

шердарваза, вилайяти свиталарында дамығаны анықталып, оларды құратын вулканиттерге сипаттама берілді. Вулканизмнің екі орталығы Дарбанд кенорны маңында және Айнак кенорнының орталық және батыс бөліктерінің арасында екені белгілі болды. Петрографиялық және петрохимиялық зерттеу нәтижесінде метаморфталған магматиттердің протолиттері анықталды.

**Түйін сөздер:** магматизм, петрография, петрохимия, амфиболит, месторождения, түзілім, таужыныс, кешен, құрам.

Yousufi Atal, A.T.Bekbotaev, T.I.Nemenenok

**Proterozoic magmatism Kabul copper zone**

**Summary.** The magmatic development of Kabul copper zone is considered in this paper, and the effusive, intrusive and explosive of the mentioned area with their characteristics have been identified. The intrusive formation of the area based on their petrographic characteristics is riphean and late vendian complexes. The development of effusive magmatism in Sherdarbaza and Velayati formations with their petrographic characteristics has been defined. There are two centers of volcanism have been identified in the area of Darband deposit and between central and western parts of Aynak deposit. As a result of petrographic and petrochemical research, the protoliths of metamorphosed magmatites region have been identified.

**Key words:** Magmatism, Petrography, Petrochemistry, Amphibolite, deposit, sediments, Rock, complex, Composition.

УДК 622.7.017

**Б.Р. Кучербаев, Ш.А. Телков, И.Ю. Мотовилов, Л.И. Безгинова, Н.К. Жакатаева**  
(Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева,  
Алматы, Республика Казахстан)

**Разработка технологии обогащения рудного отсева крупностью – 13 + 0,0 мм, с использованием редкоземельного валкового магнитного сепаратора, руды месторождения «Западный Каражал»**

**Аннотация.** Представлены результаты исследований по обогащению железосодержащего рудного отсева крупностью – 13 + 0,0 мм с использованием редкоземельного валкового магнитного сепаратора модели L/P 10-30.

Получены концентраты с содержанием железа 52-53 %. Характерной особенностью явилось то, что содержание железа в материале первых магнитных фракций, представленных частицами с наибольшей магнитной восприимчивостью, ниже, чем содержание железа в последующих магнитных фракциях.

**Ключевые слова:** железо, ситовой анализ, гравитационное обогащение, отсадка, магнитная сепарация, концентрат.

**Введение**

В настоящее время в Республике Казахстан разрабатываются собственно железорудные месторождения трех геолого-промышленных типов: магнетитовый, магнетит-гематитовый и бурожелезняковый. При этом основной сырьевой базой горнодобывающих предприятий являются месторождения магнетитовых руд. Менее интенсивно эксплуатируются месторождения магнетит-гематитовых руд.

Руды, в которых основным промышленным минералом является магнетит, преимущественно обогащаются по технологиям включающих процессы сухой и мокрой магнитной сепарации, а руды, в которых основными промышленными минералами является гематит и мартит, перерабатываются с использованием гравитационных процессов обогащения (промывка, отсадка, обогащение в тяжелых суспензиях и т. д.).

Одним из основных месторождений гематит-магнетитовых руд в Казахстане является месторождение Каражал, с общими запасами в сотни миллионов тонн. Кроме этого практически все месторождения магнетитовых руд в своем составе имеют гематит-магнетитовые или мартит-гематитовые руды.

Основными минералами, определяющими промышленную ценность, являются окислы железа: гематит и магнетит. Количественные соотношения главных минералов в железных рудах составляют:

гематит – 56-65 %, магнетит – 5-15 %, сидерит – 3,3 %, хлорит и стильпномелан – 1,7 %, кварц – 15 %, кальцит – 4 %.

Гематит является главным рудным и самым широко распространенным минералом и представлен зернами размером от 0,001 до 300 мкм. Магнетит в количественном отношении и по распространению значительно уступает гематиту и представлен зернами размером от 0,001 до 3 мкм.

Технология переработки железосодержащих руд месторождения Западный Каражал включает в себя следующие операции [1]:

- дробление исходной руды до крупности 80 мкм;
- рассев дробленной руды на классы крупности – 80 + 13 мкм и 13 + 0,0 мкм;
- обогащение класса крупности – 80 + 13 мкм процессом крупнокусковой отсадки;
- складирование класса крупности – 13 + 0,0 мкм и подшихтовка его в незначительном количестве к концентрату отсадки класса крупности – 80 + 13 мкм.

