

Борисков Федор Федорович

кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник
лаборатории управления качеством
минерального сырья (УКР),
Институт горного дела УрО РАН,
620219, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58

Кантемиров Валерий Данилович

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
лаборатории УКР,
Институт горного дела УрО РАН,
e-mail: ukrkant@mail.ru

**ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ
МЕТОДЫ РУДОПОДГОТОВКИ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРИ
ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА***

Аннотация:

В статье авторы предлагают ряд перспективных сухих методов предварительной концентрации полезных компонентов, направленных на повышение экологической безопасности горных работ.

Ключевые слова: Приполярный Урал, экосистема, минеральное сырье, колчеданные медно-цинковые руды, хромиты, золотосодержащие руды, железные руды, рудоподготовка, схема обогащения

Boriskov Fyodor F.

candidate of geology and mineralogy,
senior research assistant
of the laboratory of mineral raw
materials quality control,
the Institute of Mining UB RAS
620219 Yekaterinburg, Mamin-Sibiryak st., 58

Kantemirov Valery D.

candidate of technical sciences,
senior research assistant
of the laboratory of mineral raw
materials quality control,
the Institute of Mining UB RAS
e-mail: ukrkant@mail.ru

**ENVIRONMENTALLY SAFE METHODS OF
MINERAL RAW MATERIALS PRETREAT-
MENT MINING THE DEPOSITS IN THE
POLAR URALS**

Abstract:

In the article, the authors propose a number of promising dry methods of commercial components preliminary concentration aimed at increasing the environmental safety of mining operations.

Keywords: the Sub-polar Urals, ecosystem, mineral raw materials, sulphide copper-zinc ores, chromites, auriferous ores, iron ores, ore pretreatment, processing flow sheet

Приполярный Урал в перспективе может стать новой сырьевой базой для черной и цветной металлургии Уральского региона. В настоящее время запасы рудных полезных ископаемых Приполярного Урала представлены в основном прогнозными ресурсами в категориях Р₁, Р₂, Р₃. По предварительным данным, Приполярный Урал располагает запасами более 1 млрд. т железной руды, сотнями миллионов тонн медной и хромовой руды, значительными запасами рудного золота и высококачественного кварцевого сырья.

Характерными особенностями территорий Северного и Приполярного Урала являются суровые природно-климатические условия, повышенная уязвимость экосистемы, практически полное отсутствие инфраструктуры, производственной базы и трудовых ресурсов. Наряду с затратным развитием инфраструктуры региона острой проблемой при освоении месторождений является снижение рисков загрязнения уникальной природы токсичными отходами производства, которые могут образоваться при добыче и переработке полезных ископаемых и в первую очередь медноколчеданных руд. Разработка колчеданных месторождений сопровождается формированием особой техногенной среды, сопровождающимся резким нарушением природного равновесия, что обусловлено доступом кислорода воздуха, углекислого газа и поверхностных вод, обогащенных кислородом, к сульфидным рудам при их добыче [1]. В кислородной среде у сульфидов, в со-

* Работа выполнена в рамках конкурсного проекта УрО РАН 12-М-23457-2041 «Освоение недр Земли: перспективы расширения и комплексного освоения рудной минерально-сырьевой базы горно-металлургического комплекса Урала»

