардың және клинкерлердің жалпы көрінісі 5-ші суретте көрсетілген.



5-сурет – 1350<sup>0</sup>С температурада алынған күйдірілмеген таблеткалар мен клинкерлердің жалпы көрінісі [авторлардың материалы]

Бос кальций оксидін анықтау және микроскопиялық талдау жүргізу үшін күйдірілген таблеткалар ұнтақталған.

4-ші тәжірибе. 1350<sup>0</sup>С температурада күйдірілген клинкер кальций оксидінің нақты толық сіңуіне жетеді, яғни клинкердегі СаО<sub>бос</sub> мөлшері 0,2% құрады (3-ші кесте).

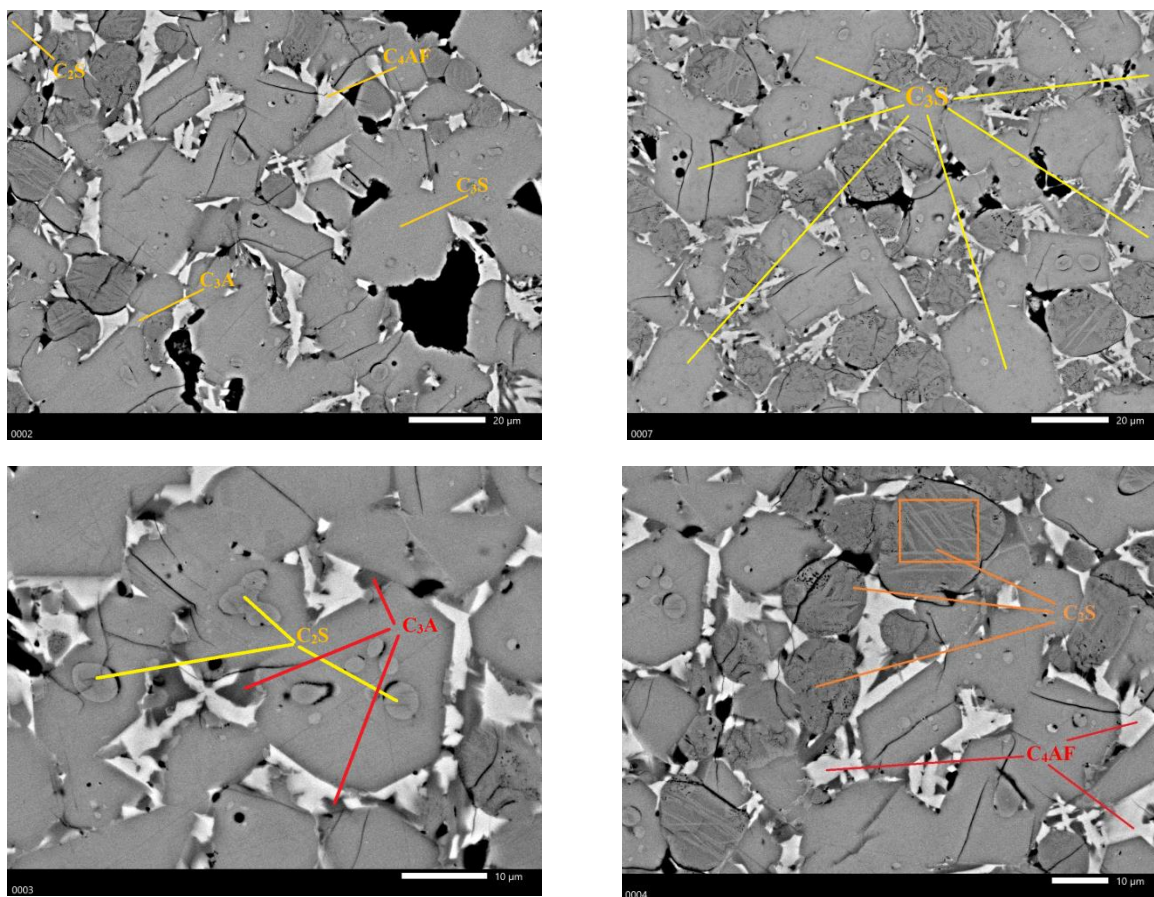
3-кесте – Шикізат қоспасының құрамының кальций оксидін клинкер минералдарына байланыстыру процесіне әсері