Ранее выполненные исследования показали, что использование процесса отсадки для обогащения отсева крупностью – 13 + 0,0 мкм, позволяет получить следующие технологические показатели: выход концентрата составил 67,30 % с содержанием железа 56,63 % при извлечении 83,07 % [2].

Использование процесса отсадки для переработки отсева крупностью – 13 + 0,0 мкм влечет за собой необходимость установки ряда вспомогательных аппаратов, таких как: классификаторы, грохота, насосы, обезвоживающие бункера, что в свою очередь значительно удорожает себестоимость конечного продукта.

Альтернативой процесса отсадки может служить процесс сухой магнитной сепарации, который прост в организации и для его осуществления не требуется установки большого количества вспомогательного оборудования. Так как, рудный отсев крупностью – 13 + 0,0 мкм представлен слабомагнитными минералами железа такими как гематит, мартит и в незначительном количестве магнетит для осуществления процесса сухой магнитной сепарации был использован редкоземельный валковый магнитный сепаратор модели L/P 10-30 с сильным магнитным полем.

Целью работы является получение концентрата из отсева крупностью – 13 + 0,0 мкм, с содержанием железа не менее 56 % при максимально возможном выходе и извлечении.

#### Методика исследования

Для определения гранулометрического состава руды использовался ситовый анализ, который выполнялся на наборе стандартных сит КСМ (ГОСТ 9758- 86) с размерами отверстий 10; 5; 2,5; 1,25; и 0,63 мм [3,4]

Для определения принципиальной возможности использования редкоземельного валкового магнитного сепаратора была выполнена серия постановочных опытов по магнитному фракционированию следующих классов крупности исходной пробы, полученных при сухом расसेве материала: 13-5 мм; 5-2,5 мм; 2,5-1,25 мм; 1,25-0,63 мм; 0,63-0,0 мм.

Опыты по магнитной сепарации проводились при одинаковых рабочих параметрах (конфигурация магнитов, толщина ленты, положение отсекавателя) за исключением частоты (скорости) вращения магнитного вала. Материал каждого исходного класса крупности последовательно подвергался нескольким стадиям магнитной сепарации, причем на каждой последующей стадии перемешивание подвергался немагнитный продукт предыдущей стадии. При этом для первой стадии сепарации скорость вращения магнитного вала устанавливалась исходя из выхода магнитного продукта на уровне 55-70% от питания, а на последующих стадиях магнитной сепарации скорость вращения вала поэтапно снижалась. При такой методике выполнения опытов на каждой последующей стадии сепарации в магнитный продукт извлекались частицы, обладающие меньшей магнитной восприимчивостью по сравнению с частицами, извлеченными на предыдущей стадии, что по своей сути адекватно с методикой магнитного фракционирования на сепараторе с электромагнитной системой при поэтапном увеличении силы тока в катушках магнитной системы.

#### Основные результаты и их обсуждение

Содержание железа и сопутствующих элементов рудного отсева крупностью - 13 + 0,0 мкм приведены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание железа и сопутствующих элементов

Содержание, %				
Fe	Mn	SiO <sub>2</sub>	P	S <sub>общ</sub>
45,70	0,80	18,06	0,028	0,48

Результаты ситового анализа приведены в таблице 2.

Таблица 2. Ситовой анализ рудного отсева

Классы крупности, мм	Выход, % от класса 13 – 0,0 мм		Содержание Fe, %		Извлечение Fe, %	
	Частный	Суммарный по (+)	Частное	Суммарное по (+)	Частное	Суммарное по (+)
- 13 + 5	48,14	48,14	46,01	46,01	48,47	48,47
- 5 + 2,5	23,20	71,34	46,48	46,18	23,60	72,07
- 2,5 + 1,5	12,64	83,98	46,09	46,15	12,75	84,82
- 1,5 + 0,63	8,15	92,13	45,32	46,08	8,08	92,90
- 0,63 + 0,0	7,87	100,0	41,27	45,70	7,10	100,0
Итого	100,0	-	45,70	-	100,0	-

Согласно расчету средневзвешенное содержание железа в пробе составило 45,70 %. Содержание основных сопутствующих элементов составило: Mn – 0,80 %, SiO<sub>2</sub> – 18,06 %, P – 0,028 %, S<sub>общ</sub> – 0,48 %.