став которых входят неметаллы с полным заполнением электронных оболочек электронами (S^{2-} , As^{3-} и т.п.) и металлы (Fe^{2+} , Cu^{+} и т.д.) с низкой степенью окисления, резко проявляется химический потенциал (способность веществ к химическим изменениям). При обнажении сульфидсодержащих горных пород в процессе их разработки сульфиды окисляются с выделением тепла и образованием серной кислоты, сульфатов меди, цинка, железа и других токсикантов, которые проникают в грунтовые воды. Образование токсикантов в сульфидсодержащих отвалах и загрязнение ими природы продолжается десятки и сотни лет [2]. Скорость окисления сульфидов в дисперсных материалах выше, чем в крупнокусковых отложениях. Например, в хвостохранилище Кировоградской обогатительной фабрики (Свердловская обл.) в начале ее эксплуатации в хвостохранилище поступали пиритные хвосты с содержанием меди 0,36 %, цинка 3,0 %. Через 30 лет в хвостах были обнаружены только следы меди, а концентрация цинка снизилась до 0,59 % [3]. Развитие этих химических процессов приводит к повышенному загрязнению грунтовых вод, что хорошо видно на примере анализа хвостов Учалинского ГОКа. Водная вытяжка из хвостов Учалинской ОФ, пролежавших 1 – 2 месяца на поверхности хвостохранилища, отличается кислой реакцией ($pH = 2 \div 3$ за счет образования серной кислоты) и высоким содержанием водорастворимых форм металлов. При этом концентрация меди, цинка и железа в водной вытяжке достигает, соответственно, 786; 3460 и 9050 мг/л, что в десятки тысяч раз выше ПДК [4].

Процессы окисления сульфидов и преобразование продуктов реакций могут развиваться при обогащении руд колчеданных месторождений ХМАО, особенно с использованием флотационных методов, основанных на применении токсичных реагентов, и при размещении на поверхности Земли тонкодисперсных сульфидсодержащих хвостов обогащения – источников серной кислоты и сульфатов тяжелых цветных металлов. Полный цикл получения сульфидных концентратов флотацией на территории ХМАО, предлагаемый рядом исследователей, является экологически опасным направлением для легкой экологии Приполярного Урала, богатой нерестилищами сиговых (р. Манья) и обитанием эндемичных (нельма) и ценных видов рыб (сосьвинская селедка, муксун, чир и др.).

При переработке колчеданных руд месторождений Приполярного Урала предлагается применять сухие методы концентрирования ценных компонентов в промпродукт на основе использования современных рентгенорадиометрических (РРС) и барабанных коронных электростатических (ЭС) сепараторов [5] (рис. 1).

В результате сухого способа обогащения после переработки 1 млн. т руды с содержанием меди 1,9 % и цинка 1,65 % может быть получено порядка 240 тыс. т медно-цинкового концентрата с содержанием 7,77 % меди и 6,63 % цинка, соответственно, а также хвостов обогащения в объемах ~560 тыс. т, которые складываются в специальный отвал. Медно-цинковый концентрат предусмотрено отгружать железнодорожным транспортом (на планируемую к строительству железную дорогу Полуночное – Обская) на медеплавильные заводы Уральского региона для последующей переработки.

Рудоподготовка в местах добычи на Приполярном Урале железных, золотосодержащих руд и хромитов также должна быть организована исключительно с помощью сухих методов предварительного обогащения. В табл. 1 представлены рекомендуемые методы предварительного обогащения и примерные объемы переработки сырья твердых полезных ископаемых Приполярного Урала на первой стадии освоения, на рис. 2, 3 представлены технологические схемы с экологически безопасными физическими методами рудоподготовки хромитов и золотосодержащих руд ХМАО.

Для предварительного обогащения медно-цинковой руды и хромитов предлагается использовать рентгенорадиометрическую сепарацию с использованием сепараторов типа СРФ 4-150 (Россия). РРС является сухим процессом и может быть осуществлена непосредственно в районе добычи руды, ее эффективность возрастает при обогащении крупнокускового материала.

