

ӘОЖ 669.1:662

Ә.Б.Кәрімова<sup>1</sup>, Е.В.Кочегина<sup>1</sup>, А.А.Мұхтар<sup>2</sup>, М.И.Байкенов<sup>1</sup>,  
З.Б.Әбсәт<sup>1</sup>, З.С.Халикова<sup>1</sup>, Н.Ж.Рахимжанова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті;  
<sup>2</sup>Ж.Әбішев атындағы химия-металлургия институты, Қарағанды  
E-mail: karimova\_ab@mail.ru

### **Лисаковск кен орнының қоңыртемірлі концентратын байытуға түрлі факторлардың әсері**

Зейдель-Гаусс әдісі бойынша экспериментті жоспарлауды қолданумен Лисаковск кен орнының концентратын байыту бойынша жүргізілген зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Қоңыртемірқұрамды магнетитті емес гидрогетитті барынша магнетитке ауыстырып, кейін қарқындылығы төмен өрісте магниттік байытуды қамтамасыз ететін көмірсутекті тотықсыздандырғыш агенттің (Қаражанбас кен орнының тұтқырлығы жоғары мұнай) қатысында ЛГМК тотықсыздандырғыш күйдіру процесінің оңтайлы реті анықталған.

*Кілтті сөздер:* гравитациялы-магнитті концентрат, сұйық көмірсутекті тотықсыздандырғыш агент, Зейдель-Гаусс әдісі бойынша тәжірибені жоспарлау, магниттік сепарация.

Лисаковск гравитациялы-магнитті концентратты (ЛГМК) түрлі сұйық көмірсутекті тотықсыздандырғыш (СКТ) агенттердің қатысында магниттеу процесін жүргізу мүмкіндігі термодинамикалық, термографиялық, кинетикалық, рентгенфазалық, магнитті және мессбауэр зерттеулері арқылы дәлелденген [1, 2].

Темірқұрамды магнитті емес ЛГМК минералы — гидрогетитті барынша магнетитке ауыстырып, кейін қарқындылығы төмен өрісте магниттік байытуды қамтамасыз ететін көмірсутекті тотықсыздандырғыш агенттің (Қаражанбас кен орнының тұтқырлығы жоғары мұнай) қатысында ЛГМК тотықсыздандырғыш күйдіру процесінің оңтайлы реті анықталған. Тәжірибе Зейдель-Гаусстың экспериментті жобалау әдістемесін қолдану арқылы жүргізілген [3].

Зерттеу нысанасы ретінде келесі химиялық құрамға ие гравитациялы-магнитті концентрат (%) қолданылды: Fe<sub>жалпы</sub> — 47,6; SiO<sub>2</sub> — 9,64; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 4,37; P — 0,75.

Келесі зерттеу факторлары қарастырылды: температура (400–800 °С), күйдіру ұзақтығы (30–90 мин), сұйық көмірсутекті тотықсыздандырғыш агенттің концентрациясы (0,25–1,25 %). Гравитациялы-магниттік концентрат (Қаражанбас кен орнының тұтқырлығы жоғары мұнайы) ертіндісімен өңделді. Зерттелінетін факторлардың деңгейі 1-кестеде берілген.

1 - кесте

#### **Зерттелінетін факторлар және олардың деңгейлері**

Факторлар	Деңгейлер				
	1	2	3	4	5
Температура, X <sub>1</sub> , °С	400	500	600	700	800
Сұйық көмірсутектің концентрациясы, X <sub>2</sub> , %	0,25	0,50	0,75	1,0	1,25
Күйдіру ұзақтылығы, X <sub>3</sub> , мин	30	45	60	75	90

ЛГМК күйігінің келесі көрсеткіштері анықталды: меншікті магниттеліну ( $I$ ), магниттік фракцияның шығымы ( $\gamma$ ), магниттік фракцияға темірдің бөлінуі ( $\varepsilon$ ), сонымен қатар күйіктің магниттеліну дәрежесі ( $M_i$ ). Тәжірибе жоспары және негізгі көрсеткіштері 2-кестеде келтірілген.

