

Г.Г. Ломоносов, Н.А. Туртыгина

ВЛИЯНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА РУД НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРЕРАБОТКИ

Проведен анализ эффективности переработки руды, содержащей бедные концентраты никеля и меди.

Ключевые слова: никель и медь, Норильская руда, обогащение полезных ископаемых, обогатительная фабрика.

Семинар № 13

В настоящие времена добывчу медно-никелевых руд Норильский комбинат ведет на трех месторождениях: Норильск-1, Талнахское и Октябрьское. Длительный период эксплуатации месторождений привел к существенному снижению запасов только сплошных руд, в то время как их общие запасы уменьшились не значительно. Наиболее интенсивно эксплуатируются Талнахское и Октябрьское месторождения, где, в основном, добываются богатые руды. Постепенно взамен выбываемых мощностей по богатым рудам вовлекаются в разработку «медиистые» и вкрапленные руды. Подземная разработка месторождений в последнее время характеризуется существующими изменениями, связанных с необходимостью удержания объемов производства на должном уровне и с обеспечением при этом безопасности горных работ. Все это приводит к ухудшению качественных характеристик добываемого сырья, поэтому проблема стабилизации качества добываемой руды является одной из основных для горнодобывающей промышленности.

Анализ структуры затрат производства на предприятиях компаний показывает, что наибольшая их доля приходится на металлургический передел. В основном это связано с по-

ступлением в металлургическую переработку большого объема концентратов, бедных по содержанию ценных металлов. Норильская руда в среднем имеет более высокое содержание никеля и меди, но качество концентратов, получаемых после ее обогащения, оказывается значительно хуже зарубежных аналогов: по меди в 1,2-1,4 раза; по никелю в 1,5-2,3 раза. Переработка большого объема бедных концентратов приводит, естественно, к почти пропорциональному увеличению затрат на единицу произведенного металла, поэтому снижение затрат в металлургии сегодня напрямую связано не только с работой обогатителей, но и горняков. Главный принцип компании в области обогащения руд, заключается в том, чтобы получать как можно более богатые концентраты, решение этой проблемы позволит снизить затраты в металлургии.

Эффективность процесса обогащения полезных ископаемых во многом предопределяет экономику всего горно-металлургического производства. Наибольшие потери ценных компонентов от добычи руды до получения металла связаны с процессом обогащения полезных ископаемых и составляет от 10 до 30%, поэтому проблеме стабилизации качества руды во всем мире уделяется первосте-

пенное значение. В свою очередь руднику в решении этой проблемы принадлежит важная роль, как звену, формирующему в ходе добычи первоначальный уровень колебаний содержания контролируемых компонентов в рудном сырье.

В горнорудной и металлургической промышленности качества конечного продукта в значительной степени зависит не только от средних показателей, но и от однородности исходного сырья, поступающего в переработку, что снижает простоя из-за переналадки процесса обогащения, потери металла в отходах обогащения, расход реагентов. Степень неоднородности рудного массива может быть количественно оценена коэффициентом вариации содержания металла.

$$V_M = \frac{\sigma_M}{\bar{M}},$$

где σ_M - среднеквадратичное отклонение содержания металла по элементарным выемочным от среднего содержания в рудном массиве; \bar{M} - среднее содержание металла в рудном массиве.

Для сырьевой базы цветной металлургии Норильского промышленного района характерны рудные месторождения весьма сложного морфологического строения и резко неравномерного качественного состава. Они играют важную роль в добыве некоторых цветных, редких и благородных металлов. Длительное время главным принципам в проектировании и эксплуатации таких месторождений было применения высокопроизводительных систем с обрушением с целью снижения себестоимости добычи 1 тонны рудной массы и повышения производительности труда. Качеству руды не уделяли должного внимания. В результате экономические показатели оставались удовлетворительны-

ми, это выявилось особенно в связи с переходом промышленности на новые условия планирования и экономического стимулирования. В данном случае примером может служить месторождение «Норильск – 1». Богатые жильные руды в общем балансе запасов руды месторождения «Норильск – 1» составляли не более 3%, однако роль их в производстве металлов на Норильском комбинате до начала разработки Талнахского месторождения была исключительно высока. Все известные жильные поля на месторождении «Норильск – 1» отработаны с опережением относительно вкрашенных руд. Но возможность обнаружения новых скоплений богатых руд при доразведке глубоких горизонтов интрузии Норильск – 1 сохраняется и теперь. Рудник «Заполярный» добывает полиметаллические руды месторождения «Норильск – 1» подземным способом. Из добываемой руды извлекаются более 10 элементов, среди которых основными являются никель, медь, кобальт.

