

ОГНЕУПОРЫ И ТЕХНИЧЕСКАЯ КЕРАМИКА

REFRACTORIES & TECHNICAL CERAMICS

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ



Офис: 115093, Москва,
ул. Люсиновская, д. 36, стр. 1, 8 этаж
Тел./факс: +7(495) 789 65 32
info@keralit.com
commerce@keralit.com
technic@keralit.com
www.keralit.com

Завод: 143300, Московская обл.,
Наро-Фоминский р-н, пос. Новая Ольховка,
ул. Промышленная, д. 2
Тел./факс: +7(49634) 304 03

Представительства:

Уральский регион
Тел./факс: +7(351) 790 04 14, ural@keralit.com

Украина
Тел./факс: +38(062) 385 83 14, ukraine@keralit.com



кералит

УДК 666.76

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА

© Д-р техн. наук Т.Н. Александрова, д-р техн. наук А.В. Александров,
канд. техн. наук Н.М. Литвинова

Институт горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

В статье приведены результаты минералого-технологических исследований апатит-биотит содержащих сырьевых материалов для получения биотитового концентрата, являющегося сырьем для производства огнеупорных материалов. Исследованы магнитные и флотационные процессы обогащения, определены оптимальные параметры технологического режима с позиций максимального извлечения биотитов. Обоснована и реализована технология получения биотитового концентрата из апатитсодержащего сырья.

Ключевые слова: апатит-биотит содержащая руда, магнитное обогащение, флотационный концентрат, слюда, огнеупорные материалы.

Results of mineralogical — technological research of apatite — biotite — containing raw material aimed to produce biotite concentrate are given in the article. Magnetic and flotation concentrating processes were researched, optimal parameters of the operating practices were defined in terms of biotite maximal concentration. The technology of biotite concentrate production out of apatite — containing raw material was substantiated.

Keywords: apatite—biotite—containing ore, magnetic concentration, flotation concentrate, mica, refractory material.

Одним из наиболее эффективных огнеупорных материалов, не имеющих срока старения, является вермикулит — разновидность слюды. Вермикулитовые слюды имеют ограниченное распространение, в то время как встречается немало месторождений других типов слюд (мусковита, флогопита, биотита), на основе которых можно получать огнеупорные материалы, не уступающие по своим технологическим характеристикам вермикулиту [1]. Мусковит и биотит — самые распространенные виды слюд. Они встречаются как породообразующие минералы в гранитах и других изверженных породах; при этом мусковит входит в состав только кислых пород (гранитоиды и риолиты), а биотит — во все типы изверженных пород. В коммерческом отношении термин «слюда» обозначают мусковит и мало-железистый флогопит. К листовой слюде относят светлые прозрачные разновидности, которые расщепляются на «книжки» разной толщины, пригодные для штамповки изделий нужных форм. Мелкочешуйчатая слюда под торговым названием «скрап»

идет на изготовление теплоизоляционных материалов в теплоэнергетике и стройиндустрии, служит сорбентом в сельском хозяйстве. Главные поставщики листовой слюды — Индия и Бразилия. В России месторождения листового мусковита расположены в Иркутской области и Карелии, а флогопита — в Забайкалье, Якутии, на Таймыре и Кольском полуострове.

В Амурской области известно более сотни объектов апатитовой минерализации. Большая их часть расположена в Олекмо-Становой минерагенической провинции. Апатит представлен самостоятельными месторождениями (Укдуска) и проявлениями (Евгеньевское, Килеус, Тутаул и др.), а также входит в состав комплексных апатит-магнетит-титаномагнетитовых руд (месторождение Бол, Сэйим, проявление Кюрэчи и др.). Апатитовая минерализация территории относится к трем типам: 1) апатитовая в метагабброидах; 2) апатит-титаномагнетит-ильменитовая в габброидах в составе габбро-анортозитовых комплексов; 3) апатитовая в метадоломитах. Многие апатит-



Александрова Т.Н.
зав. лаб.



Александров А.В.
профессор



Литвинова Н.М.
ст. науч. сотр.