2 - кесте

Зерттелген функциялардың тәжірибелік және есептік мәндері

№ р/с	Зерттелген факторлар			Магниттік фракцияның шығымы, %		Магнитті фракцияға темірдің бөлінуі, %	
	$T, ^\circ\text{C}$	$C_{\text{СКТ}}, \%$	$\tau, \text{мин}$	$\gamma_t$	$\gamma_e$	$\varepsilon_t$	$\varepsilon_e$
0	400	0,75	60	2,20	2,20	1,76	1,79
1	500	0,75	60	48,20	48,70	22,23	22,67
2	600	0,75	60	75,80	76,50	38,2	39,00
3	700	0,75	60	88,00	88,96	73,69	75,20
4	800	0,75	60	75,80	76,6	50,34	51,35
5	700	0,25	60	66,21	67,53	54,14	55,30
6	700	0,5	60	81,27	82,89	72,65	74,10
7	700	0,75	60	88,08	89,84	73,38	74,90
8	700	1,0	60	93,33	95,19	76,32	77,90
9	700	1,25	60	90,31	92,10	77,97	79,50
10	700	0,75	30	65,33	65,98	55,78	59,53
11	700	0,75	45	83,33	83,91	69,14	71,21
12	700	0,75	60	88,97	89,95	73,84	75,23
13	700	0,75	75	83,08	83,91	60,92	62,54
14	700	0,75	90	65,33	65,98	55,40	55,95

Нәтижелерді өңдегеннен кейін зерттелген факторлардың жеке функцияларына нүктелік тәуелділігі құрылды (1, 2-сур.).

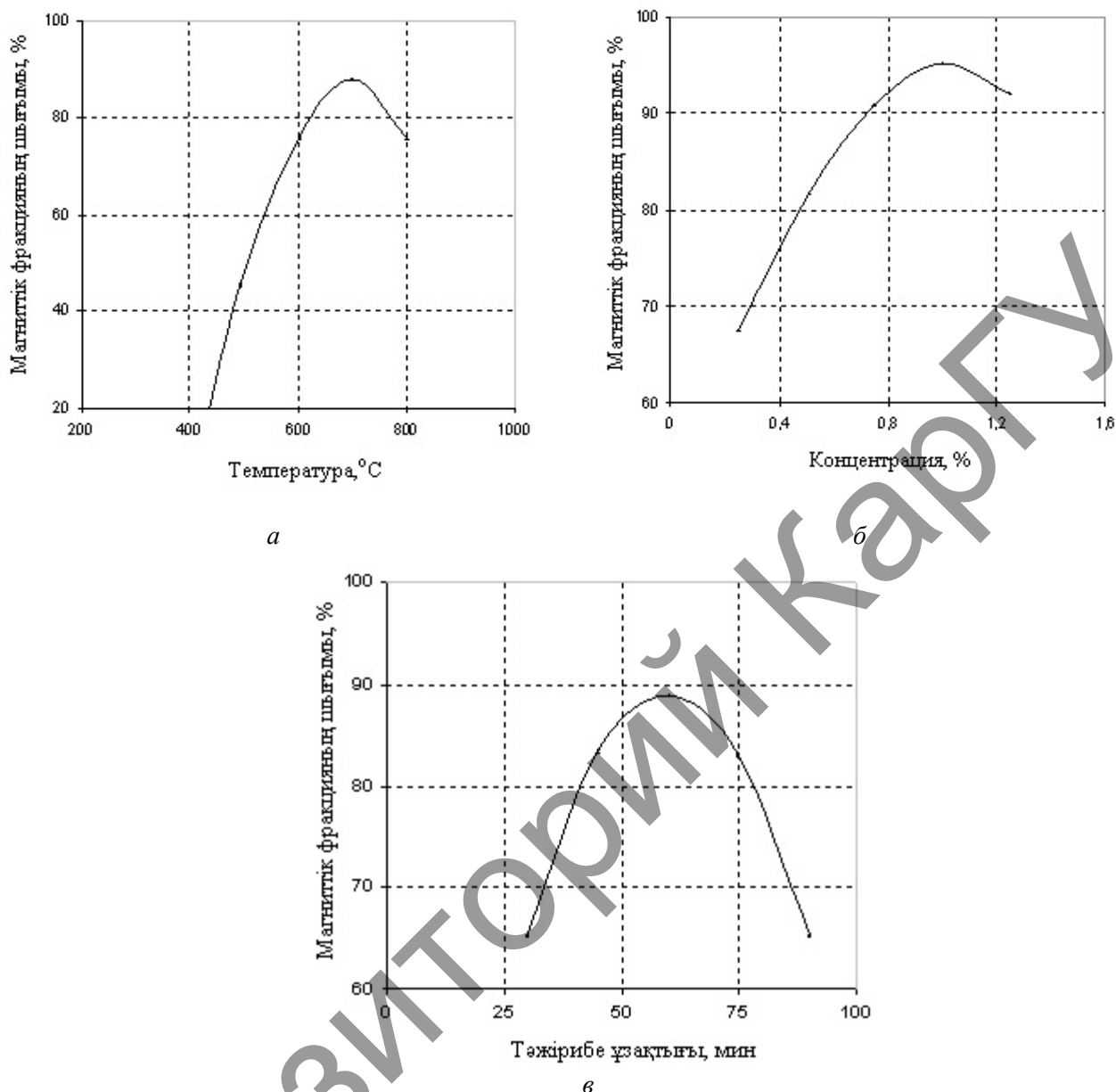
1-суретте байқалғандай, температураны 400-ден 700 °С-ге жоғарлатқанда магнитті фракцияның шығымы 88,33 %-ға дейін өседі. Температураны 800 °С-ге дейін жоғарлатқан жағдайда магнитті фракцияның шығымы 65,3 %-ға дейін күрт төмендейді. Магнитті фракцияның қарқынды шығымы 400–700 °С температура аралығында оолиттердегі адсорбцияланған сұйық көмірсутектердің деструкциясын катализдейтін темір тотығының (III) метатұрақты түрінің түзілуімен гидрогетиттің дегидратация процесінің жүруімен түсіндіріледі.

