

УДК 622.271.3

А.С. Калюжный

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАРУШЕННОСТИ
ПРИКОНТУРНОГО МАССИВА НА КРУПНЫХ
РУДНЫХ КАРЬЕРАХ КОЛЬСКОГО РЕГИОНА***

Приведены результаты измерений нарушенной зоны для карьеров: рудника «Железный» АО «Ковдорский ГОК», Восточного и Центрального рудников АО «Апатит», рудника «Олений ручей» АО «Северо-западная фосфорная компания». Проведен анализ имеющихся данных, сделана сравнительная оценка мощности нарушенной зоны и интенсивности трещиноватости ненарушенного массива для перечисленных карьеров.

Ключевые слова: техногенная нарушенность, нарушенная зона, трещиноватость, деструкция, геофизические методы исследований.

В соответствии с концепцией геомеханического обоснования рациональных конструкций бортов карьеров в скальных тектонически напряжённых массивах, разработанной в Горном институте КНЦ РАН, одним из важнейших условий сохранения устойчивости карьерных откосов является минимизация разрушения законтурного массива пород, которое достигается, прежде всего, применением шадящих технологий взрывания [1, 2]. Показателем степени разрушения законтурного массива пород является мощность нарушенной зоны. В данной работе сделана попытка проанализировать многочисленные результаты определения мощности нарушенной зоны с использованием различных методов на некоторых карьерах Кольского региона.

Исследования по изучению законтурного массива проводились в карьерах: рудника «Железный» АО «Ковдорский ГОК», Восточном и Центральном рудниках АО «Апатит», руднике «Олений ручей» АО «Северо-западная фосфорная компания». На каждом из этих объектов по инициативе и при участии Горного института КНЦ РАН были организованы опытно-промышленные участки (ОПУ) в пределах которых отрабатывались элементы новых технологий постановки участков бортов карьеров на конечный контур [1, 3].

* Исследования выполнены в рамках гранта по приоритетному направлению деятельности РФ «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» № 14-17-00751.

Таблица 1

Сводные данные о нарушенности законтурного массива пород по данным исследований комплексом методов [4]

ИГС	Дата	Мощность наруш. зоны	Ср. Мощ-ность наруш. зоны	Кол-во трещин	Интенсивность трещ-ти в ненаруш. зоне
№	год	м	м	шт.	шт/м
1	2005, 2007, 2008	3, 3, 2, 3, 0, 1.75, 0	2	13, 6, 9, 7	0,8
2	2000, 2005, 2014	3, 3, 5	4	3, 23	0,6
3	2000, 2009, 2010	8, 4, 3	5	11, 3	0,8
4	2010, 2011, 2014	0, 2, 4, 0, 4, 2	2	0, 5, 9, 0	0,9
5	2001, 2003, 2005, 2011	5, 4, 3, 4	4	16, 10, 8	1,7
6	2011, 2012, 2014	2, 4, 3, 7, 1	4	12, 9, 13, 21, 3	0,4
7	2012, 2013, 2014	5, 4, 1, 4, 3, 1, 3.8	3	13, 9, 3, 13	1,2
8	2009	3, 0, 4, 0	2	11, 0	2,5

Для карьера рудника «Железный» АО «Ковдорский ГОК» за последние 15 лет выполнен большой объем работ по изучению геомеханического состояния прибортового массива пород [4, 5]. Основные параметры нарушенной зоны приведены в табл. 1.

Наблюдательные станции, в которых проводились исследования, представляют собой субгоризонтальную или наклонную скважину или ряд скважин, расположенных на сопряжении бермы с откосом или на самом откосе уступа.

Следует отметить, что исследуемые скважины, в которых проводился замер нарушенности, располагались в различных участках борта карьера поставленных в конечное положение с применением различных технологий шадящего взрывания, с различными физико-механическими свойствами. Однако некоторые закономерности выделить все же можно.

Изучение нарушенного состояния массива пород проводилось с помощью ультразвукового каротажа, телевизионной съемки стволов скважины, сейсмотомографии. Помимо этого проводилось исследование керна, полученного в результате бурения исследовательских скважин.

Из анализа данных табл. 1, в которой обобщены результаты исследований нарушенности законтурного массива пород, видно, что средняя мощность нарушенной зоны изменяется от 2 до 5 м.

