

УДК 622.271

**В.В. Рыбин, Н.О. Губинский**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЙТИНГА МАССИВА ГОРНЫХ  
ПОРОД ПО КЛАССИФИКАЦИИ Д. ЛОБШИРА  
ДЛЯ УСЛОВИЙ КАРЬЕРОВ ОАО «АПАТИТ» \***

*Описана методика определения рейтинга массива горных пород при помощи классификации профессора Д. Лобшира. Произведено определение рейтинга массива горных пород для условий карьеров «Ньюкпахк» и «Центральный» ОАО «Апатит». Показано, что горные породы месторождений «Ньюкпахк» и «Плато Расвумчорр» относятся ко 2 классу и имеют хорошую устойчивость. На основании проведенных расчетов даны предварительные оценочные рекомендации по выбору углов откосов нерабочих бортов рассматриваемых карьеров.*

*Ключевые слова: геомеханическая классификация Д. Лобшира (MRMR), карьеры ОАО «Апатит», углы откосов бортов карьеров.*

**Б**ольшое распространение при проектировании горных работ получили рейтинговые классификации скальных массивов (системы оценки качества геологической среды). Рейтинговые классификации широко используются при проектировании различных объектов в различных странах дальнего зарубежья. В последнее время и в нашей стране подобные классификации учитываются при выборе параметров систем разработки месторождений полезных ископаемых и подземном строительстве.

Разработкой геомеханических классификаций занимались такие ученые как М.М. Протодяконов (коэффициент крепости —  $f$ ) [1], Н.С. Бульчев (классификация пород по устойчивости —  $S$ ) [2], Д. Дир (Rock Quality Designation) [3], Л. Мюллер и Д. Франклин (классификация скальных массивов) [4], К. Терцаги (классификация для туннелей) [5], Р. Лин,

Д. Ланди и Н. Бартон (Quality) [6], З. Бенявский (Rock Mass Rating) [7], М. Романа (Slope Mass Rating) [8], Д. Лобшир (Mining Rock Mass Rating) [9], А. Хайнс, П. Тербрюгге [10] и др. Практически все вышеперечисленные геомеханические классификации созданы для принятия проектных решений при строительстве подземных и наземных сооружений. В связи с этим возникла необходимость в разработке специальной классификации, адаптированной к горнодобывающей промышленности.

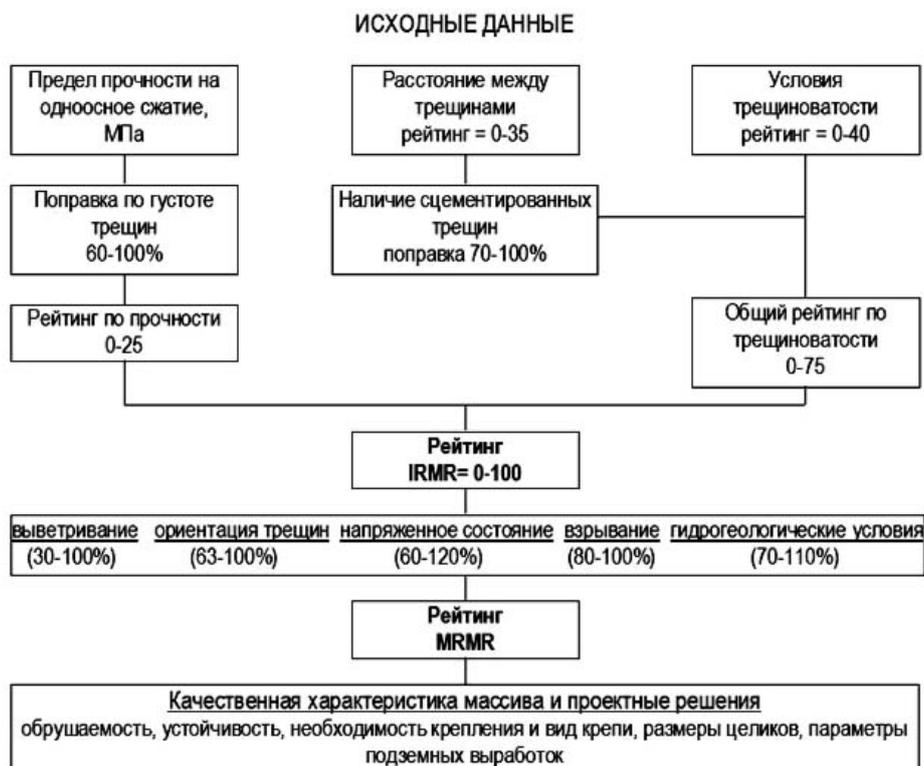
На сегодняшний день наиболее адаптированной для условий горного производства представляется геомеханическая классификация проф. Д. Лобшира MRMR (Mining Rock Mass Rating) [11, 12]. Данная классификация позволяет не только эффективно подбирать типы и параметры крепления выработок, но и определять степень обрушаемости пород, параметры кон-