Өз кезегінде СКТ деструкция өнімдері (белсенді сутегі, бос радикалдар, гидроксидті топтар, сонымен қатар бос көміртектің булы конверсиясының өнімдері) температураны 700 °С-ге дейін жоғарлатқанда [4] келтірілген реакциялар бойынша темір тотығының (III) күшті магнитті магнетитке дейін тотықсыздандыру жылдамдығын арттырады.

Осыған сәйкес процесс тотықсыздандырғыш атмосферада жүреді. Температураның әрі қарай жоғарлауы магнитті фракция шығымының төмендеуіне әкеледі, ол реакция аймағында магнетиттің жарты бөлігінің оттегімен тотығып, магнитті емес темір тотығының (III) түзілуімен түсіндіріледі (1а-сур.).

Магнитті фракция шығымының концентрациялық тәуелділігі 1б-суретте берілген. Концентрацияның 0,25–1,0 % аймағында ( $\gamma$ ) мәні 62,0 %-дан 93,5 %-ға дейін өзгереді. СКТ концентрациясының 1,25 %-ға дейін жоғарлауы кезінде магнитті фракция шығымының 90,31 %-ға дейін төмендеуі байқалады.

Магнитті фракция шығымының ( $\gamma$ ) уақытқа тәуелділігі 1в-суретте келтірілген. Процесс ұзақтығы 30-дан 60 минутқа дейін жоғарлағанда ( $\gamma$ ) мәні 65,3 %-дан 88,8 % дейін өседі. Магнитті фракция шығымының жоғарлауы тотықсыздандырғыш атмосферада 700 °С және СКТ концентрациясы 0,75 % болғанда гетит  $\rightarrow$  гематит  $\rightarrow$  магнетиттің тізбекті өзгерісінің кинетикасымен анықталады. Күйдіру процесінің ұзақтығы 90 мин дейін жоғарлағанда ( $\gamma$ ) мәні 65,3 %-ға дейін төмендейді. Магнитті фракция шығымының мәнінің төмендеуі реакцияның тотығу-тотықсыздандыру режимінің тотығу процесіне қарай ығысуымен түсіндіріледі. Бұл күйік РФА, ДТА, магнитті әдістерімен және ЯГР-спектроскопия зерттеу әдістері арқылы алынған нәтижелермен дәлелденеді.