Для участков 2, 3, 5, 6 средняя мощность этой зоны составляет 4—5 м, для участков 1, 4, 7, 8 – от 2 до 3 м.

Высокая природная интенсивность трещиноватости для ненарушенного массива наблюдается на участках 5 и 8, здесь она составляет 1.7 шт/м и 2.5 шт/м соответственно. Для остальных участков она изменяет от 0.4 до 1.2 шт/м.

Для Ньюкпахкского карьера Восточного рудника АО «Апатит» исследования проводились в горизонтальных скважинах на горизонтах +500 м, +470 м и +440 м в период с 2002 по 2005 г. г. [6]. В этих же скважинах ранее проводились исследования напряженного состояния массива пород методом разгрузки. Полученные данные обобщены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что мощность нарушенной зоны в пределах опытно-промышленного участка Ньюкпахкского карьера изменяется от 3 до 4.5 м.

Так же установлено, что средняя интенсивность трещиноватости в ненарушенной зоне – 1.5 шт/м.

На карьере Центрального рудника АО «Апатит» (Карьер Центрального рудника АО «Апатит» в настоящее время является участком открытых горных работ Расвумчоррского рудника) исследования проводились с 2003 по 2005 г. [6]. В этот период выполнены исследования в трех горизонтальных скважинах на горизонтах +610 м, +595 м и +580 м. Полученные данные по нарушенному состоянию массива пород приведены в табл. 3.

Таблица 2

Сводные данные исследований нарушенной зоны в горизонтальных скважинах Ньюкпахкского карьера Восточного рудника ОАО «Апатит»

Абсолютная отметка измерительной станции, год измерений	Глубина (средн.) расположен. изм. станции от первоначальн. рельефа H_{cp} , м	Горные породы (в верхней части геол. колонки)	Глубина исследований от устья скважины, м	Мощность нарушенной зоны, м	Примечания
+500 м; 2002 г.	200	Рисчорриты, ийолитуртиты	13	3.0 – 4.5	Нарушенная зона чётко не выделяется
+470 м; 2003 г.	230	- // -	17	3	
+440 м; 2004 г.	260	- // -	16	3	

Таблица 3

Сводные данные исследований нарушенной зоны в горизонтальных скважинах карьера Центрального рудника ОАО «Апатит»

Абсолютная отметка измерительной станции, год измерений	Глубина (средн.) расположен. изм. станции от первоначальн. рельефа H_{cp} , м	Горные породы (в верхней части геол. колонки)	Глубина исследования от устья скважины, м	Мощность нарушенной зоны, м	Примечания
+610 м; 2003 г.	290	Рисчорриты, ий-олитуртиты	36	-	Нарушенная зона чётко не выделяется
+595 м; 2004 г.	305	- // -	36	4–5	
+580 м; 2005 г.	320	- // -	28	6–12	Нарушенная зона чётко не выделяется

Из табл. 3 видно, что мощность нарушенной зоны в пределах опытно-промышленного участка карьера Центрального рудника находится в диапазоне 4–12 м.

Средняя интенсивность трещиноватости в ненарушенной зоне – 1.6 шт/м.

Необходимо отметить, что опытно-промышленный участок карьера Центрального рудника находился в рабочей зоне, где еще не были сформированы уступы конечного контура. В таких условиях мощность нарушенной зоны была сильно завышена (до 12м).

Для карьера месторождения «Олений ручей» АО «Северо-Западная Фосфорная Компания» исследования нарушенной зоны проводились в 2014 году в горизонтальных и наклонных скважинах на гор. +360 м и +390 м [3]. Так же выполнялись визуальные наблюдения за данным участком на протяжении 2012–2015 гг. В результате проведенных работ построена схема распределения техногенной деструкции (рис. 1 (см. Приложение, с. 448)).

Красным цветом обозначены области, в которых горные породы в большей своей степени дезинтегрированы. Мощность этих областей в районе сопряжения откоса уступа с бермой изменяется от 1 до 3 м, а при удалении в сторону очистного пространства – 2÷13 м, что подтверждается визуальными обследованиями поверхности уступов, проведенными в периоды полевых работ. Желтая зона – нарушенная зона техногенного воздействия. Мощность этой зоны с учетом погрешности определения, как по геологическим данным, так и по данным скважинной геофизики составляет 2÷4 м.