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 09-05-12064).

Таблица 1

**Классификация пород по методике Д. Лобшира**

Класс/рейтинг MRMR	5/5—20	4/21—40	3/41—60	2/61—80	1/81—100
Устойчивость (обрушаемость) пород	Очень высокая (очень плохая)	Высокая (низкая)	Средняя (средняя)	Низкая (высокая)	Очень низкая (очень высокая)



**Рис. 1. Блок-схема к процессу определения рейтингового показателя MRMR [12]**

структивных элементов систем с обрушением, ориентировочно определять углы откосов бортов карьеров на основе накопленного опыта в этой области.

В целом процесс определения рейтинга массива по данной классификации можно представить в виде следующей блок-схемы (рис. 1).

Как видно из блок-схемы, рейтинг MRMR получается из суммы частных рейтингов (IRMR), учитывающих прочностные характеристики массива, ко-

личественные и качественные характеристики трещиноватости. Сумма частных рейтингов (IRMR) в свою очередь домножается на поправочные коэффициенты, отражающие степень выветрелости пород, ориентацию трещин в массиве, параметры напряженного состояния, гидрогеологические условия и др.

Величину рейтинга MRMR можно выразить формулой:

$$MRMR = IRMR \times k;$$

$$IRMR = R_{RBS} + J_S + J_C,$$

где  $IRMR$  — рейтинг нетронутого массива горных пород (Intact Rock Mass Rating);  $R_{RBS}$  — рейтинг прочности породного блока;  $J_S$  — рейтинг по количеству трещин;  $J_C$  — рейтинг условий трещиноватости;  $k$  — коэффициенты, учитывающие выветривание, ориентацию трещин, напряжения в массиве, применяемые методы отбойки, наличие подземных водопритоков.

В табл. 1. приведена классификация пород по устойчивости согласно методике Д. Лобшира.

Произведем определение рейтинга массивов горных для условий карьеров Восточного (Ньюкпахкский участок) и Центрального рудников ОАО «Апатит», ведущих отработку Хибинских апатит-нефелиновых месторождений Ньюкпахк и Плато Расвумчорр, соответственно.

Инженерно-геологическое районирование данных месторождений выполнено сотрудниками Геологического института КНЦ РАН Жировым Д.В. и Шпаченко А.К. [13, 14].

Данное районирование проведено с учётом двух основных факторов:

- различия выделяемых участков и зон по структурно-вещественным параметрам;
- различия по характеристикам структурной неоднородности и степени нарушенности массива пород, в том числе по параметрам трещиноватости.

По структурно-вещественному признаку выделены следующие литотипы:

- литотип I — «Руды».
- литотип II — «Ийолиты гнейсовидные».
- литотип III — «Массивные вмещающие породы: рисчорриты, уртиты, ювиты и др.».