Қоспасы	Шикізат қоспасының құрамы, мас.%						
	Әктас	Тефрито-базальт	Көмір өндірудің қалдықтары	Қорғасын қожы			
1	66,17	14,38	14,39	5,06			
Шикізаттың меншікті шығыны, т/т клинкер					Модульдер		1350 <sup>0</sup> С кезіндегі СаО <sub>бос</sub> саны, %
Әктас	Тефрито-базальт	Көмір өндірудің қалдықтары	Қорғасын қожы	КН	n	p	
1,1160	0,1575	0,1575	0,0508		0,94	2,02	

Клинкердің сапасы жақсы, химиялық және минералогиялық құрамы талапқа сай. Шикізат қоспаларындағы клинкер түзілу процесі 1350<sup>0</sup>С температурада аяқталатыны анықталды, яғни 100<sup>0</sup>С төмен.

Микроскопиялық талдауға сәйкес, синтезделген клинкер толық кристалды құрылымға ие. Сұйық фазаның мөлшері үлгінің жалпы көлемінің шамамен 26,15% құрайды.

6-ші суретте алынған клинкердің бөлінуінен алынған микросурет көрсетілген. Микросуреттерді талдау негізгі минералдардың кристалдануы айқын, олардың біркелкі түйіршікті құрылымының таралуы туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді.



алит –  $C_3S$ ; белит –  $C_2S$ ;  
 үшқалыций алюминаты –  $C_3A$ ;  
 төрт кальцийлі алюмоферриті –  $C_4AF$

6-сурет – Клинкер сынығынан алынған микросуреттер [авторлардың материалы]

Алит үлкен өлшемді және әртүрлі пішіндегі кристалдармен ұсынылған. Алит кристалдары белит кристалдарынан әлдеқайда үлкен. Клинкер фигурасында алит 20-50 микроннан әр түрлі өлшемде берілген. Алиттің ірі ромбоэдрлік кристалдарында топтар байқалады, белит қосындылары байқалады. Клинкердің құрамындағы алит мөлшері 57,88% құрайды.

Белит ұсақ түйіршіктермен, дөңгелек және сопақша кристалдармен ұсынылған. Белит дәндері алит дәндерімен тікелей байланыста болады, бұл олардың қатты күйдегі реакциялар арқылы түзілуін көрсетеді. Клинкердің құрамындағы белиттің мөлшері 18,82% құрайды.

Алит және белит түйіршіктерінің бетінде олардың арасында алюминат фазасы айқын көрінеді – күңгірт аралық зат және алюиноферрит фазасы – ашық аралық зат. Аралық зат  $C_3A + C_4AF = 18,07\%$  жеткілікті мөлшерде бар.

Шикізат қоспасының бөлігі ретінде сазды жыныстардың орнына тефритобазальтты тиімді пайдалануға болады. Тефритобазальт негізіндегі клинкер жымдасуларында өлшемі 20-50 мкм болатын дұрыс пішінді, қалыпты пішінді алит кристалдары түзіледі. Тефритобазальт клинкер түзілу процестерін жақсартады, күйдіру температурасын төмендетуге көмектеседі, клинкерді күйдіру процесін күшейтеді.

Қоспаға енгізілген қорғасын қожының аз мөлшері (5,06%) клинкер құрылымын өзгертіп, минерал түзілу процесін жақсартады. Шикізат қоспасының құрамына қорғасын қожын қосу отқа төзімділікті және CaO-SiO<sub>2</sub> фазаларының төменгі температурада қосылуын жақсартады. Қождың құрамындағы мырыш оксиді (ZnO) 1350<sup>0</sup>С температурада бос әк қалдықтарын ерітуде минерализатор қызметін атқарады. ZnO болуы қатты реакцияның жүруіне және силикаттардың түзілуіне және CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> байланысына әсер етеді.