Таблица 1. Результаты петрографических исследований класса (–2 +1) мм

Породы и минералы	Количество, %	Текстура, цвет и прочие признаки
Метапироксениты и габбро	42,6	Неравномернозернистые, сланцевато-массивные; темнозеленого и серовато-зеленого; разнообразие в составе: амфиболы, эпидот, асбест, магнетит, апатит, сфен
Мигматиты	34,2	Неравномернозернистые; светло-серого; среди темноцветных преобладает биотит
Пегматоидные граниты и гнейсограниты	17,8	Крупно и неравномернозернистые, массивные, гнейсовидные; розовато-серый, светло-серый; в пегматоидных гранитах редкая сульфидная вкрапленность и прожилки гематита до 0,1 мм мощностью
Кварц жильный	3,0	Массивные, крупнозернистые; молочно-белый; иногда сульфидная вкрапленность
Биотит	2,4	Крупночешуйчатый; густо-зеленый

содержащие руды характеризуются высоким содержанием биотита [2].

Основная целевая задача работы — оценка минералого-технологических характеристик апатитсодержащего сырья одного из месторождения Амурской области и обоснование технологии получения биотитового концентрата как сырья для огнеупорной промышленности.

Исследования проведены в ИГД ДВО РАН на пробе руды, представляющей собой первичные руды Евгеньевского месторождения, расположенного в Тындинском районе Амурской области Хабаровского края [3].

С целью изучения вещественных характеристик исходного материала и продуктов обогащения произведены макро-скопические, минералогические (микроскоп МБС-2 и Leica 4Z, стереомикроскоп Stereo Discovery V8) и петрографические (поляризационные микроскопы «ПОЛАМ-Л-213» и «Р-312») работы, выполнен спектральный и химический анализы, в т. ч. с использованием рентгенофлуоресцентного анализатора Mobilab X-50. Технологические исследования проводились с использованием магнитного и флотационного методов обогащения на стандартном лабораторном оборудовании (лабораторный магнитный сепаратор 138-Т для сухого разделения слабомагнитных руд (СМС), лабораторные флотационные машины 237 ФЛ) по утвержденным методикам изучения вещественного состава и технологических свойств нерудного сырья.

Исследуемая руда относится к апатит-силикатному типу. Рудоносными породами являются метапироксениты, мигматизированные в различной степени, реже метагаббро. Текстура пород массивная, сланцева-

Таблица 2. Минеральный состав пробы (суммарный по классам крупности)

Минералы, породы	Содержание, %
Апатит	6,95
Апатит в сростках	0,49
Пирит	0,02
Сфен	0,19
Пироксены	11,79
Амфиболы	2,39
Биотит	16,21
Эпидот	0,86
Лимонит	0,22
Магнетит	0,03
Магнетит, вкрапленный	0,14
Кварц	1,95
Полевые шпаты	26,18
Порода ¹	32,58
Карбонаты	Ед. зн

¹ Метасоматит, слюдисто-полевошпат-кварцевый состава.

тая. Метапироксениты — неравномернозернистые породы, в составе которых преобладает моноклинный пироксен диопсид — геденбергитового ряда (30—70 %), а также наблюдаются биотит (10—20 %), апатит (5—40 %), редко оливин (10 %), эпидот (1—3 %), магнетит (1 %), сфен (ед. зн.), циркон (ед. зн.). Вторичными минералами являются: биотит, серпентин, актинолит, тремолит, тремолит-асбест, асбест, хлорит, гематит, лимонит. Структура метапироксенитов — нематобластовая. Метагаббро состоят из плагиоклаза (50 %), моноклинного пироксена (30 %), биотита (10 %), сфена (5 %), апатита (4 %), магнетита и гематита (1 %).

Результаты минералого-петрографических исследований представлены в табл. 1, 2.

Анализ данных минералогического анализа пробы, произведенного по классам крупности, показал достаточно высокое суммарное содержание биотита в исходном сырье (16,21 %), которое экономически целесообразно извлекать из данного вида сырья. Результаты силикатного анализа исходной пробы представлены на рис. 1.

Анализ результатов силикатного состава показывает, что данная руда обладает довольно низким алюмо-кремнистым модулем

$$\left(\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2} = 0,2 \right), \text{ что предопределяет}$$

использование депрессоров силикатов на стадии подготовки к обогащению для получения товарных концентратов. Спектральный полуколичественный анализ пробы и мономинеральной фракции биотита представлены в табл. 3.