При проведении районирования по характеристикам структурной нарушенности учитывались неоднородности в строении и распределении по массиву пород таких элементов, как:

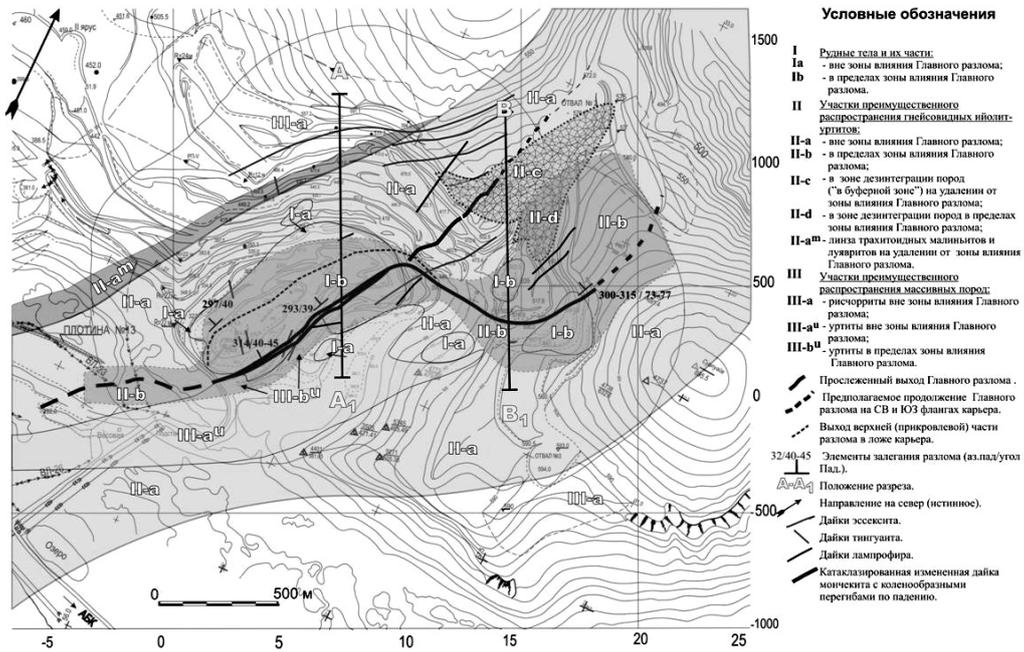
- дизъюнктивы и трещиноватость, их линейные и ориентированные параметры;
- крутопадающие и наклонные дайки, гидротермальные жилы, зоны гипергенных изменений и разуплотнений пород и другие значимые структурные элементы и нарушения однородности массива пород.

В результате проведенных исследований в пределах Ньюкпахкского и Центрального карьеров выделено по 10 основных инженерно-геологических зон. На рис. 2 представлена схема инженерно-геологического районирования Ньюкпахкского карьера, а на рис. 3 — карьера рудника Центральный.

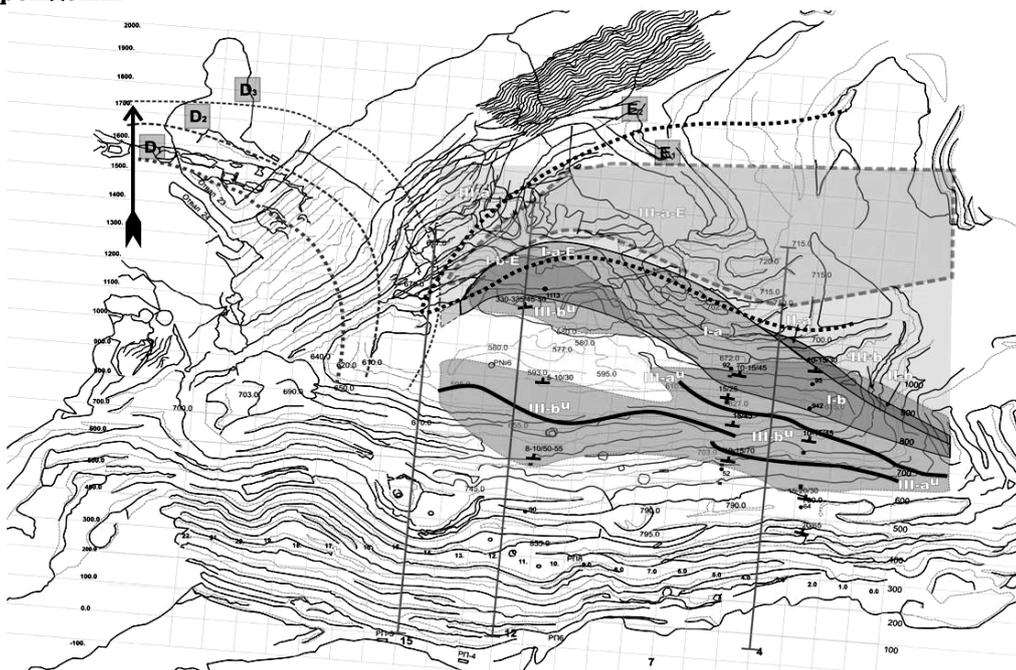
Расчет рейтинга MRMR выполнен для всех инженерно-геологических зон. Результаты расчётов рейтинга MRMR для условий Ньюкпахкского и Центрального карьеров сведены в табл. 2.