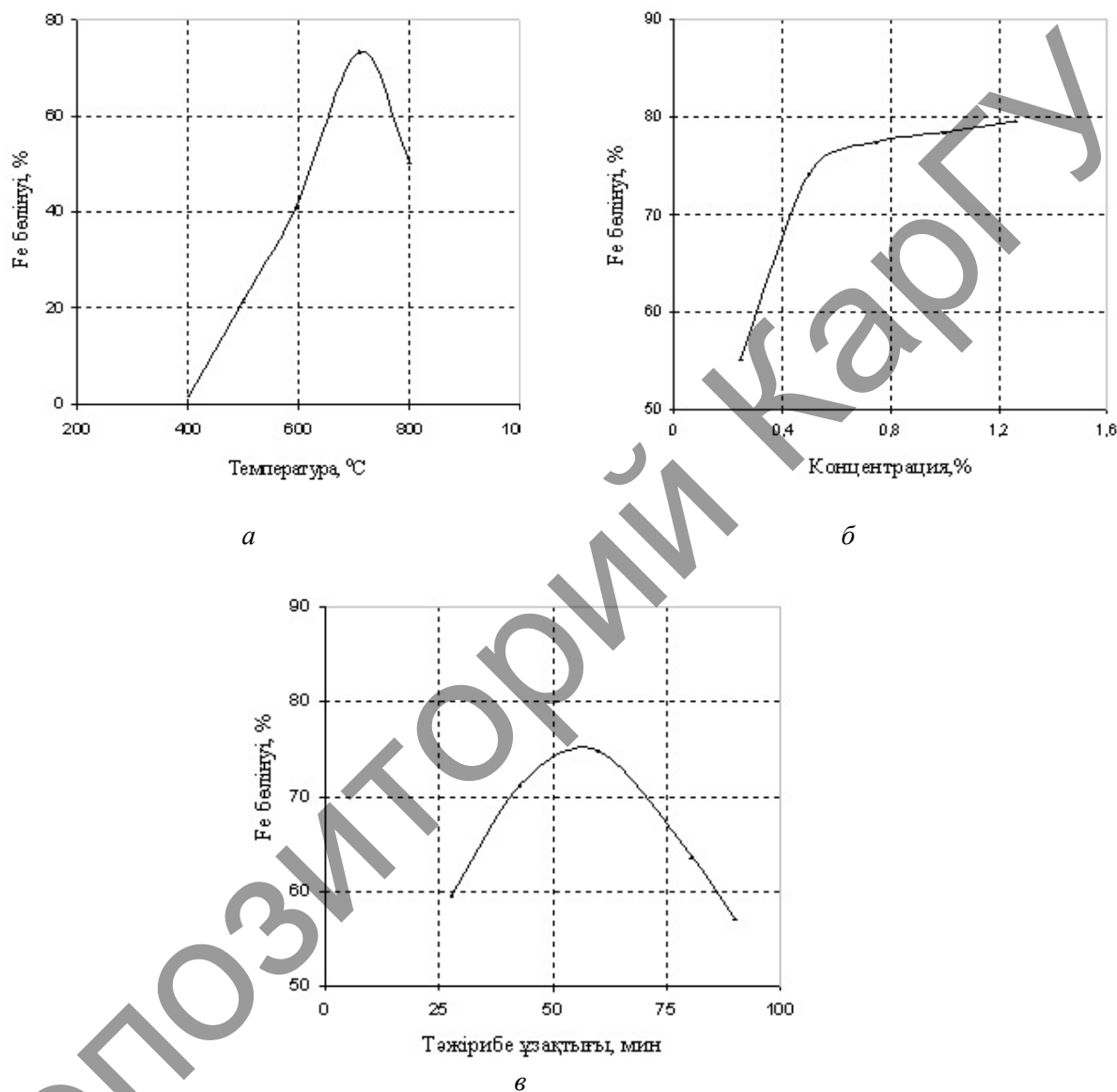
1-сурет. Магнитті фракция шығымның ( $\gamma$ ) температурадан (*а*), концентрация (*б*) және тәжірибе ұзақтығынан (*в*) жеке тәуелділіктері

Төменде 2-суретте магнитті фракцияға темірдің бөлінуінің  $\epsilon$  температурадан, ертіндідегі СКТ концентрациясынан және термиялық өңдеу ұзақтығынан жеке тәуелділігі келтірілген.