По результатам спектрального анализа можно сделать вывод, что в монофракциях биотита содержится около от 6 до 8 % железа, микропримеси хрома, никеля и др. элементов, что придает биотиту буровато-коричневую и зеленоватую окраски. На основании результатов спектрального анализа монофракций биотита можно обнаружить в основном присутствие 29 элементов. Из этих химических элементов порообразующими являются кремний, алюминий, железо и кальций. Содержание остальных элементов не превышает кларкового содержания в глинистых породах, за исключением Ni, Co, V, Zr, Cu, Zn.

Изучение технологических свойств исходной руды проводили в несколько этапов. На первом этапе исследовались измельчаемость руды и фракционный состав классов крупности. Гранулометрический состав измельченного материала показан на рис. 2.

Анализ данных, приведенных на рис. 2, показывает, что наиболее высокое содержание биотита (35 %) в классе крупности — 0,2 + 0,1 мм. В классе — 0,1 + 0,063 содержание биотита несколько снижается до 25 %, а дальнейшее переизмельчение ведет к резкому снижению содержания целевого компонента. Следовательно, для сохранения свойств биотитовой слюды необходимо избегать переизмельчения.

На втором этапе исследовались магнитные свойства руды и отработка оптимальных реагентных режимов флотационного обогащения. Определение эффективных

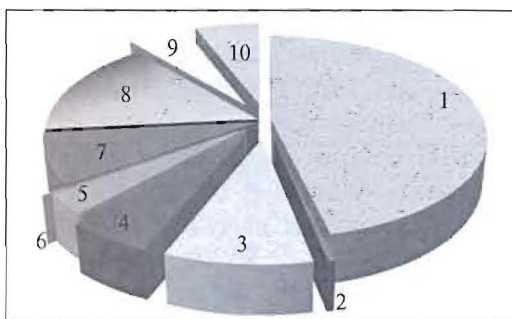


Рис. 1. Силикатный анализ пробы: 1 — SiO_2 ; 2 — TiO_2 ; 3 — Al_2O_3 ; 4 — Fe_2O_3 ; 5 — FeO ; 6 — MnO ; 7 — MgO ; 8 — CaO ; 9 — P_2O_5 ; 10 — прочие



Рис. 2. Изменение состава фракций в зависимости от крупности материала (магнитная фракция)

Таблица 3. Результаты спектрального анализа исходной руды и монофракции биотита

№	Элемент	Массовая доля, % (кларк в глинистых породах, г/т [4])	
		Исходная проба	Монофракция биотита
1	Ca	8,0	6—10
2	Si	>10a	10—20
3	Al	3,0	<3,0
4	Mg	2,0	1—3
5	Fe	6,0	6—8
6	Mn	0,1	0,1
7	Ni	0,006	0,006 (45,5)
8	Co	0,0008	0,003 (10,2)
9	Ti	0,4	0,6
10	V	0,006	0,019 (73,4)
11	Cr	0,003	0,006
12	Zr	0,006	0,01 (112,6)
13	Cu	0,002	0,008 (32)
14	Pb	0,002	0,0006
15	Ag	0,00001	0,00001
16	Zn	0,006	0,006 (45,4)
17	Sn	<0,0001	<0,0001
18	Ga	0,0008	0,001
19	Na	1,0	1,0
20	Ba	0,3	0,1
21	Be	0,0001	0,0001
22	Y	0,001	0,002
23	Sc	0,001	0,0006
24	La	0,008	0,01
25	Sr	0,2	0,4
26	Ce	0,03	0,02
27	B	—	<0,001
28	K	1,0	2—5
29	P	1,0	1,0

режимов магнитной сепарации осуществлялось на материале пробы класса крупности — 2 + 0 мм. По результатам проведенных исследований определен оптимальный режим обработки с позиций извлечения биотита в магнитную фракцию сепарации при значениях магнитной индукции 0,11—0,13 Тл. Полученную немагнитную фракцию можно рассматривать как основу для получения апатитового концентрата методом флотации. Выход магнитной фракции, состоящей в основ-

ном из биотитов и пироксенов, составил 57—59 %.

