

УДК 622.271:622.271 (470.21)

Г.М. Еремин

**ПУТИ И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
РАЗРАБОТКИ СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ
В УСЛОВИЯХ ХИБИН**

Выполнено обоснование необходимости учета при разработке сложноструктурных месторождений новой методики определения потерь и разубоживания руды. Подсчеты по ней определяют их показатели в 2-3 раза большие, чем заложено в проектах и показаны пути их снижения, а также способы повышения эффективности отработки месторождения карьером.

Ключевые слова: разубоживание руд, сложноструктурные месторождения, вскрытие глубоких горизонтов карьеров.

Семинар № 17

**G.M. Eremin
THE WAYS OF EFFICIENCY
INCREASE OF COMPLEX
STRUCTURAL DEPOSITS BY OPEN-
CUT MINING IN CONDITIONS OF
Khibini Mountains**

There was substantiated the need in taking into consideration a new technique of losses and dilution of ores determination during the development of mineral deposits with complicated structure. Calculations pertaining to it, define their indices as the ones, exceeding 2-3 times what had been envisaged in the design and the ways to reduce them, as well as the ways of increasing the efficiency of a deposit development as an open-pit mine.

Key word: ore impoverishment, complex structural deposits, deep horizon opening of open-pit mines

В настоящее время разрабатываются или готовятся к отработке несколько месторождений апатитонефелиновых руд, которые по сложности в геологическом отношении могут быть отнесены к сложноструктурным.

К ним могут быть отнесены месторождения Коашвинское, Олений Ручей, Ньюрклак, боковое рудное тело

месторождения «Плато Расвумчорр» и другие.

Потери и разубоживание руд зависит в основном от геологического строения рудной залежи и применяемой технологии отработки. Нормативы потерь по карьеру рудника Центральный определены в 5%, а по карьеру Коашва – 7%, фактические же по первому из них составляют соответственно 1,8-3,5% и 5,6-6,5% с глубиной отработки рудного тела. Основные потери руды при разработке мощных рудных залежей образуются на их контактах, как в лежачем, так и в висячем боку, а при разработке сложноструктурных месторождений, кроме того, и самих тел.

Величина допустимых потерь руды при открытой и подземной разработке месторождений зависит от ценности извлекаемой руды: чем ценнее руда, тем меньше должны быть потери.

В немалой степени величина потерь и разубоживания руды зависит от современной методологии оконтуривания рудных тел, подсчета запасов в соответствии с имеющимися условиями, показатели и критерии которых часто обосновываются очень упрощенно и

без учета перспектив истощения запасов и их восполнения. При этом горнопромышленники стараются разрабатывать только богатые части залежей, оставляя в недрах бедные руды, отработка которых под налегающим массивом пород (подземный способ разработки) даже через 30-50 лет, несмотря на прогресс техники и технологии разработки месторождений, будет сложна и дорогостояща.

Обоснование показателей кондиций сопровождается технико-экономическими расчетами. При этом с включением в рассмотрение около 20 показателей практически невозможно достаточно строго рассчитать необходимые параметры и процессы добычи и переработки руды. Минимально промышленное содержание полезного(ых) компонента(ов) в подсчетном блоке, минимальная мощность рудных тел, включаемых в подсчет запасов, максимальная мощность пустых пород или забалансовых руд, включаемая в подсчет запасов, а также бортовое содержание полезного компонента в краевой пробе часто основывается на существующей технологии добычи и переработки руды, редко учитываются перспективные технологии, изменения цен на сырье (при комплексных рудах) и др.

На стадии составления проекта кондиций на добываемое сырье иногда сложно рассчитать предельный коэффициент вскрыши при открытой разработке месторождений, особенно крупных при 5-10 этапах их разработки и реконструкции карьеров. При подземной разработке месторождений к таким проблемам следует отнести сложность минимизации потерь руды при добыче, достигающих 16-20% и более при блоковых этажных системах принудительного обрушения, обеспечивающих в свою очередь меньшую себестоимость добычи 1 т руды по сравнению с другими известными системами разработки.

