
АУДИТ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ АПАТИТОВЫХ РУД

А.Е. Воробьев, Е.В. Данилова

Кафедра нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела
Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 115093

В статье описываются некоторые теоретические аспекты горного аудита, приведены рекомендации по увеличению экономической эффективности производства путем извлечения редких земель с учетом имеющихся разработок в данном направлении.

Ключевые слова: горный аудит, редкие металлы, отвалы обогащения апатит-нефелиновых руд.

Под горным аудитом (аудитом недропользования) понимается процесс (процедура) оценки достоверности технической отчетности горного предприятия и соответствия его производственной деятельности существующим нормативно-правовым актам и техническим требованиям и разработки рекомендаций по устранению нарушений, вскрытых в процессе аудиторской проверки.

Аудит недропользования может быть проведен как в рамках общего аудита предприятия-недропользователя, включающего все стороны его деятельности, так и по отдельным направлениям.

Горный аудит может быть внутренним (инициативным) или внешним (обязательным).

Внутренний горный аудит проводится по заказу пользователя недрами. Масштабы и содержание такого аудита определяются заказчиком.

Внешний горный аудит проводится по поручению государственных органов (или их территориальных подразделений), осуществляющих контроль за рациональным использованием и охраной недр [5].

Одной из целей аудита является повышение экономической эффективности отработки месторождения. Повысить эффективность можно путем комплексного извлечения полезных компонентов и, как следствие, уменьшения количества отвалов производства [2].

Методика аудита оценки эффективности технологии переработки отвалов обогащения апатитовых руд для извлечения редких металлов приведена на рис. 1.

Запасы редкоземельных металлов обеспечивают России второе место в мире после Китая. При этом три четверти их сконцентрировано в Мурманской области, а еще около 16% — в Республике Саха (Якутия).

Объемы запасов и прогнозных ресурсов РФ по состоянию на 01.01.2008 представлены в табл. 1.



Рис. 1. Методика аудита оценки эффективности технологии переработки отвалов для извлечения редких металлов

Таблица 1

Состояние МСБ редкоземельных металлов Российской Федерации на 01.01.2008 (млн т TR_2O_3)

Прогнозные ресурсы	P_1	P_2	P_3
Количество	1,3	3,7	0,2
Доля распределенного фонда, %	0	0	0
Запасы	ABC_1		C_2
Количество	18,5		9,5
Изменение по отношению к запасам на 01.01.2007	-0,1		0
Доля распределенного фонда, %	60,5		23,4

Почти 82% балансовых запасов редкоземельных металлов России приходится на содержащие редкоземельные металлы апатитовые руды (в том числе более 70% запасов связано с апатит-нефелиновыми рудами месторождений Хибинской группы в Мурманской области, где среднее содержание TR_2O_3 не превышает 0,4%), причем из добываемых руд редкоземельные элементы все еще не извлекаются: они остаются в хвостах обогащения, складированных в хвостохранилищах обогатительных фабрик [6].

В 2007 г. на ОАО «Апатит», разрабатывающем Хибинские месторождения апатит-нефелиновых руд, было добыто 86,6 тыс. т редкоземельных оксидов в составе руды, из которой они не извлекались. В главном отходе от переработки апатита — фосфогипсе — остаются редкие земли и стронций.

Переработкой добытой руды занимаются фабрики АНОФ-2 и АНОФ-3. Хвостохранилище фабрики АНОФ-2 (рис. 2) содержит 636 млн т отходов, а хвостохранилище фабрики АНОФ-3 — 260 млн т хвостов по состоянию на 2009 г. [4; 3].

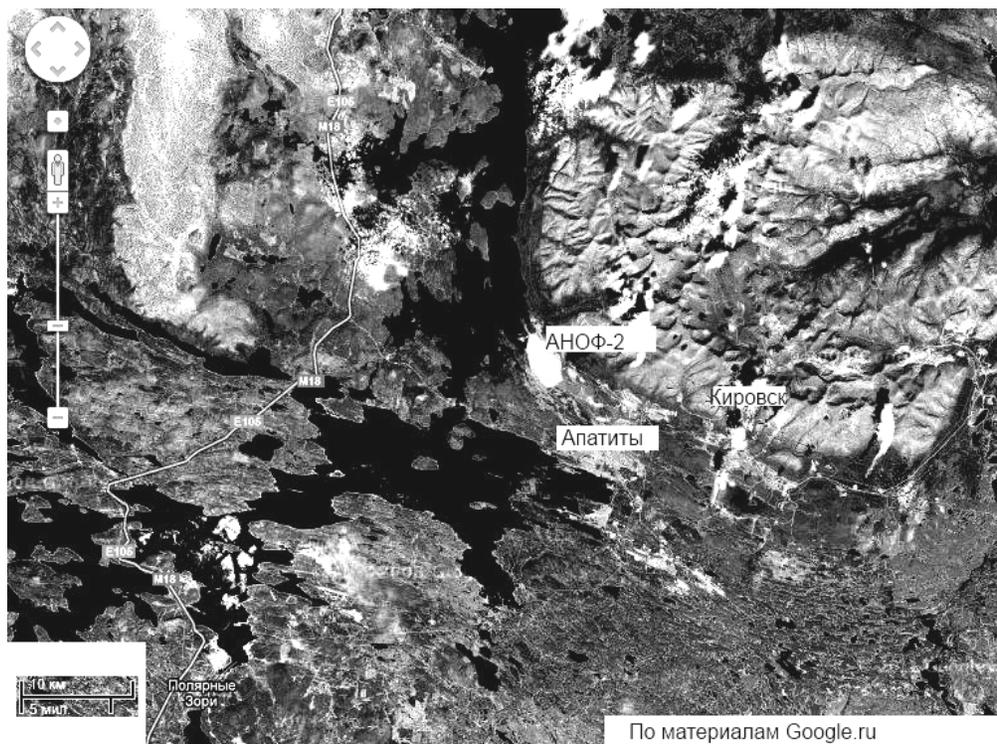


Рис. 2. Космоснимок участка хозяйственной деятельности ОАО «Апатит»