Исходная руда 1000 тыс. т (Содержание медь/цинк: 1,90/1,65 %)

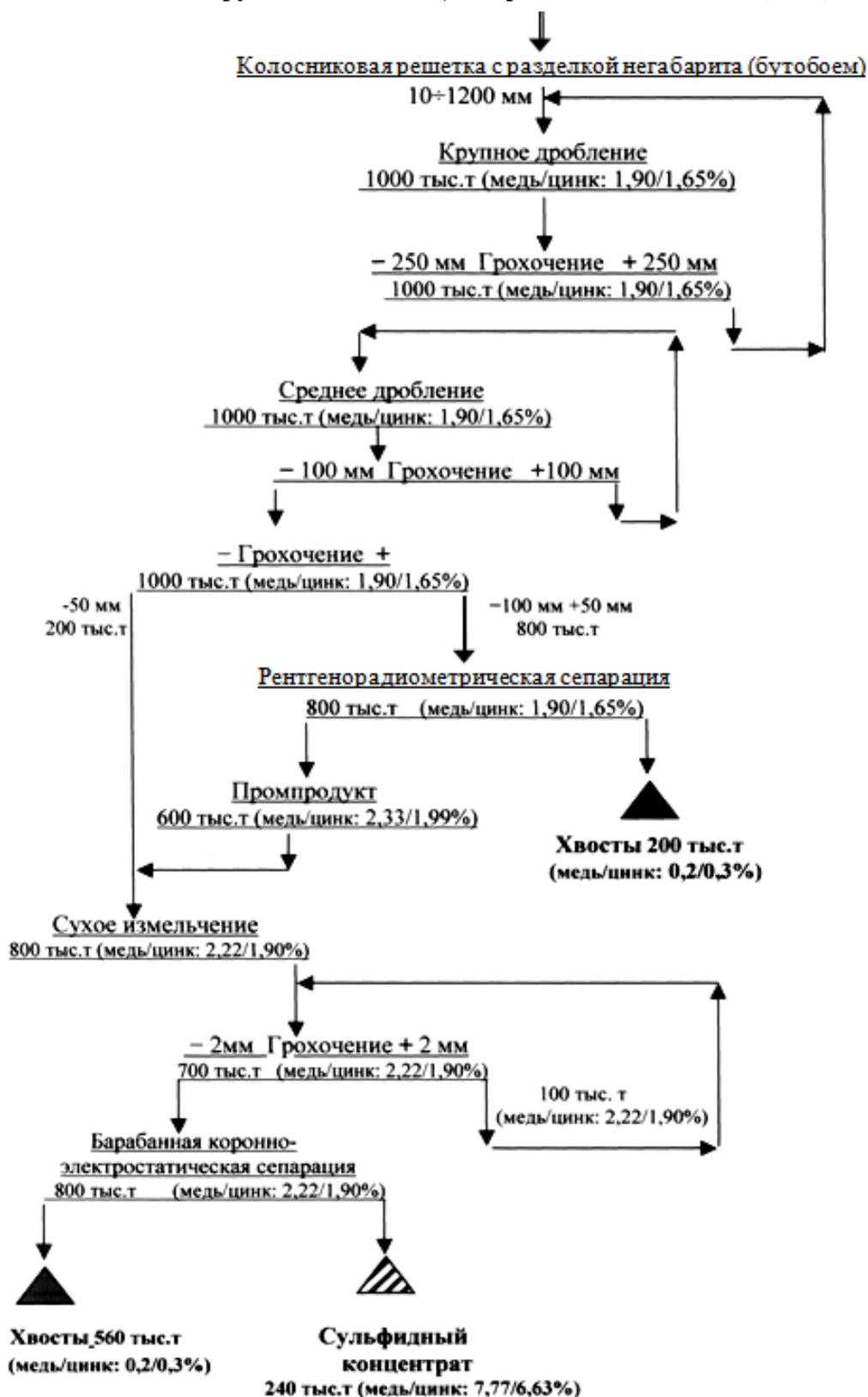


Рис. 1 – Принципиальная схема предварительного сухого обогащения медно-цинковой руды