Обработка реагентного режима флотации биотита проводилась для исходной руды, магнитной фракции СМС и хвостов флотации апатита. Установлены расходы и соотношения депрессоров силикатов: жидкого стекла Na_2SiO_3 (100 г/т) и кремнефтористого натрия Na_2SiF_6 (50 г/т), введенных в цикл доизмельчения магнитной фракции. Поисковые исследования позволили рекомендовать в качестве соби-

Рис. 3.
Схема получения биотитового концентрата

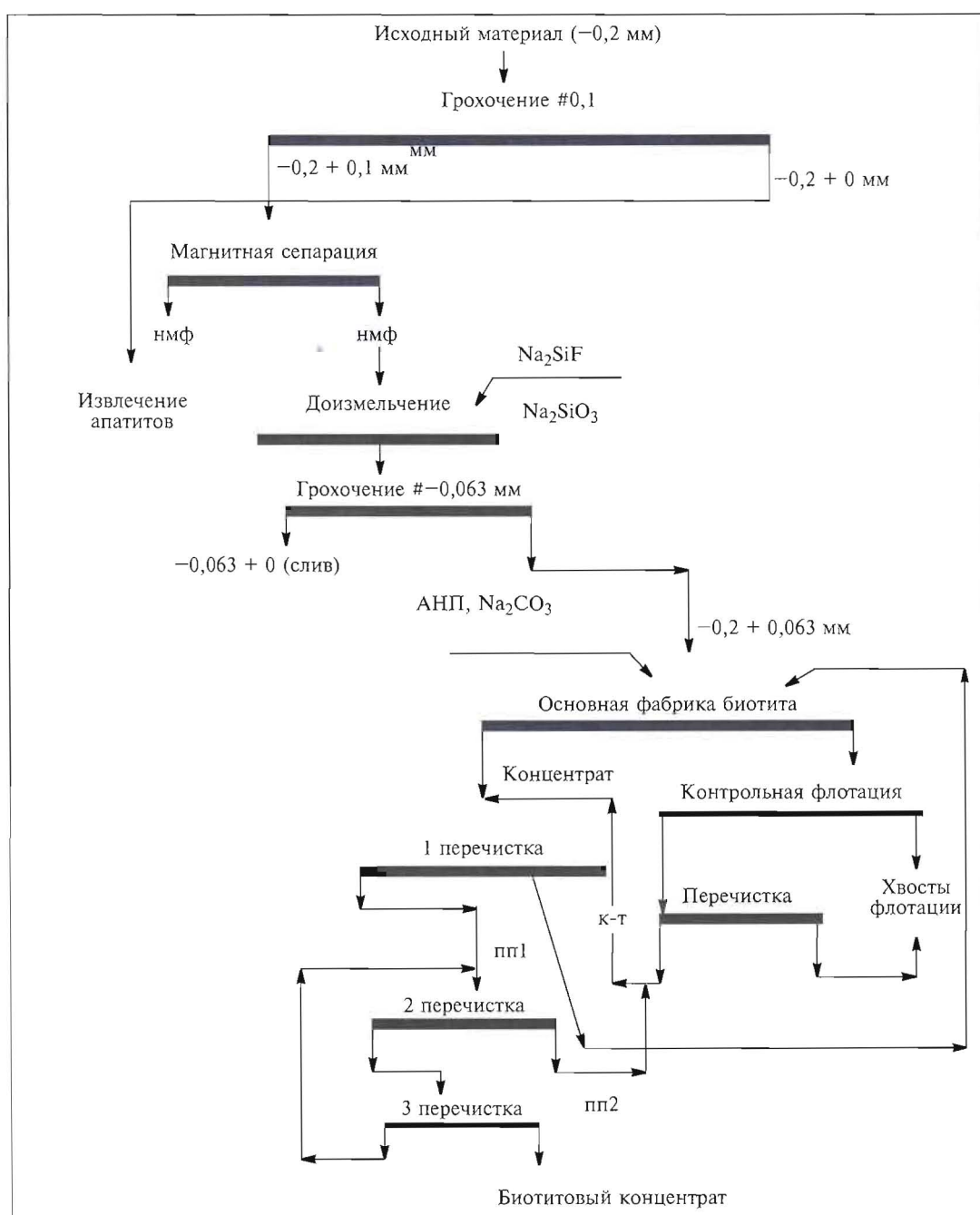


Таблица 4. Технологические показатели флотационной стадии обогащения

№	Наименование продукта	Выход		Содержание биотита, %	Извлечение биотита, %
		кг	%		
1	Биотитовый концентрат	76,84	26,2	58,5	96
2	Хвосты	216,89	73,8	0,9	4
3	Итого	293,73	100	16,21	100