Результаты, приведенные в таблице 2, показывают, что содержания железа в классах крупности от 13 мм до 0,63 мм находится на одном уровне и колеблется от 45,32 % до 46,48 %. Содержание железа в классе крупностью менее 0,63 мм составляет 41,27 %.

Наибольшие выходы имеют классы крупности 13 – 5 мм – 48,14 %, 5 – 2,5 мм – 23,20 %, 2,5 – 1,5 мм – 12,64 %.

Первая серия опытов по магнитному обогащению проводилась при следующих постоянных рабочих параметрах:

- конфигурация магнитов - 6 : 2 мм;
- толщина ленты – 1 мм;
- положение отсекающего магнитного продукта – 3.

Принципиальная схема опытов по магнитной сепарации для всех исследуемых классов крупности представлена на рисунке 1. Частота вращения магнитного вала составляла: на I и II стадиях сепарации - 160 об/мин, на III стадии сепарации - 100 об/мин. Результаты опытов представлены в таблице 3.

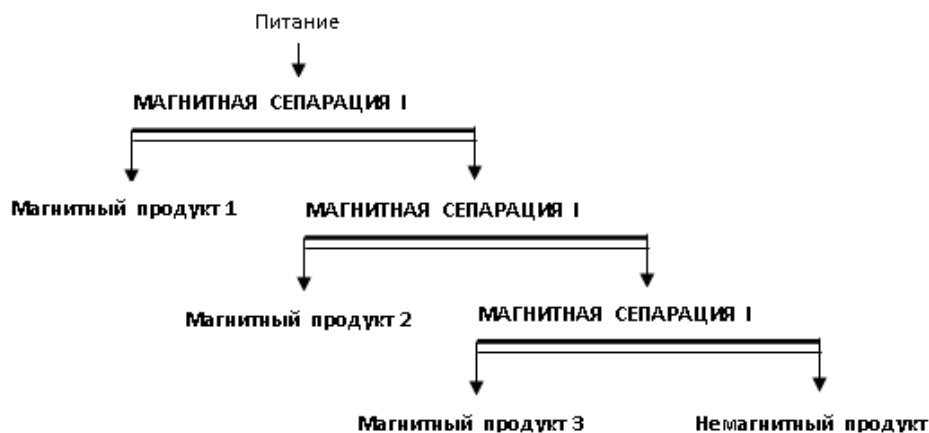


Рис. 1. Принципиальная схема опытов по магнитной сепарации

Таблица 3. Результаты магнитной сепарации первой серии опытов

Наименование продукта	Выход,% от класса	Содержание Fe, %	Извлечение Fe, %
Класс 13 – 5 мм			
Магнитный продукт 1	67,97	49,55	72,31
Магнитный продукт 2	5,20	53,71	6,00
Магнитный продукт 3	12,53	48,58	13,07
Немагнитный продукт	14,30	28,06	8,62
Итого баланс	100,00	46,57	100,00
Класс 5 – 2,5 мм			
Магнитный продукт 1	55,89	45,00	54,62
Магнитный продукт 2	8,56	50,75	9,43
Магнитный продукт 3	13,96	52,48	15,91
Магнитный продукт 4	13,08	51,13	14,52
Немагнитный продукт	8,51	29,86	5,52
Итого баланс	100,00	46,05	100,00
Класс 2,5 – 1,25 мм			
Магнитный продукт 1	70,95	45,55	71,37
Магнитный продукт 2	14,90	49,22	16,19
Магнитный продукт 3	7,80	53,58	9,23
Немагнитный продукт	6,34	22,95	3,21
Итого баланс	100,00	45,29	100,00
Класс 1,25 – 0,63 мм			
Магнитный продукт	85,44	47,21	86,92
Немагнитный продукт	14,56	41,70	13,08
Итого баланс	100,00	46,41	100,00
Класс 0,63 – 0,0 мм			
Магнитный продукт	88,07	44,51	88,21
Немагнитный продукт	11,93	43,93	11,79
Итого баланс	100,00	44,44	100,00

Как видно, ни в одном из опытов не удалось достичь необходимого уровня содержания железа равного 56,0%. При этом характерной особенностью явилось то, что содержание железа в материале первых магнитных фракций, представленных частицами с наибольшей магнитной восприимчивостью, оказывалось ниже, чем содержание железа в последующих магнитных фракциях.