### Қорытынды

1-ші тәжірибе. Химиялық талдау нәтижелері бойынша «ROCS» бағдарламасы бойынша шикізат қоспаларының құрамын есептеу жүргізілді. Алынған клинкерлердің компоненттік құрамы және оңтайлы модульдік сипаттамалары анықталды. Алынған клинкердің есептік химиялық және минералогиялық құрамы талданады.

2-ші тәжірибе. Шикізат бөлшектегіліп, №008 електен өтті. Шикізат материалдарынан шикізат қоспалары есептік құрамы бойынша дайындалды, содан кейін гидравликалық преста диаметрі 15 мм және биіктігі 10 мм таблеткалар 20 МПа қысыммен қалыпталды.

3-ші тәжірибе. Таблеткаларды күйдіру М.Әуезов ат. ОҚУ-нің SX-2-18TP электр зертханалық пешінде жүргізілді. Күйдіру біртіндеп жүреді, айналмалы өнеркәсіптік пештегі жылу процестерін толығымен сипаттайды. Температураның 1350<sup>0</sup>С-қа дейін көтерілуі 2-2,5 сағат ішінде болды.

4-ші тәжірибе. Клинкерді күйдіру процесінің аяқталуы СаО-ның клинкер минералдарына сіңу дәрежесі бойынша бағаланды. СаО-ның сапалы мөлшері микроскопиялық әдіспен анықталды. Клинкерлердегі СаО<sub>бос</sub> сандық құрамы этил-глицерат әдісімен анықталды.

### Әдебиеттер:

1. Таймасов, Б.Т. Химическая технология вяжущих материалов 1 том: Учебник. Алматы: Эверо, 2015, 332 с. 2 том, 152 с.
2. Байболов К.С., Сейтжанов С.С., Битемиров М.К. Приоритетные строительные материалы и их минерально-сырьевое обеспечение: учебник. Шымкент: ЮКГУ им. М.Ауэзова. 2016, 224 с.
3. Общая информация о геологии Казахстана. Комитет геологии Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан. [Электрон.ресурс]. – URL: <https://nedra.kz/pi/opi> (дата обращения: 11.03.2023)
4. Байбатша А.Б. Геология месторождений полезных ископаемых: учебник. Алматы: КазНТУ. 2008, 368 с.
5. Kolesnikov A.S., Zhakipbaev B.Ye., Zhanikulov N.N., Kolesnikova O.G., Akhmetova E.K., Kuraev R.M., Shal A.L. Review of technogenic waste and methods of its processing for the purpose of complex utilization of tailings from the enrichment of non-ferrous metal ores as a component of the raw materials mixture in the production of cement clinker. *Rasayan Journal of Chemistry*. 2021. 14 (2), 997-1005 <http://dx.doi.org/10.31788/>
6. Таймасов Б.Т., Худякова Т.М., Жаникулов Н.Н. Комплексное использование природного и техногенного сырья в производстве малоэнергоёмких цементов, Монография - Шымкент: ЮКГУ им. М. Ауэзова. 2017, 205 с.