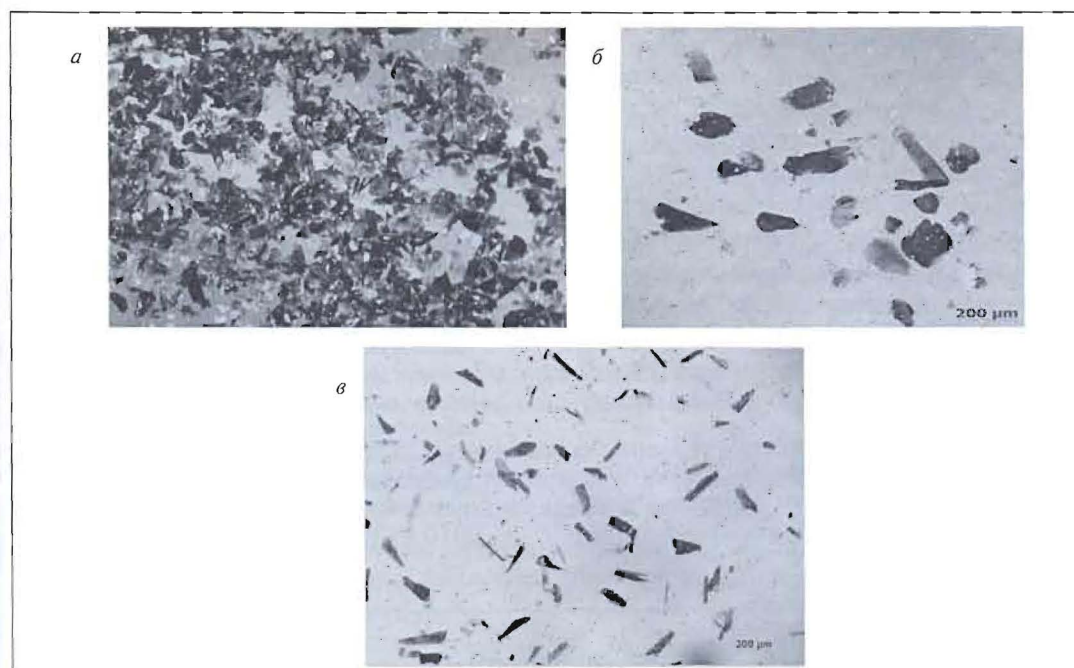
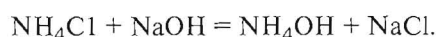


Рис. 4. Формы биотита в концентрате флотации: а) общий вид флотационного концентрата; б) таблитчатые чешуи; в) игольчатые частицы

рателя для флотации биотита катионный реагент АНП-2 (амины из нитропарафинов), представляющий собой смесь солянокислых солей первичных алифатических аминов с радикалами изостроения, имеющими 14—15 атомов углерода. Катионные собиратели могут флотировать самые разнообразные соединения коллоидной степени дисперсности с отрицательно заряженной поверхностью, а также образовывать малорастворимые соединения с оксоанионами металлов. В минеральной флотации целесообразно использование этих реагентов для отделения кварца от фосфоритов, граната, кианита, турмалина, берилла, сподумена, для отделения талька и слюды от полевого шпата, полевого шпата от каолина, силикатных и карбонатных минералов, хромита от оливина [5]. Расход собирателя составил 150 г/т, в нейтральной среде (рН = 7,5). Исследования по влиянию расхода карбоната натрия (Na_2CO_3) как регулятора кислотности по-

казали, что снижение расхода от 2 до 0,5 кг/т повышается селективность флотации биотита, пироксена, амфибола. Это объясняется тем, что в кислой и нейтральной средах в растворах соли аминов полностью диссоциированы и более эффективно проявляют собирательный эффект: $\text{NH}_4 = \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$.