Сухая высокоинтенсивная магнитная сепарация классов крупности мельче 1,25 мм ощутимого эффекта не дает и величины извлечения железа по продуктам сепарации практически совпадают с величинами выходов данных продуктов.

Поскольку при постановке первой серии опытов не удалось достичь поставленной задачи - достижения требуемого содержания железа в магнитных фракциях, то для классов крупнее 1,25 мм было решено поставить дополнительные опыты при пониженной интенсивности магнитного поля. Снижение магнитной индукции в рабочей зоне сепаратора осуществлялось за счет увеличения толщины ленты сепаратора с 1 мм до 4 мм (наматывание на магнитный валок дополнительного изолирующего слоя толщиной 3 мм).

Вторая серия опытов проводилась при следующих постоянных рабочих параметрах:

- конфигурация магнитов - 6 : 2 мм;
- толщина ленты - 4 мм;

Результаты опытов представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты магнитной сепарации второй серии опытов

Наименование продукта	Выход, % от класса	Содержание Fe, %	Извлечение Fe, %
Класс 13 – 5 мм			
Магнитный продукт 1	36,44	50,69	40,27
Магнитный продукт 2	4,42	43,13	4,16
Магнитный продукт 3	9,96	41,54	9,02
Немагнитный продукт	49,18	43,42	46,55
Итого баланс	100,00	45,86	100,00
Класс 5 – 2,5 мм			
Магнитный продукт 1	37,06	43,97	37,35
Магнитный продукт 2	10,12	35,53	8,24
Магнитный продукт 3	7,29	39,81	6,65
Немагнитный продукт	45,53	45,76	47,76
Итого баланс	100,00	43,63	100,00
Класс 2,5 – 1,25 мм			
Магнитный продукт 1	35,82	40,06	32,87
Магнитный продукт 2	15,10	41,14	14,23
Магнитный продукт 3	14,28	44,33	14,50
Немагнитный продукт	34,80	48,18	38,40
Итого баланс	100,00	43,66	100,00

Как видно, снижение интенсивности магнитного поля в рабочей зоне сепаратора также не позволило достичь необходимого уровня содержания железа в магнитных продуктах.

На основании результатов опытов по магнитному фракционированию классов крупности исходного продукта можно сделать однозначный вывод о том, что особенности вещественного состава исходного материала не позволяют обеспечить требуемое качество железорудных концентратов (содержание железа не менее 56,0%) при его сухой сепарации с применением редкоземельных магнитных сепараторов.

При проведении опытов, содержание железа в материале первых магнитных фракций, представленных частицами с наибольшей магнитной восприимчивостью, ниже, чем содержание железа в последующих магнитных фракциях. Этот факт позволяет предположить, что в исходном материале в значительном количестве присутствуют включения тонковкрапленного сильномагнитного минерала (магнетита) в частицах пустой породы, которые снижают разницу в магнитной восприимчивости между слабомагнитными минералами железа и немагнитными минералами пустой породы.

Таким образом, с учетом ранее выполненных исследований погравитационной обогатимости исходного продукта, при разработке его оптимальной схемы обогащения предпочтение следует отдать методам гравитационного обогащения (отсадка, концентрация на спиралях).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Телков Ш.А., Безгинова Л.И., Мотовилов И.Ю. Разработка технологии обогащения смешанных мартит-магнетитовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения - Алматы: Вестник КазНТУ, №2, 2011
- [2] Райвич И.Д. Отсадка крупнокусковых руд. – М.: Недра, 1988.
- [3] Митрофанов С.И. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. – М.: Госгортехиздат, 1962.
- [4] Леонов С.Б., Белькова О.Н. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. – М.: Интернет инжиниринг, 2001.

#### REFERENCES

- [1] TelkovSh.A., Bezginova L.I., MotovilovI.Yu. Development of technology for enrichment of mixed martite-magnetite ore with gravity concentration processes – Almaty: VestnicKazNTU, №2, 2011
- [2] Raivich I.D. Jigging lumpy ores. – M.: Nedra, 1988.
- [3] Mitrofanov S.I. Research of minerals in washability. – M.: Gosgortechizdat, 1962.
- [4] Leonov S.B., Belkova O.N. Research of minerals in washability. – M.:Internet engineering, 2001.

Кучербаев Б.Р., Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю., Безгинова Л.И., Жакатаева Н.К.