2-суретте келтірілген магнитті фракцияға темірдің бөлінуінің ( $\epsilon$ ) температуралық тәуелділігі 700 °С температурада максимум арқылы өтеді. Магнитті фракцияға темірдің бөліну мәні  $\epsilon$  1,76 %-дан 73,69 %-ға дейін өзгереді. Күйдіру температурасын экстремум нүктесін (700 °С-ға дейін) жоғарлатқанда темірдің бөлінуі едәуір төмендейді, ол күйіктегі магнетиттің жарты бөлігінің магнитті емес темір тотығына дейін (III) жоғары температуралық тотығумен түсіндіріліп, ДТА және РФА әдістерімен дәлелденеді.

Магнитті фракцияға темірдің бөліну дәрежесі сұйық көмірсутекті тотықсыздандырғыш концентрациясынан тәуелділігі көрсетілген (2б-сур.). СКТ концентрациясының жоғарлауы магнитті фракцияға темірдің бөлінуіне ықпал жасайды, себебі концентрацияның 0,25 %-дан 0,75 %-ға дейін жоғарлауы барысында  $\epsilon$  көрсеткіші 1,3 есе өседі. СКТ концентрациясының 1,25 %-ға жоғарлауы магнитті фракцияға темірдің бөлінуін тұрақтандырады. Тұрақтандыру факторы ретінде магнетитті тотықтыру процесіне қарағанда тотықсыздандырғыш процесі басым жүретіндігімен түсіндіріледі.

Магнитті фракцияға темірдің бөлінуінің уақыттан тәуелділігі (2в-сур.) 60 минутта экстремум арқылы өтеді. Күйдіру уақытын 30 минуттан 60 минутқа дейін өзгерту барысында магнитті фракцияға темірдің бөлінуі 55,78 %-дан 73,84 %-ға дейін жоғарлайды. Термиялық өндеу ұзақтығын әрі қарай жоғарлату кезінде байыту көрсеткіші 73,84 %-дан 55,40 %-ға дейін күрт төмендейді, ол жүйедегі тепе-теңдіктің тотығу реакциясы жағына қарай ығысу нәтижесінде магнитті фракция шығымының төмендеуімен түсіндіріледі (ДТА берілістерімен дәлелденген).



2-сурет. Магнитті фракцияға темірдің бөліну дәрежесінің (е) температураға (а), СКТ концентрациясына (б) және уақытқа (в) жеке тәуелділігі

Нүктелік тәуелділіктердің аппроксимациясы арқылы магнитті фракция шығымының және магнитті фракцияға темірдің бөлінуінің зерттелген факторларға тәуелділігінің жеке теңдеулері алынды. Сызықты емес корреляция коэффициенттерінің ( $R$ ) және мәнділіктерін ( $t_R$ ) есептелінген нәтижелері екі жағдайда да факторлар мәнді екендігін көрсетеді және процестің жалпыланған теңдеуін құру барысында осы үш тәуелділікті ескеру қажет:

$$\gamma_{\text{жалты}} = 0,00027 \{ [85,00 - 0,00092(T - 700)^2] [93,33 - 48,21(C - 1,0)^2] [89,00 - 0,00263(\tau - 60)^2] \}; \quad (1)$$

$$\varepsilon_{\text{жалты}} = 0,00031 \{ [72,69 - 0,00077(T - 700)^2] [54,0 + 29,76(C - 0,25)] [73,04 - 0,019\tau - 60)^2] \}. \quad (2)$$

Теңдеулер (1) және (2) үшін сызықты емес корреляция коэффициенттері есептелген:  $R = 0,76$  және  $R = 0,96$ , сонымен қатар олардың мәнділіктері  $t_R = 5,98$  және  $t_R = 39,72$  тең.

Жалпыланған теңдеулерді қолданумен ЛГМК тотықсыздандырғыш күйдірудің тиімді көрсеткіштері анықталды: температура 700 °С, ертіндідегі СКТ концентрациясы 1,0 % және термиялық өңдеу ұзақтылығы 60 мин.