В щелочных средах соли аминов не существуют. Амины выделяются в виде оснований в молекулярной нерастворимой в воде форме



На третьем этапе обоснована технологическая схема (рис. 3) и реализован схемный эксперимент переработки апатитсодержащих руд с получением товарных биотитовых и апатитовых концентратов.

Технологические показатели флотации приведены в табл. 4.

Флотационный биотитовый концентрат, полученный из исходной руды и из

хвостов апатитовой флотации, содержит не менее 85—90 % биотита, остальное — пироксены, амфибол, содержание апатита в которых в зависимости от схемы выделения концентрата колеблется от 5 до 25 %. Выход биотитового концентрата составляет 26,2 % от руды. Методом микроскопического анализа флотационных концентратов установлены основные формы биотита, которые в основном представлены таблитчатыми чешуями и тонкими игольчатыми частицами буровато-коричневого и ярко зеленого цвета (рис. 4).

Таким образом, комплексно исследованы химико-минералогические составы, физико-химические характеристики исходных сырьевых материалов и продуктов обогащения. Исследованы магнитные и флотационные процессы обогащения, определены оптимальные параметры технологического режима с позиций максимального извлечения биотитов. Разработана и реализована технология получения биотитового концентрата из апатитосодержащего сырья.

В целом, исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что данные сырьевые ресурсы пригодны для получения био-

титового концентрата, являющегося ценным сырьем при производстве огнеупорных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Верещагин В.И., Погребенков В.М., Вакалова Т.В.* и др. «Керамические теплоизоляционные материалы из природного и техногенного сырья Сибири» / Строительные материалы. — № 4. — 2000. — С. 34—35.
2. *Лобов А.И., Федоренко А.А., Яхно П.А.* и др. Отчет по объекту МК-500 «Подготовка к изданию минерагенической карты Амурской области масштаба 1:500.000» за 1997—2002 гг. (Протокол НТС ГУПР и Амургеологии № 666 от 09.10.2003. Гр.47-97-37). — Хабаровск: ФГУП «Амургеология», ООО «НП-Центр», 2003. — 4 кн. — 1053 л. (282 + 314 + 282 + 175), 33 гр. пр. // АТГФ-27436.
3. *Ятлукова Н.Г.* Информационная записка «Технологические исследования малой пробы первичных руд Евгеньевского месторождения апатита и наработка опытной партии апатитового концентрата (apatитовой муки)». — Хабаровск, 2005.
4. *Шпирт М.Я., Раевский В.В.* Микроэлементы горючих ископаемых. — М.: Кучково поле, 2010. — Т. 5. — Кн. 4. — 384 с.
5. *Свиридов В.В.* Физико-химические основы процессов микрофлотации / В.В. Свиридов, А.Ф. Никифоров. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ — УПИ, 2006. — 578 с.

Группа Магнезит приобрела Пантелеймоновский огнеупорный завод

Группа Магнезит приобрела Пантелеймоновский огнеупорный завод (пос. Пантелеймоновка, г. Горловка), одно из крупнейших предприятий Украины по производству магнезиальных огнеупоров. Пантелеймоновский огнеупорный завод выпускает формованную и неформованную огнеупорную продукцию. Завод обладает современным прессовым и смесительным оборудованием, внедрена интегрированная система менеджмента в соответствии с международными стандартами ISO9001-2008, ISO14001-2004 и OHSAS 18001—2007. Группа Магнезит планирует к 2016 г. многократно увеличить на предприятии объемы производства периклазоуглеродистых огнеупоров до 25 тыс. т в год, организовать выпуск флюсов мощностью до 100 тыс. т в год. Производство обжиговых изделий и форстерита будет продолжено, но увеличения объемов выпуска не планируется. В итоге производственная мощность предприятия уже в среднесрочной перспективе превысит 150 тыс. т в год. Это станет возможно, в том числе, за счет поставок «русского магнезита» — огнеупорных материалов высокого качества: плавленного периклаза и спеченного клинкера, произведенных предприятиями Группы Магнезит на основе качественных месторождений магнезитов в России. Для реализации этих планов мощности предприятия будут модернизированы, что в итоге позволит ему выйти на качественно новый уровень развития.

Источник: www.magnezit.ru