При добыве полезного ископаемого происходит примешивание к руде вмещающих пород, в результате чего происходит изменение качества руды. Для количественной оценки изменчивости качества руды в массиве и в рудопотоках используют более 20 различных показателей. Как было отмечено ранее, изменение показателей извлечения в концентрат в зависимости от качества сырья и величины отклонения содержания металла от среднего запланированного показателя происходит по определенным закономерностям. Анализ этих закономерностей показывает быстрое возрастание извлечения при обогащении более бедных руд за счет уменьшения размаха колебаний их качества. Для норильского региона выявление таких закономерностей весьма важно, так как опираясь на реальные результаты,

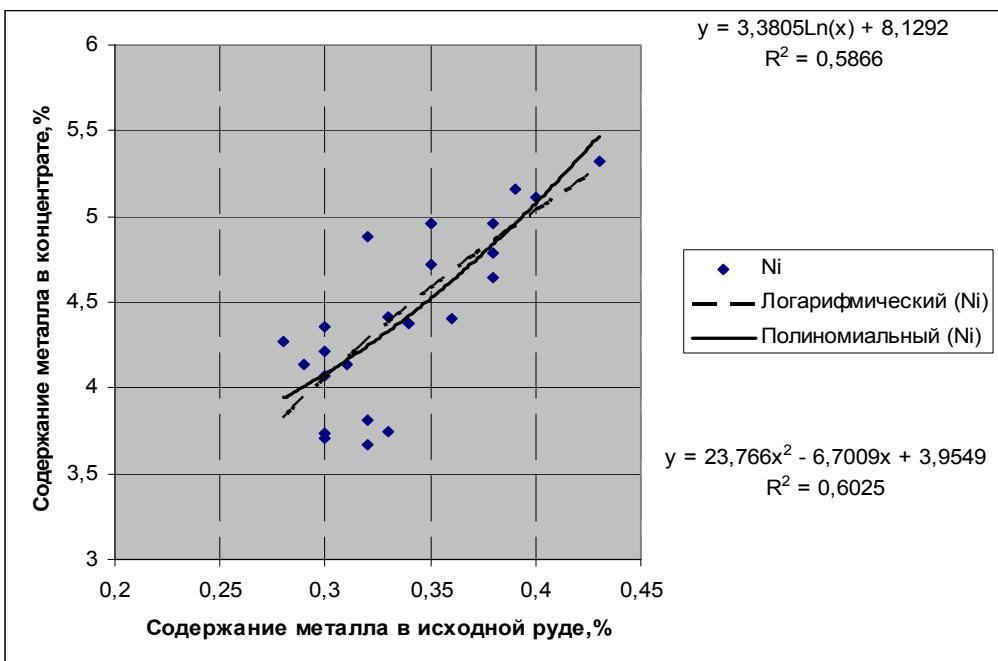


Рис. 1. Влияние качества руды на качества концентратов

можно экономически обосновано решать технологические проблемы не только при переработки, но и при процессе добычи руды. Поэтому был выполнен корреляционный анализ влияния содержания никеля и меди на основные технологические результаты обогащения. В качестве исходных данных для математической обработки были взяты показатели проб и результаты переработки руды на Норильской обогатительной фабрике (НОФ) в течение, четырех месяцев 2006 г.

Установлено наличие прямых зависимостей (рис. 1) содержание никеля в концентрате от содержания никеля в исходной руде, где коэффициент корреляции составил $R^2=0,602$. Наиболее полно функция качества никелевого концентрата от массовой доли никеля в рудном сырье $\beta_{Ni}=f(\alpha_{Ni})$ просматривается при полиноминальном тренде. Согласно этой закономерности, снижение содержания

никеля в исходной руде α_{Ni} с 0,43 до 0,28 % ухудшает качества концентратов с 5,5 до 3,9 % т.е. на 29,09%. При дальнейшем уменьшении массовой доли никеля в руде происходит относительное ухудшение этого концентратов.