7. Hassaan M.Y. Basalt rock as an alternative raw material in Portland cement manufacture. *Materials Letters*. 2001, 50 (2-3), 172-178. (в международном журнале) [https://doi.org/10.1016/S0167-577X\(01\)00220-8](https://doi.org/10.1016/S0167-577X(01)00220-8)
8. Nabil A. Abd El-Hafiz, Mohamed W. Abd El-Moghny, Hatem M. El-Desoky, Atef A. Afifi. Characterization and technological behavior of basalt raw materials for Portland cement clinker production. *IJISSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. 2015, 2 (7), 1-22. (в международном журнале)
9. Gabriela Goncalves Dias Ponzi, Victor Hugo Jacks Mendes dos Santos, Renan Bordulis Martel, Darlan Pontin, Amanda Sofia de Guimares eStepanha, Marta Kerber Schutz, Sonia C. Menezes, Sandra M.O. Einloft, Felipe Dall Vecchia Basalt powder as a supplementary cementitious material in cement paste for CCS wells chemical and mechanical resistance of cement formulations for CO<sub>2</sub> geological storage sites. *International journal of Greenhouse Gas Control*. 2021, 19, 103337. (в международном журнале) <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2021.103337>
10. Пулатов З.П., Бутаев Э.М. Промышленное освоение производства цемента с использованием вулканических горных пород. *Цемент и его применение*. Санкт-Петербург. 2011, 3, 134-136.
11. Bolio-Arcero H., Glasser F.P. Zinc oxide in cement clinkering: part 1 systems CaO–ZnO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and CaO–ZnO–Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Advances in Cement Research*. 1998, 25 (10). (в международном журнале)
12. Gineys N., *Influence de la teneur en elements métalliques du clinker sur les propriétés techniques et environnementales du ciment Portland – these*. Université Lille Nord de France. 2011. (в международном журнале)
13. Matusiewicz A., Bochenek A., Szlag H., Kurdowski W. Pewne zagadnienia zwiazane z podwyzszona zawartoscia cynku w klinkierze I w produkowanym z niego cemencie. *Cement Wapno Beton*. 2011, 78, 332-341. (в международном журнале)
14. Gineys N., Aouad G., Sorrentino F., Damidot D. Incorporation of trace elements in Portland cement clinker: Threshold limits for Cu, Ni, Sn or Zn. *Cement and Concrete Research*. 2011, 41, 1177-1184. (в международном журнале)
15. ГОСТ 5382-2019 Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа. Введ. 2020-06-01. М.: Стандартинформ. 2019, 69 с.
16. Рид Дж.С.Б. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии. М: Техносфера, 2008. 232 с.
17. Бишимбаев В.К. и др. Минерально-сырьевая и технологическая база Южно-Казахстанского кластера строительных и силикатных материалов: монография. Алматы. 2009, 264 с.
18. Даминова А.М. Петрография магматических горных пород. М.: 1967. 232 с.
19. Шлакоотвал свинцового производства: отчет №А224-09 об оценке движимого имущества: рус. Бимурзаева М.Ч. Шымкент. 2017, 24 с.
20. Трубаев П. Методическое руководство по применению программы «ROCS». – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2006, 60 с.
21. Бутт Ю.М., Тимашиев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. М.: Высшая школа. 1973, 504 с.
22. ГОСТ 22266-2013 Цементы сульфатостойкие. Технические условия. Введ. 2015-01-01. – М.: Стандартинформ. 2014, 12 с.
23. Классен В.К., Борисов И.Н., Мануйлов В.Е. Техногенные материалы в производстве цемента: монография. Белгород: Изд-во БГТУ. 2008, 126 с.
24. Горшков В.С., Александров С.Е., Иващенко С.И., Горшкова И.В. Комплексная переработка и использование металлургических шлаков в строительстве. М.: Стройиздат. 1985, 272 с.
25. Zhanikulov N.N., Taimasov B.T., Borisov I.N., Dzhanmuldaeva Zh.K., Dauletiarov M.S. Research on obtaining low energy cements from technogenic raw materials. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy, Bulgaria*. 2020, 55 (4), 814-823. (в международном журнале)

26. Кузнецова Т.В., Самченко С.В. Микроскопия материалов цементного производства: учебник. М.: МИКХуС. 2007, 304 с.
27. Zhanikulov N.N., Kolesnikov A.S., Taimasov B.T., Zhakipbayev B.Ye., Shal A.L. Influence of industrial waste on the structure of environmentally friendly cement clinker. *Complex Use of Mineral Resources*. 2022,4 (323), 84-91. (в международном журнале) DOI:10.31643/2022/6445.44