Применяемый вариантный способ определения оптимального значения бортового содержания полезного компонента предполагает рассмотрение 3-4 возможных значений борта и окончательно производится выбор экономически целесообразного.

Так, для апатитовых месторождений Хибин рассмотрены варианты бортового содержания P_2O_5 – 2, 4, 6 и 8%. При этом рентабельность разработки руд, например месторождения Коашва составила при борте 6, 4 и 2% P_2O_5 соответственно – 6,5, 6,4, 5,8. Принят борт 4% P_2O_5 , а производство апатитового концентрата из руды в прирезке с бортами 2-4% было определено как убыточное. В то же время на месторождениях с более бедными рудами (Ошурковское, Нижнесаянское, Селигдарское, Новополтавское и др.) борт был принят соответственно 1,5, 2,3, 3,1, 3,9% P_2O_5 .

Для апатитовых месторождений Хибин ниже значение бортового содержания (2% P_2O_5) при рассмотрении вариантов обычно выбирается близким к содержанию P_2O_5 в хвостах обогатительных фабрик (~2% P_2O_5), хотя полнота переработки руды связана с технологическим процессом, в том числе с реагентным режимом, усреднением, измельчением руды и др.

По подсчетам при шаге бортового содержания P_2O_5 в два процента варианты запасов руды месторождения Олений Ручей разнятся в первые десятки миллионов тонн, а на месторождении Коашва разница достигает 80-90 млн.т.

При разработке апатитовых месторождений Хибин с 30 годов прошлого века борт изменялся с 12% P_2O_5 до 4% в настоящее время.

К настоящему времени числящимися в потерях в треугольниках лежачего и висячего боков апатитовых залежей, находящихся в разработке открытым и

подземным способами по всем месторождениям Хибинской группы составляет около 100 млн.т.

Поэтому для снижения потерь руды при разработке месторождений открытым и подземным способами необходимо:

- снижение борта до 1-2% P_2O_5 при повышении показателей полноты переработки руд на обогатительных фабриках (при шихтовке руды различного качества);

- уменьшить минимальную мощность рудных тел, включаемых в подсчет запасов и их разработке до 3-5 м (вместо 7-10 м), а максимальную мощность прослоев пустых пород тоже до 3-5 м (вместо 8-10). Это вполне достижимые значения показателей полноты и качества разработки рудных тел особенно открытым способом при применении селективных способов выемки руды и вскрыши;

- ограничить применение систем подземной разработки месторождений (этажного и подэтажного обрушения), допускающих потери руды 16-20% и более.

Так, например, при разработке нижнего яруса месторождения Олений Ручей подземным способом вовлекаются в разработку только центральные (богатые) части месторождения. При этом запасы, включаемые в разработку, составляют 80% от всех запасов (20% запасов более бедных руд не разрабатываются и, следовательно, могут быть потеряны). Кроме того, при разработке рудных тел, предлагаемыми системами будут потеряны ещё около 16-20%.

Особенностью сложно-структурных месторождений Хибин (Коашва и Олений Ручей) является их сложение с увеличением количества и мощности прослоев пустых пород при выклинивании рудных тел по восстановлению и падению и брекчированность руд.

При применении традиционных технологий и параметров разработки (как пластовые месторождения) приводит к значительным потерям и разубоживанию руды. Фактические потери и разубоживание руды могут отличаться от проектных в 2-3 раза и более. Руда небольших залежей и контактных зон отработки могут теряться в отвалах, что и имеет место на практике.

Повышение эффективности разработки сложно-структурных месторождений, отличающихся резким изменением их мощности как вкрест простирания рудного тела, так и в плане, угла падения, переслаиванием рудных и породных слоев предлагается достичь на основе нового метода, учитывающего ценность руды, выбор оптимальной высоты уступа и параметров блока с выявленными особенностями и закономерностями распределения рудных тел и отработке их дифференцированными технологиями, позволяющими снизить в 2-3 раза потери ценных руд и их разубоживания на карьерах.