Как видно из результатов расчетов, горные породы месторождений Ньюкпахк и Плато Расвумчорр принадлежат ко второму классу и имеют хорошую устойчивость (плохую обрушаемость), за исключением пород зоны I-a-e (карьер Центрального рудника), принадлежащих к третьему классу и имеющим среднюю устойчивость (среднюю обрушаемость).

Помимо рекомендаций по выбору конструктивных параметров подземных систем разработки с обрушением, определению гидравлического радиуса, типа и параметров крепления горных выработок, пролетов камер проф. Д. Лобширом были разработаны рекомендации по выбору приблизительных



**Рис. 2. Схема инженерно-геологического районирования Ньоркпахкского месторождения**



**Рис. 3. Схема инженерно-геологического районирования месторождения «Плато Расвумчорр» (Центральный рудник)**

Таблица 3

**Приблизительные значения углов откосов бортов карьеров в соответствии с классом горных пород по Лобширу**

Класс пород	1	2	3	4	5
Угол откоса борта карьера	75°	65°	55°	45°	35°

Таблица 4

**Приблизительные значения углов откосов бортов карьеров в соответствии с значением рейтинга MRMR (по А. Хайнсу и П. Тербрюгге)**

Рейтинг MRMR	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Угол откоса борта карьера	>75°	75°	70°	65°	60°	55°	50°	45°	40°	35°	<35°

значений углов откосов бортов карьеров на основе рассчитанного рейтинга MRMR [9]. Данные рекомендации представлены в табл. 3.

А. Хайнс и П. Тербрюгге на основе опыта исследований различных карьеров в Африке и Южной Америке дополнили эти рекомендации (см. табл. 4) [10].

На основе рассчитанного рейтинга MRMR горных пород месторождений Ньюкпахк и Плато Расвумчорр для карьеров, обрабатывающих данные месторождения, можно в первом приближении рекомендовать к рассмотрению углы откосов нерабочих бортов равные 60°—65°.

В дальнейшем при определении конструктивных параметров бортов карьеров на конечном контуре необходимо учитывать возможное влияние на их устойчивость крупных структурных нарушений, залегающих в прибортовых массивах и

параметры напряженно-деформированного состояния геологической среды, что возможно на основе уточнения исходных инженерно-геологических моделей и геомеханического мониторинга.

В целом, рекомендованные на основе рейтинга MRMR углы откосов бортов карьеров соответствуют потенциальной несущей способности скальных тектонически напряженных массивов горных пород [15, 16].

Применение рейтинговых классификаций скальных массивов (систем оценки качества геологической среды) представляется перспективным, поскольку использование систем оценки качества геологической среды вкупе с расчетными методами и методами численного моделирования позволяет более обосновано подойти к выбору конструктивных параметров систем открытой разработки.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. – Л.: Недра, 1967, 288 с.
2. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений. — М., Недра, 1982. 270 с.
3. Deere D.U. & Deere D.W. (1988). The RQD index in practice. Proc. Symp. Rock

Class. Engineering Purposes, ASTM Special Technical Publications 984, Philadelphia. pp. 91—101.