Бұл жағдайда алынған өнім құрамында 54,1 % темір болады. Тотықсыздандырылған өнімнің қарқындылығы төмен өрісте (500 э) магниттік сепарациядан кейін темірдің мөлшері 57,7 %-ға дейін жоғарлайды.

«Өркен» ЖШС-нің қазіргі уақытта қолданылатын технология бойынша төмен концентрациялы күкірт қышқылының ертіндісімен алынған күйікті, сілтілеумен, құрамында темірдің мөлшері 64,0 %-ды құрайтын өнімді алуға мүмкіндік береді, ол металлургиялық өңдеуде қолдануға және Аятск және Арал маңындағы кен орындардағы қоңыртемірлі кендерді және концентраттарды термохимиялық өңдеу барысындағы технологиялық көрсеткіштерді жобалауға мүмкіндік береді.

#### Әдебиеттер тізімі

- 1 Карамзин В.В., Карамзин В.И. Пайдалы қазбаларды магниттік, электрлік және арнайы байыту әдістері. — Т. 1. — М.: Мәскеу мемлекеттік тау ун-ті, 2005. — 250 б.
- 2 Мирко В., Кабанов Ю., Найденов В. Қазақстандағы қоңыртемір кен орындарының қазіргі заманғы күйі // Қазақстанның өнеркәсібі. — 2002. — № 2. — 84–86-б.
- 3 Малышев В.П. Металлургиялық және химиялық тәжірибені математикалық жобалау. — Алматы: Ғылым, 1977. — 37-б.
- 4 Кочегина Е.В., Мұхтар А.А., Байкенов М.И. Сұйық көмірсутекпен Лисаковсктің гравитациялы-магниттік концентратын термокатализдік дегидраттау өнімдерін зерттеу // Минералды шикізатты кешенді қолдану. — 2009. — № 5. — 8–12-б.

А.Б.Каримова, Е.В.Кочегина, А.А.Мухтар, М.И.Байкенов,  
З.Б.Абсат, З.С.Халикова, Н.Ж.Рахимжанова

#### **Влияние различных факторов на обогащение Лисаковского бурожелезнякового концентрата**

Приведены результаты исследований по обогащению бурожелезнякового концентрата Лисаковского месторождения, проведенных с использованием планирования эксперимента по методу Зейделя-Гаусса. Установлен оптимальный режим восстановительного обжига ЛГМК в присутствии углеводородного восстановительного агента (высоковязкая нефть месторождения Каражанбас), обеспечивающий максимальный перевод немагнитного железосодержащего минерала ЛГМК гидрогетита в магнетит с последующим магнитным обогащением в поле низкой интенсивности.

A.B.Karimova, E.V.Kochegina, A.A.Mukhtar, M.I.Baikenov,  
Z.B.Absat, Z.S.Khalikova, N.Zh.Rakhimzhanova

#### **The influence of various factors on the processing of Lisakovsk iron ore concentrate**

The results of investigation on iron ore concentrate enrichment of the Lisakovsk deposit are presented in the article. The experiments have been carried out using the experimental method of Gauss-Seidel. It has been established the optimal recovery mode of Lisakovsk's gravitationally magnetic concentrate (LGMC) firing in the presence of the hydrocarbon reducing agent (Karazhanbas highly viscous oil) to ensure maximum transfer rate of nonmagnetic iron mineral gravitationally magnetic concentrate hydrogoethite into magnetite with subsequent magnetic separation in field of low-intensity.

#### References

- 1 Karamzin V.V., Karamzin V.I. *Magnetic, electrical and special methods of mineral processing*, Moscow: Moscow State Mining University, 2005, 1, 250 p.
- 2 Mirko V., Kabanov J., Naidenov V. *Industry of Kazakhstan*, 2002, 2, pp. 84–86.
- 3 Malyshev V.P. *Mathematical glide of metallurgic and chemical experiments*, Alma-Ata: Gylym, 1977, 37 p.
- 4 Kochegina E.V., Mukhtar A.A., Baikenov M.I. *Integrated use of mineral resources*, 2009, 5, pp. 8–12.