Предлагаемый метод повышения полноты и качества отработки сложных контактов и группы рудных тел позволяет исключить допускаемые в проектах ошибки по величинам потерь и разубоживания руды – 4,5, 5% и 7% (апатитовые месторождения Олений Ручей и Коашвы) вместо имеющих место в действительности 8-9% и 10-14% и более (рис. 1). Приведенные данные подтверждены на основе разработанной модели и многофакторной эмпирической формулы, учитывающей ценность руды, мощность рудного тела, угол его падения и высоту уступа, что позволило расчетным путем и на моделях рудных тел и технологических схем отработки рудных контактов обосновать снижение потерь и разубоживания руды в 2-3 раза применением эффективной технологии работ (снижение высоты уступа с 15 м до 10

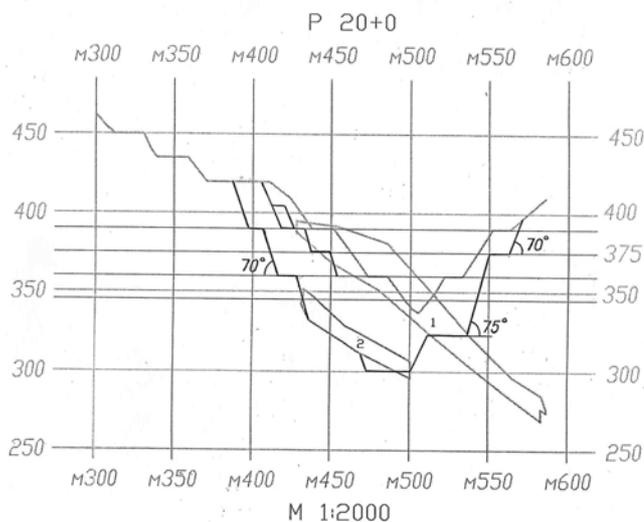


Рис. 1. Поперечный разрез по месторождению Олений Ручей: 1, 2 – рудные залежи

и 5 м в зависимости от мощности рудного тела) применительно к апатитовому месторождению Олений Ручей.

Для условий месторождения Олений Ручей для трёх рудных тел, входящих в верхнюю зону открытых горных работ, были определены потери и разубоживание руды при высоте уступа по проекту 15 м. При этом рудные тела с изменяющейся мощностью и углом падения рассматривались как пластовые (без учета их брекчированности по восстанию и выклинивания с переслаиванием породными прослойками). Средние потери и разубоживание руды по всем участкам составили соответственно 8-10 и 12-15%, по сравнению с проектными 4,5 и 7%.

Снижение потерь и разубоживания руды до этих величин может быть достигнуто уменьшением высоты уступа до 10 и 5 м (деление уступа на два подступа при выклинивании нескольких рудных тел).

На Коашвинском карьере из-за сложности месторождения, представленного в верхней зоне, 3-4 рудными телами и более, брекчированными с образованием в плане (по горизонтам) отдельных извилистых тел, потери руды

будут иметь место не только при отработке рудных контактов со стороны лежачего и висячего боков залежи, но и при отработке блоков по горизонтам (рис. 2 а, б, в, г).

При этом общие потери Π и разубоживание R руды составят: $\Pi = \Pi_k + \Pi_6, \%$

$$R = R_k + R_6, \%$$

где Π_k, R_k и Π_6, R_6 – соответственно потери и разубоживание руды при отработке контактов и блоков по горизонтам.

Применительно к геологическим данным (карта, составленная геологами Мурманской геологоразведочной экспедиции МГРЭ на период 2000 г. с выходами рудных тел) были определены потери и разубоживание руды при отработке приконтактных зон со стороны лежачего и висячего боков залежи и в плане (по блокам). При этом эти показатели для зон контакта с вмещающими породами составили соответственно 5-6 и 8-10%, а по блокам (по горизонтам) между разрезами 18-20 и 26-28, их средние значения соответственно равны: потери $\Pi_6=6,9\%$ и разубоживание $R_6=11,8\%$.