Таблица 4

Сводные данные средней мощности нарушенной зоны и интенсивности трещиноватости в ненарушенной зоне для различных карьеров Кольского региона

Объект	Ср. мощность нарушенной зоны, м	Интенсивность трещиноватости в ненаруш. зоне, шт/м	Примечания
Карьер «Олений ручей» АО «СЗФК»	3	до 2	
Карьер рудника «Железный» АО «Ковдорский ГОК»	3	0,4 — 2,5	
Ньюоркпахкский карьер АО «Апатит»	4	1,5	Единичные измерения
Карьер Центральный АО «Апатит»	8	1,6	Единичные измерения

Интенсивность трещиноватости в ненарушенной зоне – до 2 шт/м.

Общий анализ и основные выводы

Для более наглядного анализа средние показатели мощности нарушенной зоны и интенсивности трещиноватости в ненарушенной зоне обобщены в табл. 4.

Анализируя данные табл. 4 видно, что средняя мощность нарушенной зоны у карьера Центральный рудника АО «Апатит» самая большая — 8 м. Данный показатель завышен вследствие того, что скважины, в которых проводились исследования, находились в рабочей зоне карьера, где конечный контур на момент измерений еще не был сформирован. Минимальное же значение мощности нарушенной зоны наблюдается в исследуемых скважинах карьеров рудника «Железный» АО «Ковдорский ГОК» и «Олений ручей» АО «Северо-западная фосфорная компания», где ее среднее значение составляет 3 м. Данное обстоятельство объясняется тем, что на карьере рудника «Железный» на протяжении многих лет постоянно развивается система формирования уступов с предварительным шелеобразованием и специальными средствами взрывания. Подобная технология была применена и на опытно-промышленном участке карьера «Олений ручей». В основном же средняя мощность нарушенной зоны для Ковдорского, Ньюоркпахского, Центрального карьеров и карьера «Олений ручей» составляет от 3 до 4 метров. Тем не менее, показатель мощности нарушенной зоны для исключения крупных вывалов с поверхности откосов уступов необходимо

уменьшить до 1 м, т.к. более мелкие отдельные блоки могут быть защищены специальными средствами. Интенсивность трещиноватости в ненарушенной зоне примерно одинаковая и в среднем составляет 1,5 шт/м.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- при существующей технологии открытых горных работ средняя мощность нарушенной зоны на уступах составляет 3–4 м;
- интенсивность трещиноватости в ненарушенной зоне составляет 0,4 – 2,5 шт/м;
- для исключения крупных вывалов необходимо уменьшить мощность нарушенной зоны до 1 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников Н.Н., Козырев А.А., Решетняк С.П., Каспарьян Э.В., Рыбин В.В., Мелик-Гайказов И.В., Свинин В.С., Рыжков А.Н. Концептуальные основы оптимизации конструкции бортов карьеров Кольского полуострова в конечном положении // Труды 8-го международного симпозиума «Горное дело в Арктике» (под ред. Н.Н. Мельникова, С.П. Решетняка). Апатиты. Мурманская область. Россия. 20–23 июня 2005 г. – Санкт-Петербург: изд. «Типография Иван Фёдоров», — 2005. — с. 2–14.

2. Фокин В.А., Тарасов Г.Е., Тогунов М.Б., Данилкин А.А., Шитов Ю.А. Совершенствование технологии буровзрывных работ на предельном контуре карьеров. – Апатиты 2008. – 224 с.

3. Рыбин В.В., Калужный А.С. Константинов К.Н., Старцев Ю.А., Потапов Д.А., Панин В.И. Результаты определения параметров деструкции борта карьера комплексом геофизических методов // Горн. информ. — аналит. бюл. – 2015. – №4.. – С. 113–118.

4. Козырев А.А., Рыбин В.В., Константинов К.Н. Оценка геомеханического состояния законтурного массива горных пород в борту карьера комплексом инструментальных методов //Горн. информ. — анал. бюл. – 2012. – № 10. – С.113–119.