Таблица 1

Методы и объемы предварительного обогащения сырья

Полезное ископаемое	Содержание ценного компонента в руде/в концентрате	Методы предварительного обогащения	Объем добычи/ объем промежуточного концентрата, тыс. т/год
Хромиты (Cr_2O_3)	$\frac{35}{47} \%$	Дробление – сортировка – рентгено-радиометрическая сепарация	$\frac{200}{60}$
Медно-цинковая руда (медь/цинк)	$\frac{1,9/1,65}{7,77/6,63} \%$	Дробление – сортировка – рентгено-радиометрическая сепарация – электростатическая сепарация	$\frac{1000}{240}$
Золото (руда)	$\frac{4}{7,5} \text{ г/т}$	Дробление – сортировка – фотометрическая сепарация	$\frac{1000}{560}$
Железная руда	$\frac{32}{50} \%$	Дробление – сортировка – сухая магнитная сепарация	$\frac{8000}{3500}$

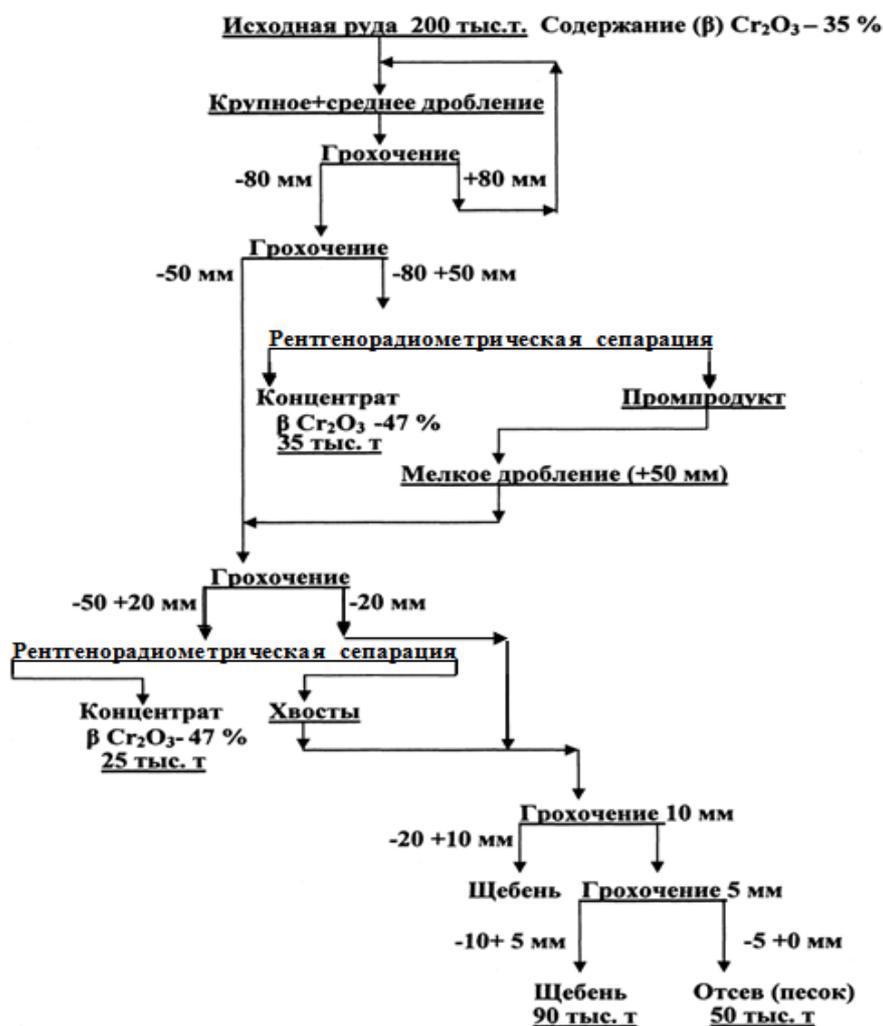


Рис. 2 – Принципиальная схема предварительного обогащения хромитов

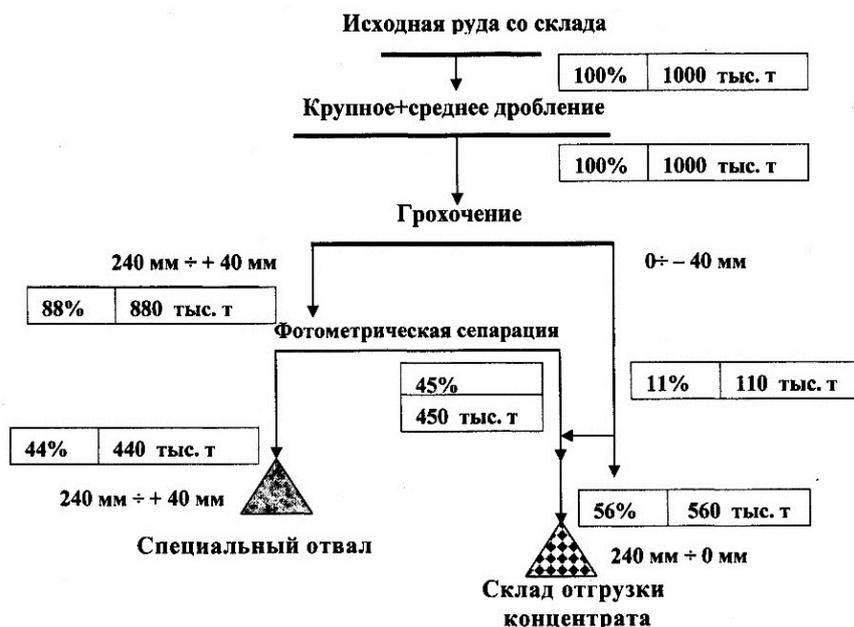


Рис. 3 – Принципиальная схема обогащения золотосодержащей руды