4. Franklin J.A., Broch E. and Walton G.: Logging the mechanical character of rock — Transact. Inst. Min. Metall. Sect. A. 80, A1 — A9, 1971.

5. *Terzaghi K.* (1965). Sources of error in joint surveys. *Geotechnique*. (15). publ. The Institution of Civil Engineers, London. pp. 287—304.
6. *Barton, N., Lien, R. and Lunde, J.*, 1974. Engineering classification of rock masses for the design of rock support. *Rock Mechanics* 6, 1974, p. 189-236.
7. *Bieniawski Z.T.*, 1989. Engineering rock mass classifications. John Wiley & Sons, New York, 251 p.
8. *Romana M.* (1985). New adjustment rating for application of the Bieniawski classification to slopes. *Proc. Int. Symp. Rock Mechanics Mining Civ. Works. ISRM, Zacatecas, Mexico*. p 59—63.
9. *Laubscher D.H.* (1990). A geomechanics classification system for rating of rock mass in mine design. *Journal South African Inst. of Mining and Metallurgy*. 90, No. 10, p. 257—273.
10. *Haines A. & Terbrugge P.J.* (1991). Preliminary estimation of rock slope stability using rock mass classification systems. *Proc. 7th Cong. on Rock Mechanics. ISRM. Aachen, Germany*. 2, ed. Wittke W. publ. Balkema, Rotterdam. p. 887—892.
11. *Jacubec J., Laubscher D.H.* The MRMR rock mass rating classification system in mining practice. *Brisbane*, 413—421 p., 2000.
12. *Laubscher D.H., Jacubec J.* The MRMR Rock Mass Classification for jointed rock masses. *Foundations for Design. Brisbane*, 475-481 p., 2000.
13. *Жиров Д.В., Рыбин В.В., Шпаченко А.К.* Эволюция хрупких деформаций массива пород Ньоркпахкского месторождения апатит-нефелиновых руд по результатам документации и анализа трещиноватости // Тез. Докл. Всероссийской Конференции «Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле. К 40-летию создания М.В. Гзовским лаборатории тектонофизики в ИФЗ РАН», 13-17 октября 2008 г., том 2, ИФЗ РАН, М., 2008. — С. 124—127.
14. Козырев А.А., Рыбин В.В., Решетняк С.П., Каспарьян Э.В., Фокин В.А., Билин А.Л., Жиров Д.В., Шпаченко А.К. *Общая методология оптимизации конструкций бортов карьеров в массивах скальных тектонически-напряженных пород* // Научное обеспечение развития технобиосферы Заполярья: база знаний и пакет инновационных предложений, раздел «База знаний» (мультимедийный информационный диск) / РФФИ — Мурманская область «СЕВЕР-2006». — Апатиты, КНЦ РАН, 2006. — С. 161—171.
15. Козырев А.А., Решетняк С.П., Каспарьян Э.В., Рыбин В.В., Кампель Ф.Б. *Обоснование рациональной конструкции конечного борта карьера рудника «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК»* // Горный информационно-аналитический бюллетень, № 3, 2004. — С. 243—250.
16. Мельников Н.Н., Козырев А.А., Решетняк С.П., Каспарьян Э.В., Рыбин В.В., Свинин В.С., Рыжков А.Н. *Концепция формирования нерабочих бортов глубоких карьеров Кольского Заполярья* // Горный журнал, 2004, № 9. С. 45—50. **ПДАБ**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Рыбин В.В.* — кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории геомеханики, e-mail: rybin@goi.kolasc.net.ru.

*Губинский Н.О.* — младший научный сотрудник лаборатории геомеханики, e-mail: gubnikita@yandex.ru.  
Горный институт КНЦ РАН.