#### References:

1. Taimasov B.T. *Himicheskaya tehnologiya vyazhuschih materialov 1 tom: Uchebnik [Chemical technology of binders 1 volume: Textbook]* Almaty: Evero, 2015, 2, 152. (in Russ.)
2. Baibolov K.S., Seitzhanov S.S., Bitemirov M.K. *Prioritetnyie stroitelnyie materialy i ih mineralno-syirevoe obespechenie: uchebnik [Priority building materials and their mineral resource supply: textbook]* Shymkent: SKGU im. M. Auezov. 2016, 224. (in Russ.)
3. *Obschaya informatsiya o geologii Kazahstana. Komitet geologii Ministerstva ekologii, geologii i prirodnih resursov Respubliki Kazahstan [General information about the geology of Kazakhstan. Committee of Geology of the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan] [Electron.resurs].* – URL: <https://nedra.kz/pi/opi> (accessed: 11.03.2023)
4. Baybatsha A.B. *Geologiya mestorozhdeniy poleznyih iskopaemyih: uchebnik [Geology of mineral deposits: textbook]* – Almaty: KazNTU. 2008, 368. (in Russ.)
5. Kolesnikov A.S., Zhakipbaev B.Ye., Zhanikulov N.N., Kolesnikova O.G., Akhmetova E.K., Kuraev R.M., Shal A.L. Review of technogenic waste and methods of its processing for the purpose of complex utilization of tailings from the enrichment of non-ferrous metal ores as a component of the raw materials mixture in the production of cement clinker. *Rasayan Journal of Chemistry*. 2021. 14 (2), 997-1005. <http://dx.doi.org/10.31788/>
6. Taymasov B.T., Hudyakova T.M., Zhanikulov N.N. *Kompleksnoe ispolzovanie prirodnogo i tehnogenogo syirya v proizvodstve maloenergoemkih tsementov. Monografiya [Integrated use of natural and technogenic raw materials in the production of low-energy cements, Monograph]* – Shymkent: SKSU im. M. Auezov. 2017, 205. (in Russ.)
7. Hassaan M.Y. Basalt rock as an alternative raw material in Portland cement manufacture. *Materials Letters*. 2001, 50 (2-3), 172-178 [https://doi.org/10.1016/S0167-577X\(01\)00220-8](https://doi.org/10.1016/S0167-577X(01)00220-8)
8. Nabil A. Abd El-Hafiz, Mohamed W. Abd El-Moghny, Hatem M. El-Desoky, Atef A. Afifi Characterization and technological behavior of basalt raw materials for Portland cement clinker production. *IJISSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. 2015, 2 (7), 1-22.
9. Gabriela Goncalves Dias Ponzi, Victor Hugo Jacks Mendes dos Santos, Renan Bordulis Martel, Darlan Pontin, Amanda Sofia de Guimares eStepanha, Marta Kerber Schutz, Sonia C. Menezes, Sandra M.O. Einloft, Felipe Dall Vecchia Basalt powder as a supplementary cementitious material in cement paste for CCS wells chemical and mechanical resistance of cement formulations for CO<sub>2</sub> geological storage sites. *International journal of Greenhouse Gas Control*. 2021, 19, 103337. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2021.103337>
10. Pulatov Z.P., Butaev E.M. *Promyshlennoe osvoenie proizvodstva tsementa s ispolzovaniem vulkanicheskikh gorniyh porod. Tsement i ego primeneniye [Industrial development of cement production using volcanic rocks. Cement and its application]* – St. Petersburg. 2011, 3, 134-136.
11. Bolio-Arcero H., Glasser F.P. Zinc oxide in cement clinking: part 1 systems CaO–ZnO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and CaO–ZnO–Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Advances in Cement Research*. 1998, 25 (10).
12. Gineys N., *Influence de la teneur en elements metalliques du clinker sur les proprietes techniques et environnementales du ciment Portland – these.* Université Lille Nord de France. 2011.
13. Matusiewicz A., Bochenek A., Szelag H., Kurdowski W. Pewne zagadnienia zwiazane z podwyzszona zawartoscia cynku w klinkierze I w produkowanym z niego cemencie. *Cement Wapno Beton*. 2011, 78, 332-341.