Одним из важнейших показателей является извлечение металла в концентрат, так как он определяет выход готовой продукции, потери металлов в отходах, количество отходов, а также экономические результаты обогащения. При установлении зависимости $\varepsilon_{Ni}=f(\alpha_{Ni})$ были получены практически одинаково высокие корреляции для полиноминального и логарифмического трендов (рис. 2). Согласно кривым, снижение содержания никеля в исходной руде с 0,4 до 0,3 влечет за собой сокращение извлечения в концентрат с 69 до 55 %, т.е. на абсолютные 20,2 % или относительные 33,3 %.

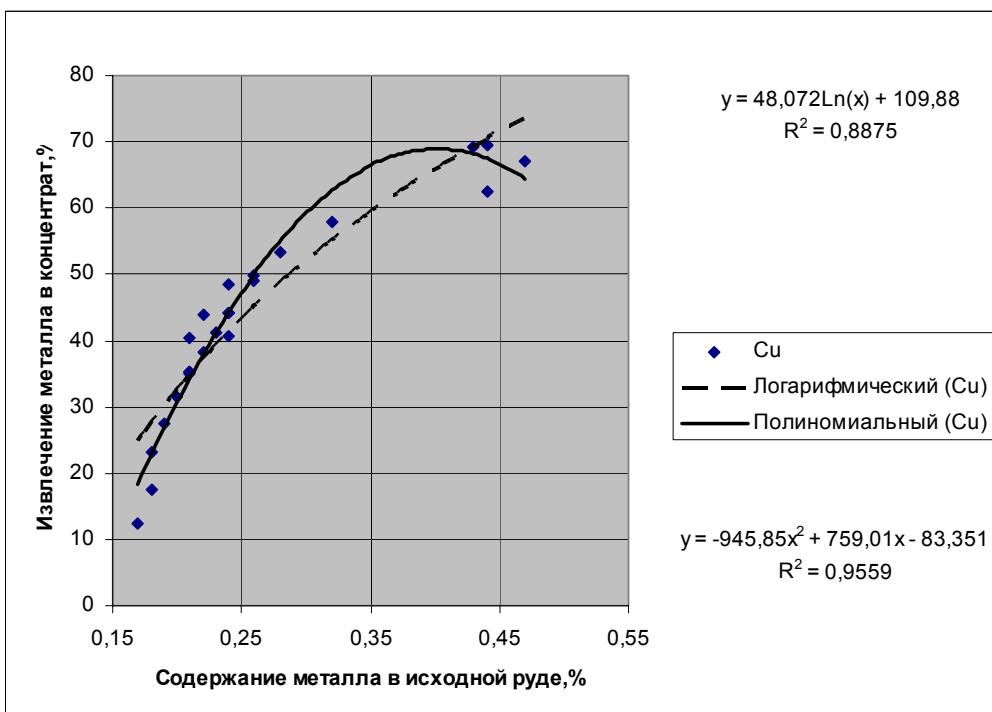


Рис. 2 Зависимость извлечения металлов в концентрат от содержания в руде

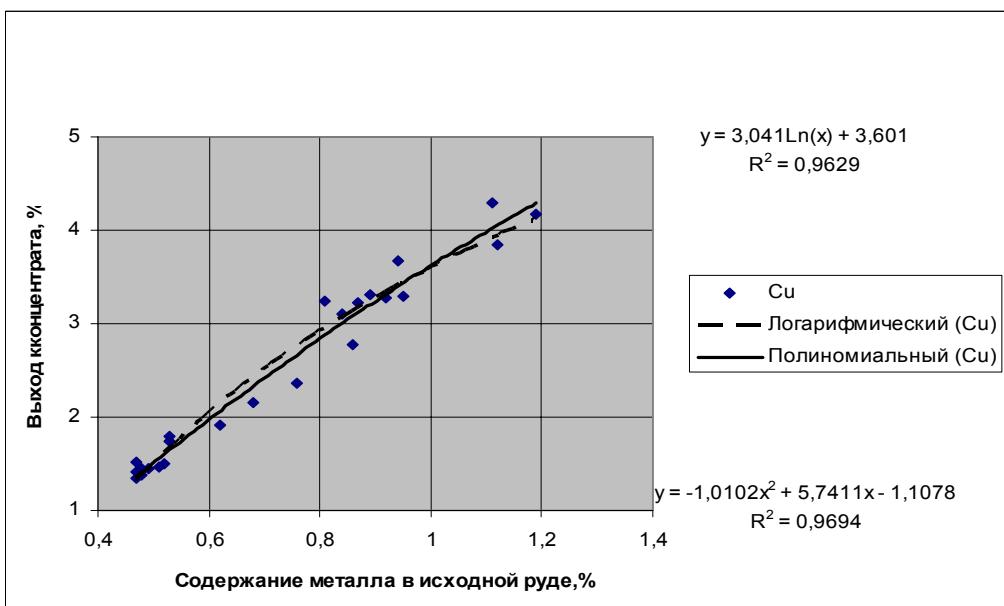