Для предварительного обогащения золотосодержащей руды предполагается использовать фотометрическую сепарацию с применением полихромного фотометрического сепаратора типа «Commodas Primary Optical 1200» (Германия). Намеченные для первоочередной разработки месторождения коренного золота представлены золото-сульфидными типами оруденения с присутствием свободного золота, по составу близкими к «сухоложскому» типу месторождений. Рудоносные зоны первоочередной разработки имеют участки с высоким содержанием и крупным самородным золотом, что позволит эффективно использовать фотометрическую сепарацию.

Для обогащения магнетитовых руд Приполярного Урала (рис. 4) предлагается использовать метод сухой магнитной сепарации (СМС) с использованием магнитных

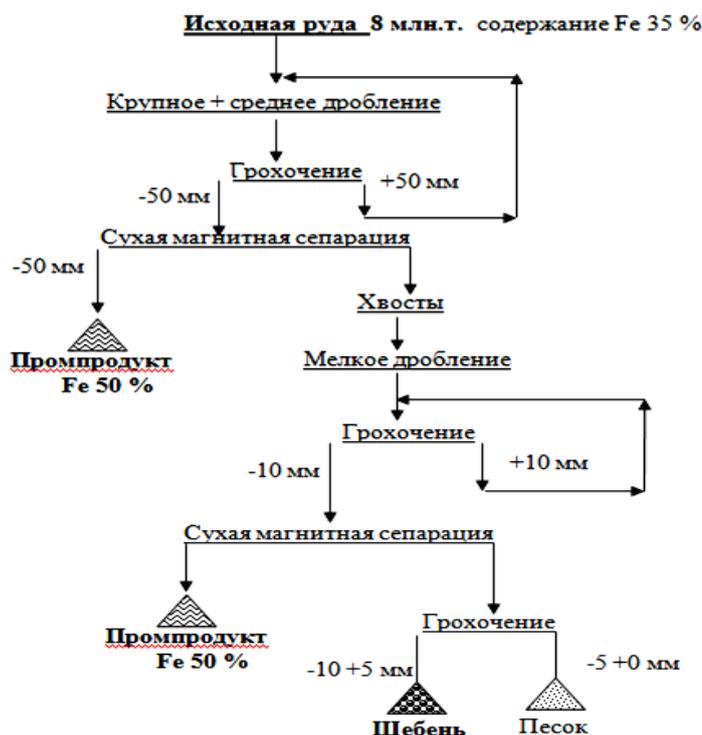


Рис. 4 – Принципиальная схема переработки железных руд ХМАО

сепараторов типа 189А-СЭ (Россия), предназначенных для обогащения крупнокусковой магнетитовой руды. В результате сухого способа обогащения после переработки 8 млн. т руды с содержанием железа 32 – 35 % предполагается получать до 3,5 млн. т промпродукта с содержанием железа ~50 %.