**«Батыс Қазақстан» кен орнына магниттік сепарация процесін қолдану арқылы, ірілігі -13+0,0 мм болатын кендік қалдықтарды байыту технологиялық көрсеткішін дайындау.**

**Түйіндеме.** Бұл жұмыста ірілігі -13+0,0 мм болатын, құрамында темір бар кен қалдықтарды сирек валколы магниттік сепаратор моделі L/P 10-30 бойынша зерттеулердің қорытындылары келтірілген.

Зерттелген жұмыстың нәтижесі бойынша, байытудағы магниттік сепараторды қолдану барысында кен құрамында 52-53% темір концентраты алынды. Өзіндік ерекшелігі мұнда, кейінгі магниттік фракцияларға қарағанда, бірінші магниттік фракциядағы кен құрамында бөлшек ретінде көрсетілген темірдің магниттік қасиеті төмен.

**Негізгі сөздер:** темір, елеуіштік талдау, гравитациялық талдау, шөгу, магниттік сепарация, концентрат.

Kucherbaev B.R., Telkov Sh. A., Motovilov I. Yu., Bezginova L.I., Zhakataeva N.K.

**Development of technology enrichment of ore screenings with size - 13+ 0.0 mm, using a process of magnetic separation, ore deposit "West Karazhal"**

**Summary.** The work presents the research results on the development of gravitational technology of iron-ore screenings processing with grain size grade -13 + 0.0 mm using rare earth roller magnetic separator model L/P 10-30.

As a result of the research on the rare earth roller magnetic separator for the enrichment of the ore particle size of dropouts - 13+ 0.0 mm were obtained concentrates with an iron content of 52-53%. A characteristic feature was that the iron content of the magnetic material of the first fractions provided the particles with the greatest magnetic susceptibility lower than the iron content in the subsequent magnetic fractions.

**Key words:** iron, grain-size analysis, gravity concentration, jigging, magnetic separation, concentrate.

УДК 553.3(574)

**Ө.А. Кішкінбаев, С.К. Асубаева**

(Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан)

### **ОСОБЕННОСТИ РУДООБРАЗОВАНИЯ ШУ-САРЫСУЙКОЙ ДЕПРЕССИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИНКАЙ УЧАСТКА №4**

**Аннотация.** Рассмотрены особенности рудообразования Шу-Сарысуйской депрессии месторождения Инкай (южный фланг) участок 4, и даны тектоно-структурные характеристики. Рудные залежи месторождения протягиваются к границе выклинивания зоны пластового окисления (ЗПО), а их контуры в плане и разрезе определены по данным гамма-каротажа. Рудовмещающие породы представлены средне и разномзернистыми песками с примесью гравия и гальки. Минерализация представлена, в основном, настураном и коффинитом.

**Ключевые слова:** рудное поле, уран, металлогеническая зона, антиклинорий, структура, фундамент, разлом, платформа, оруденение.

Месторождение Инкай расположено в юго-западной части Шу-Сарысуйской урановорудной провинции и является крупнейшим урановым объектом гидрогенного типа. По результатам ранее исследованных работ район был оценен как потенциально перспективный на выявление промышленных рудных залежей (1978 -1979 гг. Плеханов В.Н., Петров Н.Н., Хасанов Э.Г., Павлов Л.Г. и др.). Проведенные в 1984 г. поисково-разведочные работы позволили оценить масштабы месторождения, геологические и геотехнологические условия локализации оруденения, что дало возможность провести предварительное районирование месторождения и наметить очередность его разведки. В дальнейшем на участке 4 месторождения проводилась предварительная разведка (1991-1995 гг.) с выявлением запасов урана по категории С<sub>2</sub>. в 2006 -2008 гг. на участке 4 проводилась детальная разведка части залежи 4 в границах от профиля 120, до профиля 80 с выявлением запасов урана по категории С<sub>1</sub>.

Месторождение Инкай расположено на западе Мынкудукского урановорудного района Кенце-Буденновской металлогенической зоны, где оно контролируется передовой частью гигантской дуги, которую образуют региональные рудоконтролирующие фронты пластового окисления в проницаемых отложениях верхнего мела. Рудоносные зоны месторождения прослеживаются с северо-востока на юг на расстояние около 55 км при их общей ширине от 7 до 17 км.

В региональном тектоническом плане рудное поле месторождения Инкай расположено в северной части Сузакской впадины на стыке с Сарысуйской моноклизой, полого наклоненной на юго-