14. Gineys N., Aouad G., Sorrentino F., Damidot D. *Incorporation of trace elements in Portland cement clinker: Threshold limits for Cu, Ni, Sn or Zn. Cement and Concrete Research.* 2011, 41, 1177-1184.
15. GOST 5382-2019 *Tsementyi i materialyi tsementnogo proizvodstva. Metodyi himicheskogo analiza. Vved. 2020-06-01 [Cements and materials for cement production. Methods of chemical analysis. Introduction 2020-06-01]* – М.: Standartinform. 2019, 69. (in Russ.)
16. Rad J.S.B. *Elektronno-zondovyy mikroanaliz i rastrovaya elektronnaya mikroskopiya v geologii [Electron probe microanalysis and scanning electron microscopy in geology]* – М: Technosphere. 2008. 232. (in Russ.)
17. Bishimbaev V.K. *Mineralno-syirevaya i tehnologicheskaya baza Yuzhno-Kazahstanskogo klastera stroitelnyih i silikatnyih materialov: monografiya [Mineral and raw material and technological base of the South-Kazakhstan cluster of building and silicate materials: monograph]* – Almaty. 2009, 264. (in Russ.)
18. Daminova A.M. *Petrografiya magmaticeskikh gorniy porod [Petrography of igneous rocks]* – М.: 1967. 232. (in Russ.)
19. *Shlakootval svintsovogo proizvodstva: otchet No. A224-09 ob otsenke dvizhimogo imuschestva: rus. Bimurzaeva M.Ch. [Slag dump of lead production: report No. A224-09 on the assessment of movable property: rus. Bimurzaeva M.Ch.]* – Shymkent. 2017, 24. (in Russ.)
20. Trubaev P. *Metodicheskoe rukovodstvo po primeneniyu programmy «ROCS» [Methodological guide to the application of the ROCS program]* – Belgorod: BSTU im. V.G. Shukhova. 2006, 60. (in Russ.)
21. Butt Yu.M., Timashev V.V. *Praktikum po himicheskoy tehnologii vyazhushchih materialov [Workshop on chemical technology of binders]* – М.: Higher School. 1973, 504. (in Russ.)
22. GOST 22266-2013 *Tsementyi sulfatostoykie. Tehnicheskie usloviya. Vved. 2015-01-01 [GOST 22266-2013 Sulphate-resistant cements. Specifications. Introduction 2015-01-01]* – М.: Standartinform. 2014, 12. (in Russ.)
23. Klassen V.K., Borisov I.N., Manuilov V.E. *Tehnogennyie materialyi v proizvodstve tsementa: monografiya [Technogenic materials in cement production: monograph]* – Belgorod: Publishing house of BSTU. 2008, 126. (in Russ.)
24. Gorshkov V.S., Alexandrov S.E., Ivashchenko S.I., Gorshkova I.V. *Kompleksnaya pererabotka i ispolzovanie metallurgicheskikh shlakov v stroitelstve [Complex processing and use of metallurgical slags in construction]* – М.: Stroyizdat. 1985, 272. (in Russ.)
25. Zhanikulov N.N., Taimasov B.T., Borisov I.N., Dzhanmuldaeva Zh.K., Dauletiarov M.S. *Research on obtaining low energy cements from technogenic raw materials. Journal of Chemical Technology and Metallurgy.* – Bulgaria. 2020. Vol.55, №4. –P. 814-823.
26. Kuznetsova T.V., Samchenko S.V. *Mikroskopiya materialov tsementnogo proizvodstva: uchebnik [Microscopy of cement production materials: textbook]* – М.: MIKHiS. 2007, 304. (in Russ.)
27. Zhanikulov N.N., Kolesnikov A.S., Taimasov B.T., Zhakipbayev B.Ye., Shal A.L. *Influence of industrial waste on the structure of environmentally friendly cement clinker. Complex Use of Mineral Resources.* - 2022. №4 (323), - P.84-91. DOI:10.31643/2022/6445.44