Таким образом, общие потери и разубоживание руды на этот период составили $\Pi=12,4\%$ и $R=20,8\%$, что превышает потери и разубоживание руды по проекту в 1,5 – 2,5 раза (первоначально они были приняты соответственно 5 и 5%, а затем увеличены до 7 и 7%).

Снижения потерь и разубоживания руды можно достичь применением селективных методов при отработке сложноструктурных рудных кон-

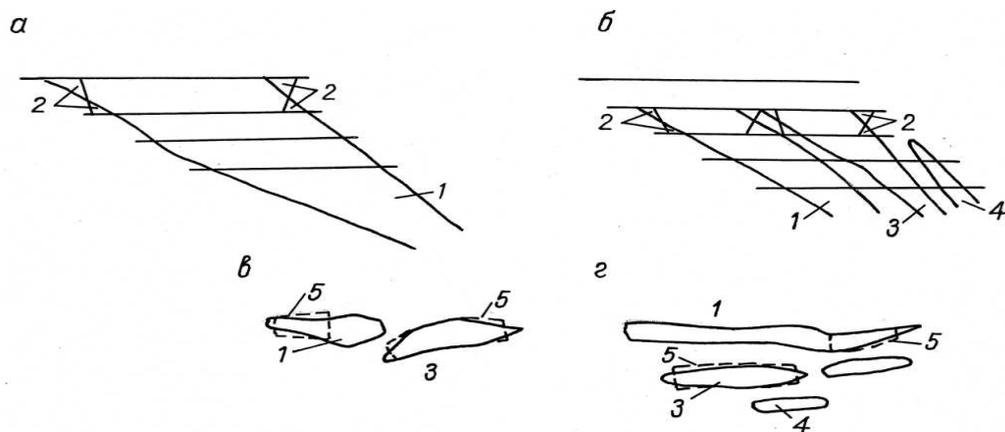


Рис. 2. Схема залегания рудных тел пластообразной формы (а), группа тел (типа месторождения «Коашва») (б) и в плане (в, г): 1 – рудное тело; 2 – треугольники потери руды и примешивания породы; 3, 4 – рудные тела; 5 – схема оконтуривания блока

тактов (делением на подступы) и более точным оконтуриванием блоков при снижении их длины (короткие блоки). Применение этих методов может помочь снизить потери руды и разубоживание в 1,5–2 раза.

Другим аспектом проблемы является стремление на всех месторождениях применения в основном автомобильного транспорта при доставке руды и вскрыши на поверхность, что уже привело к значительным эксплуатационным затратам, близким за 15 лет к стоимости комплекса ЦПТ при его своевременном внедрении. Предлагается применение ЦПТ на Коашвинском карьере, месторождении Олений Ручей и при отработке бокового рудного тела на Центральном руднике ОАО «Апатит», что позволит резко снизить затраты на транспорт руды и вскрыши и, таким образом, повысить эффективность горных работ в карьерах.

Важным аспектом повышения эффективности разработки месторождений (особенно Коашвинского) является обоснованное определение эксплуатационного коэффициента вскрыши, поскольку неправильная ориентация отработки месторождения («малый» карьер с отметкой дна -80 м) привела к значительным текущим коэффициентам вскрыши, в результате себестоимость разработки 1 т руды приблизилась к её значению при подземном способе, что исключается при разработке месторождений очередями (при более крутом угле рабочего борта – 18–20° и более).

Требует решения проблема вскрытия глубоких горизонтов карьеров, поскольку глубина некоторых из них может достигать 1000 м (в том числе карьеров алмазных и золоторудных), а схемы вскрытия их в проектах разработаны недостаточно полно и правильно.

ГЛАВ

Коротко об авторе

Еремин Г.М. – научный сотрудник, кандидат технических наук, Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук,
E-mail: bugasha@goi.kolasc.net.ru