5. Панин В.И., Рыбин В.В., Константинов К.Н., Старцев Ю.А., Данилкин А.А., Кожуховский А.В. Контроль геомеханической ситуации в борту карьера геофизическими методами // Горн. информ. — аналит. бюл. – 2013. – № 4. – С. 279–285.

6. Тимофеев В.В., Шкуратник В.Л., Ермолин А.А., Рыбин В.В., Константинов К.Н. Телевизионный мониторинг скважин на рудниках Кольского полуострова //Горн. информ. — аналит. бюл. – 2009. — № 2. – С. 76–84. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Калужный Антон Сергеевич – младший научный сотрудник, Горный институт Кольского научного центра РАН, anton26@goi.kolasc.net.ru.



UDC 622.271.3

**STUDY OF MINING-INDUCED FRACTURING OF NEAR-CONTOUR ROCK MASS
IN LARGE ORE OPEN-PITS OF THE KOLA REGION**

Kaluzhny A.S., junior researcher, Mining Institute of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, anton26@goi.kolasc.net.ru, Russia.

The paper presents measurement results of a fractured zone for open-pits located at the Zhelezny mine (JSC Kovdorsky GOK), Vostochny and Tsentralny mines (JSC Apatit), and Oleny Ruchey mine (JSC NWPC). The data available have been analyzed; thickness of the fractured zones and intensity of fracturing in untouched rock mass have been comparatively estimated.

Key words: mining-induced fracturing, fractured zone, destruction, geophysical research methods.

REFERENCES

1. Mel'nikov N.N., Kozyrev A.A., Reshetnjak S.P., Kaspar'jan Je.V., Rybin V.V., Melik-Gajkazov I.V., Svinin V.S., Ryzhkov A.N. *Konceptual'nye osnovy optimizacii konstrukcii bortov kar'erov Kol'skogo poluostrova v konechnom polozenii* (Conceptual foundations of optimization of construction of pit walls of the Kola Peninsula in the end position) // Trudy 8-go mezhdunarodnogo simpoziuma «Gornoe delo v Arktike» (pod red. N.N. Mel'nikova, S.P. Reshetnjaka). Apatity. Murmanskaja oblast'. Rossija. 20–23 iyunja 2005. Sankt-Peterburg: izd. «Tipografija Ivan Fjodorov», 2005. pp. 2–14.
2. Fokin V.A., Tarasov G.E., Togunov M.B., Danilkin A.A., Shitov Ju.A. *Sovershenstvovanie tehnologii burovzryvnyh rabot na predel'nom konture kar'erov* (Improving the technology of blasting at the limit contour of the quarry). Apatity 2008. 224 p.
3. Rybin V.V., Kaluzhnyj A.S., Konstantinov K.N., Starcev Ju.A., Potapov D.A., Panin V.I. *Rezultaty opredelenija parametrov destrucii borta kar'era kompleksom geofizicheskikh metodov* (Results of determination of parameters of the destruction of a pit complex of geophysical methods) // Gorn. inform.-analit. bjul. 2015. No 4. pp. 113–118.
4. Kozyrev A.A., Rybin V.V., Konstantinov K.N. *Ocenka geomechanicheskogo sostojanija zakonturnogo massiva gornyh porod v bortu kar'era kompleksom instrumental'nyh metodov* (Konstantinov. Assessment of geomechanical state of the edge of the rock massif in the mine complex instrumental methods) // Gorn. inform.-anal. bjul. 2012. No 10. – pp.113–119.
5. Panin V.I., Rybin V.V., Konstantinov K.N., Starcev Ju.A., Danilkin A.A., Kozhuhovskij A.V. *Kontrol' geomechanicheskoy situacii v bortu kar'era geofizicheskimi metodami* (Monitoring of geomechanical situation in the open pit by geophysical methods) // Gorn. inform.-analit. bjul. 2013. No 4. pp. 279–285.
6. Timofeev V.V., Shkuratnik V.L., Ermolin A.A., Rybin V.V., Konstantinov K.N. *Televizionnyj monitoring skvazhin na rudnikah Kol'skogo poluostrova* (Television monitoring wells on the Kola Peninsula mines) // Gorn. inform.-analit. bjul. 2009. No 2. pp. 76–84.