**Б.Е. Жакипбаев<sup>1,2,\*</sup>, Н.Н. Жаникулов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский университет имени М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан

<sup>2</sup>Университет дружбы народов имени академика А.Куатбекова, Шымкент, Казахстан

<sup>3</sup>Карагандинский университет имени Е.А.Букетова, Караганда, Казахстан

#### **Информация об авторах:**

Жакипбаев Бибол Ермуратович – PhD, ассоциированный профессор, Южно-Казахстанский университет имени М.Ауэзова; главный научный сотрудник инженерно-технологического хаба Университета дружбы народов имени академика А.Куатбекова, Шымкент, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-1412-7796>, e-mail: bibol.ye.zhakipbayev@mail.ru

Жаникулов Нургали Нодырулы – PhD, ассистент-профессор кафедры «Неорганическая и техническая химия» Карагандинского университета имени Е.А.Букетова, Караганда, Казахстан  
<https://orcid.org/0000-0002-0750-9753>, e-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕФРИТОБАЗАЛЬТОВ И СВИНЦОВЫХ ШЛАКОВ КАК АЛЬТЕРНАТИВНОЕ СЫРЬЕ ПРИ ОБЖИГЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

**Аннотация.** Основными сырьевыми материалами в производстве цемента служат карбонатные и глинистые породы, а также некоторые типы промышленных и техногенных отходов. Недр Казахстана богаты сырьем для производства цемента, но запасы высококачественного природного сырья ограничены. В Казахстане по данным Комитета геологии разведано 122 месторождения известняков с общей балансом запасов 480.2 млн т. Месторождения глинистых пород известны во всех регионах Казахстана. Разведано 1500 месторождений глинистых пород. Кроме того, во многих регионах Республики имеются многомиллионные отвалы промышленных и техногенных отходов. В настоящая время объем накопленных промышленных отходов составляет более 30 млрд т. Целью наших исследований является изучение возможности использования тефритобазальта и свинцового шлака в качестве заменителя глинистого и железосодержащего компонента при обжиге клинкера в производстве портландцемента.

**Ключевые слова:** тефритобазальт, свинцовый шлак, клинкер, микроструктура, генезис, портландцемент.

**B.Ye. Zhakipbayev<sup>1,2,\*</sup>, N.N. Zhanikulov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

<sup>2</sup>Peoples Friendship University named after Academician A.Kuatbekov, Shymkent, Kazakhstan

<sup>3</sup>E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan

### Information about the authors:

Zhakipbayev Bibol Yermuratovich – PhD, Associate professor, M. Auezov South Kazakhstan University; Chief Researcher of the Engineering and Technology Hub of the Peoples Friendship University named after Academician A.Kuatbekov, Shymkent, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-1412-7796>, e-mail: bibol.ye.zhakipbayev@mail.ru

Zhanikulov Nurgali Nodyruly – PhD, Assistant professor of the Department of Inorganic and Technical Chemistry, E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-0750-9753>, e-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

## USE OF TEPHRITOBASALT AND LEAD SLAG AS AN ALTERNATIVE RAW MATERIAL IN BURNING PORTLAND CEMENT CLINKER

**Abstract.** The main raw materials in the production of cement are carbonate and clay rocks, as well as some types of industrial and man-made waste. The bowels of Kazakhstan are rich in raw materials for the production of cement, but the reserves of high-quality natural raw materials are limited. In Kazakhstan, according to the Committee of Geology, 122 limestone deposits have been explored with a total balance of reserves of 480.2 million tons. Deposits of clay rocks are known in all regions of Kazakhstan. 1500 deposits of clay rocks have been explored. In addition, in many regions of the Republic there are multi-million dumps of industrial and man-made waste. Currently, the volume of accumulated industrial waste is more than 30 billion tons. The aim of our research is to study the possibility of using tephrite-basalt and lead slag as a substitute for the clay and iron-bearing component during clinker firing in the production of Portland cement.

**Keywords:** Tefritobasalt, lead slag, clinker, microstructure, genesis, portland cement.