Несмотря на невысокое содержание редких земель в отвалах апатит-нефелинового производства, следует учесть ряд факторов, которые делают извлечение редких земель из отвалов апатит-нефелинового производства перспективным направлением развития:

— апатит перерабатывается на заводах на фосфорные удобрения, поэтому затраты на его добычу и обогащение с точки зрения извлечения редких земель равны нулю — они списываются на производство удобрений;

— хибинский апатитовый концентрат (в отличие от остальных источников редких земель) не содержит радиоактивных элементов; выделенные из него редкие земли также не радиоактивны и не требуют дезактивации (очистки от радиоактивных примесей);

— есть возможность получения попутных высоколиквидных товарных продуктов.

В настоящее время существуют две основные схемы организации извлечения редких земель на апатитовом производстве — азотнокислая и сернокислая.

Одна из технологий извлечения редкоземельных элементов из фосфогипса предусматривает обработку фосфогипса 25-процентным раствором серной кислоты. Степень извлечения редкоземельных элементов составляет 50,0—60,2%. К недостаткам данной технологии относятся низкая степень извлечения редкоземельных элементов, значительное количество технологических операций, большие объемы оборотных сернокислых растворов и временные затраты.

Согласно другой технологии в течение 20—25 мин. за счет обработки фосфогипса 22—30-процентным раствором серной кислоты проводится экстракция соединений редкоземельных элементов и фосфора в раствор с отделением нерастворимого остатка в виде гипса, который содержит значительное количество серной и фосфорной кислоты. К недостаткам этой технологии следует отнести получение кристаллического гипса с рН, не отвечающего допустимым строительным нормам, и с повышенным содержанием P_2O_5 . Выделение лантаноидов из переосажденного экстракционного раствора требует значительных временных затрат. Необходим контроль содержания примесей фосфора и остаточной влажности гипсового осадка, а также наличие различного технологического оборудования для очистки и нейтрализации фосфора [1].

Азотнокислая технология выделения редкоземельных элементов из апатита дает до 85% выделения их в раствор, содержащий также фосфор и фтор. Эта технология требует введения в процесс малозатратных производственных узлов по сравнению с сернокислыми методами. При этом не увеличивается расход основных реагентов — азотной кислоты и аммиака. Кроме того, отсутствуют твердые отходы и жидкие сбросы, так как используемые в процессе извлечения редких земель реагенты утилизируются при производстве удобрений из апатитового концентрата [7].

Таким образом, в настоящий момент наиболее реальной и экономически выгодной представляется организация извлечения редких земель из отходов обогащения хибинской апатит-нефелиновой руды по азотнокислоте методу.

Необходимо также решить проблему разделения редких земель на индивидуальные продукты. Индивидуальные редкие земли наиболее востребованы на рынке, а их цена в десятки раз превышает цену на суммарный продукт.

Технология получения индивидуальных редких земель отработана в головном Институте химической технологии. Она частично использовалась на отечественных заводах в течение многих лет, а качество получаемой редкоземельной продукции по чистоте полностью соответствовало мировым требованиям.

Следовательно, внедрение в промышленность технологии разделения редких земель на индивидуальные продукты также является перспективным направлением повышения экономической эффективности отработки месторождений редких земель.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Абрамов Я.К.* и др. Способ извлечения редкоземельных элементов из фосфогипса: Патент № 2412265, 2009. [*Abramov Y.K.* i dr. Sposob izvlecheniya redkozemelnih elementov iz fosfogipsa: Patent № 2412265, 2009.]
- [2] *Аникин А.В., Воробьев А.Е.* Горно-технологический аудит золотодобывающей компании ЗАО «Васильевский рудник». — М.: Изд. МИСиС, 2013. [*Anikin A.V., Vorobiev A.E.* Gorno-tehnologicheskyy audit zolotodobivayuschei kompanii ZAO “Vasilevsky rudnik”. — М.: Izd. MISiS, 2013.]
- [3] *Дудкин О.Б.* Комплексность минерального сырья и проблема техногенных месторождений Кольского региона. — Апатиты: КНЦ РАН, 1996. [*Dudikin O.B.* Kompleksnost' mineralnogo sirya i problema tehnogennih mestorozhdenii Kolskogo regiona. — Apatiti: KNC RAN, 1996.]
- [4] *Дудкин О.Б.* Технологическая минералогия комплексного сырья на примере месторождений щелочных плутонов. — Апатиты: КНЦ РАН, 1996. [*Dudikin O.B.* Tehnologicheskaya mineralogiya kompleksnogo sirya na primere mestorozhdenii shelochnih plutonov. — Apatiti: KNC RAN, 1996.]
- [5] *Певзнер М.Е.* Горный аудит. — М.: Изд. МГТУ, 1999. [*Pevzner M.E.* Gornii audit. — М.: Izd. MGTU, 1999.]
- [5] URL: <http://www.mineral.ru>
- [6] URL: <http://www.newchemistry.ru>

AUDIT OF RARE EARTH RECYCLING TECHNOLOGIES FROM APATITE ORES

A.E. Vorobiev, E.V. Danilova

Subdepartament of oil-field geology, mining, oil and gas engineering
Peoples' Friendship University of Russia
Podolskoe shosse, 8/5, Moscow

This article describes some of the theoretical aspects of the mining audit, and provides recommendations to increase production efficiency by extracting rare earths within existing developments in this area.

Key words: mountain audit, rare metals, tailings enrichment of apatite-nepheline ores.