Рис. 3. Корреляция выхода концентратов с содержанием металлов в руде

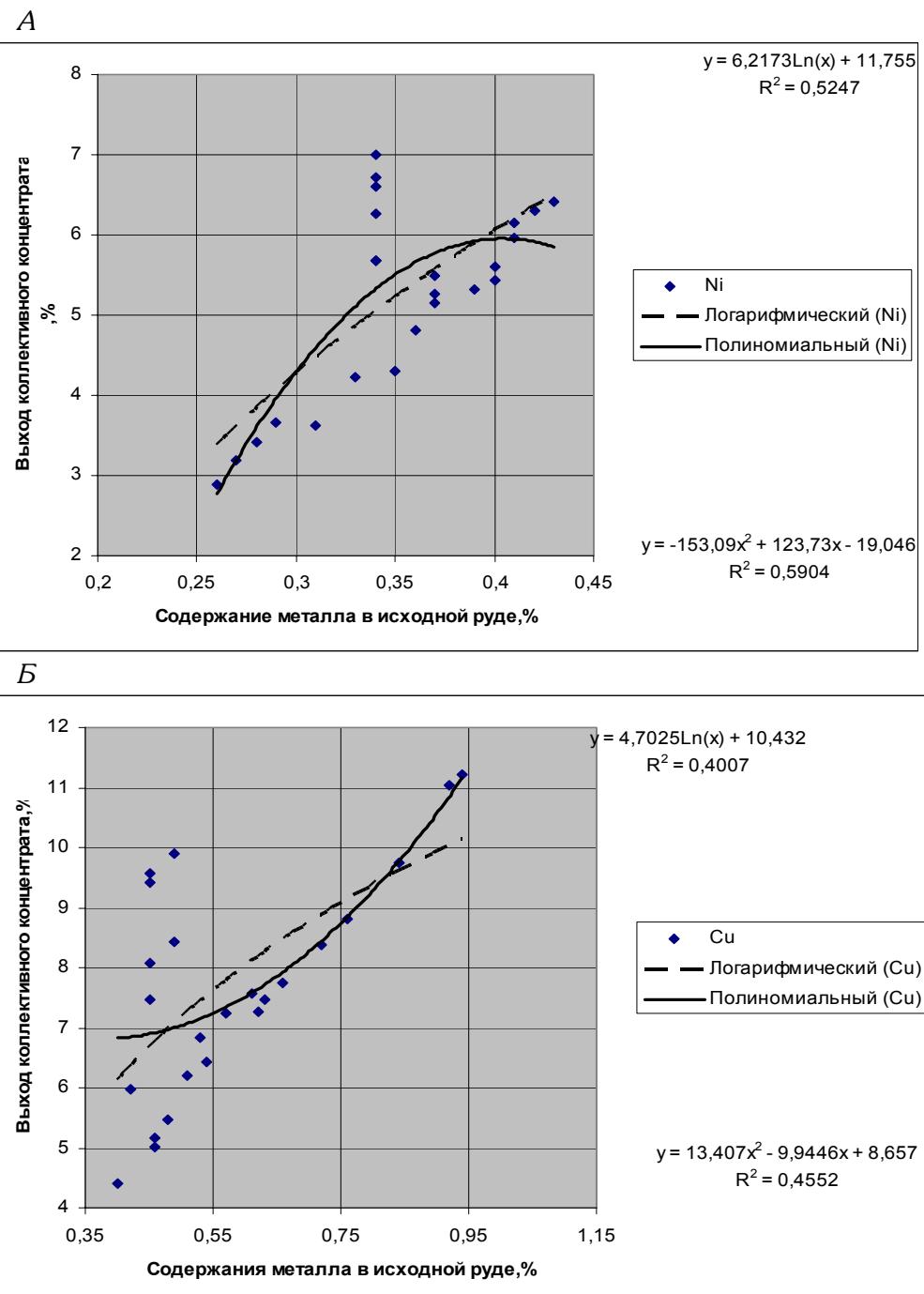


Рис. 4 Выход коллективного концентратата в зависимости от содержания в руде: а – никеля; б – меди

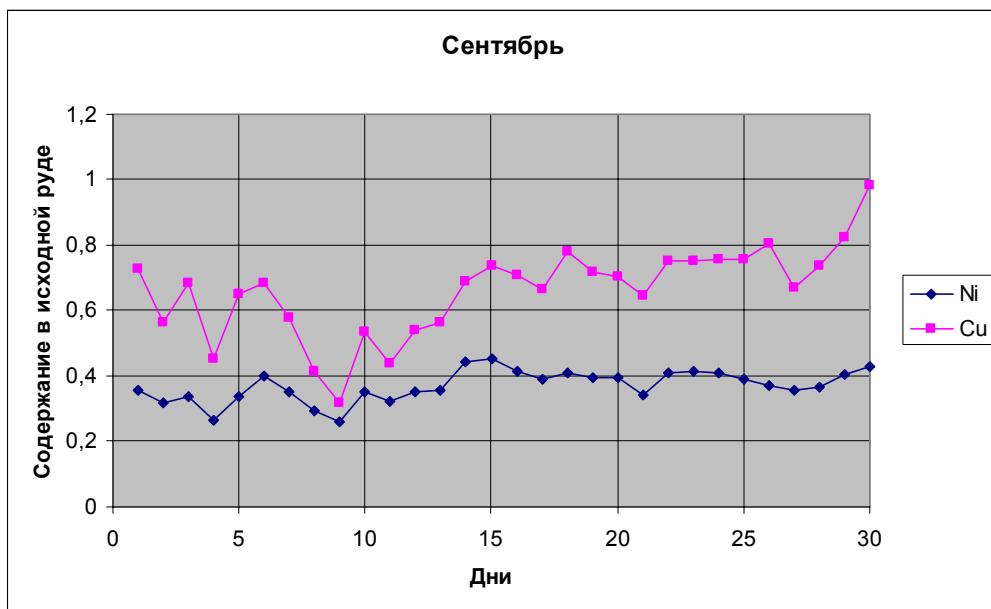


Рис. 5. Характерные изменения содержаний металлов в смеси вкрапленных и медистых руд, поступающей на Норильскую обогатительную фабрику