Положительными факторами предварительного обогащения являются:

- возможность в «голове» технологической схемы выделить значительную часть отвалных хвостов и бедных руд;
- возможность существенно снизить количество углеродистых пород в перерабатываемом материале;
- снижение капитальных и эксплуатационных затрат за счет уменьшения количества материала, поступающего на глубокое обогащение;
- снижение экологической нагрузки на уникальную природу Приполярного Урала [6].

Выводы

При выборе технологий обогащения минерального сырья на Приполярном Урале рекомендуются следующие подходы:

- использование сухих методов предварительного обогащения без применения глубоких стадий обогащения и химических реагентов с целью исключения негативного воздействия продуктов обогащения на окружающую среду;
- предварительное обогащение на промышленной площадке предприятий производится стадийным дроблением, грохочением и сепарацией сырья с отсечением некондиционных руд и сопутствующих пород; полученный промежуточный продукт (концентрат) вывозится в освоённые индустриальные регионы Урала для последующей переработки;
- комплексное использование ресурсов; хвосты предварительного обогащения (некондиционное сырьё и сопутствующие породы) являются сырьём для производства щебня различного назначения.

Предварительная технико-экономическая оценка эффективности освоения месторождений твердых полезных ископаемых Приполярного Урала показывает, что достаточно эффективной является разработка медных, хромитовых и магнетитовых руд с повышенным содержанием ценных компонентов и поставкой промпродуктов на комбинаты Урала для глубокого обогащения.

Литература

1. Борисков Ф. Ф. Получение гидроминерального сырья из пиритных хвостов обогащения колчеданных руд / Ф. Ф. Борисков, Л. О. Макаранец, Н. А. Филиппова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 10. – С. 328 - 333.
2. Подуст А. Н. Техногенные образования как источник загрязнения окружающей среды / А. Н. Подуст // Техноген-98. Вторая выставка и НТК по переработке техногенных образований (Екатеринбург, 10-13.02.98): офиц. каталог: тез. докл. / Координац. Совет по реализации программы, ГНИЦ, Уральский ин-т металлов и др. – Екатеринбург, 1998. – С. 24-25.
3. Дренажные воды – источник техногенного гидроминерального сырья на Урале / О. Н. Грязнов, С.В. Палкин, В.П. Новиков и др. // Изв. вуз. Горный журнал. – 1997. – № 11-12. – С. 58 - 65.
4. Чуянов Г. Г. Хвостовое хозяйство обогатительных фабрик / Г.Г. Чуянов // Изв. вуз. Горный журнал. –1997. – № 11-12. – С. 130-174.
5. Шихов Н. В. Обоснование параметров барабанного коронно-электростатического сепаратора повышенной удельной производительности: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н. В. Шихов; Институт «Уралмеханобр». – Екатеринбург, 2010. – 24 с.

6. Борисков Ф. Ф. Минимизация экологического ущерба в районах с повышенной экологической чувствительностью к переработке колчеданных руд / Ф. Ф. Борисков, В.Д. Кантемиров //Фундаментальные основы технологий переработки и утилизации техногенных отходов : труды Международного конгресса "ТЕХНОГЕН - 2012", посвящ. 80-летию науки на Урале / РАН, Науч. совет по металлургии и металловед. РАН, УрФУ и др. – Екатеринбург: ООО "УИПЦ", 2012. – С. 369 - 371.