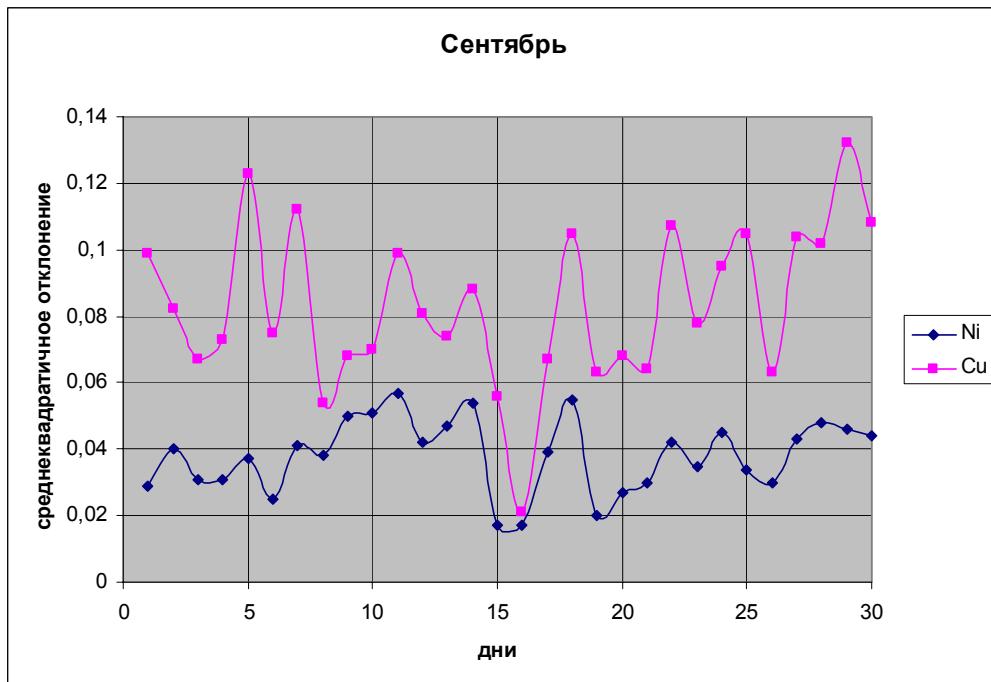


Рис. 6. График изменения среднеквадратичного отклонения в смеси вкрапленных и медистых руд, поступающей на НОФ

Главным количественным показателем процесса обогащения, производный от извлечения и определяющий стоимостные показатели является выход концентратов. При корреляционном анализе получены закономерности для никеля и меди (рис. 3). При этом значение R^2 составляют по разным трендам: 0,96 для меди. Согласно этим зависимостям для медного концентрата снижения массовой доли металла в руде с 1,2 до 0,5 % влечет за собой снижения выхода продукта производства с 4,3 до 1,2 %, т.е. грозит сокращением количества продукции в 3,5 раза. Для никелевого концентрата уменьшение содержания никеля в исходной руде определяет сокращение выпуска этого концентрата втрое.

Аналогичные зависимости при необходимости могут быть получены и по другим полезным компонентам руды, потому что производство и экономика от этих продуктов зависит от качества исходного рудного сырья. Производство этих продуктов имеет весьма существенное значение для экономики горно-металлургической компании, а также на прямую зависит от качества исходного рудоминерального сырья подаваемого на НОФ. Выход этих продуктов в общем можно прогнозировать через показатель выхода коллективных концентратов (рис. 4).

В этих зависимостях обнаружено очень тесная связь выхода коллектив-

ного концентрата от содержания никеля и меди в рудной массе.

Во всех рассмотренных случаях улучшение состава руды весьма благотворно воздействует на результаты производства. И, наоборот обеднение руды весьма заметно ухудшает эти показатели. Анализируя полученные зависимости (рис. 5 и 6), можно оптимизировать требования качества рудного сырья и обосновать новые организационные и технологические решения для стабилизации качества рудной массы.

Сырьем для НОФ служат главным образом вкрапленные руды «Норильск-1», добываемые рудником «Заполярный» и карьером «Медвежий ручей» с добавлением талнахских медистых и вкрапленных руд. Таким образом, в суммарном потоке, который поступает на фабрику, наблюдается относительно высокая изменчивость показателей качества сырья. Негативная реакция обогатительного процесса на нестабильность состава рудного сырья является общей закономерностью для переработки любого полезного ископаемого. В этом отношении Норильские медно-никелевые руды не являются исключением. Поскольку Талнахская обогатительная фабрика перерабатывает в основном богатые руды «Талнахского» и «Октябрьского» месторождений, то проблема усреднения их качества наименее актуальна, чем, для Норильской обогатительной фабрики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Кожиев Х.Х., Ломоносов Г.Г. «Рудничные системы управления качеством минерального сырья». Москва издательство московского государственного горного университета 2005 г., 292 с. [\[MAS\]](#)

Коротко об авторах

Ломоносов Г.Г. – заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор, кафедры ТПР,

Туртыгина Н.А. – старший преподаватель, кафедры РМПИ,
Московский государственный горный университет,
[Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru](mailto:ud@msmu.ru)