

# Сдвигение горных пород в районах тектонических разломов. Мероприятия по ведению горных работ и управлению горным давлением в районе Норильско-Хараелахского разлома

С.Г. Кириллов✉, З.Г. Уфатова, И.Ф. Хрущев, К.А. Баширов

Норильский государственный индустриальный институт, г. Норильск, Российская Федерация  
✉postanovshik@bk.ru

**Резюме:** В статье описано состояние горного массива в границах горного отвода рудника «Скалистый». Установлено, что рудопородный массив в поле рудника, сохраняя удароопасность, обладает повышенной подвижностью в зоне влияния Норильско-Хараелахского разлома и связанной с этим высокой способностью к разрушениям в виде обрушений пород кровли. По результатам наблюдений по подземным профильным линиям сделан вывод, что сдвигение находится в начальной стадии. При этом максимальные оседания центральной части по профильной линии примерно в 3 раза выше (до 35 мм), чем на остальных участках. Это обусловлено непосредственным примыканием данной зоны к Норильско-Хараелахского разлома. Оценка степени удароопасности массива с помощью прибора «Прогноз-2», проводившаяся силами участков прогнозирования и предотвращения горных ударов рудника и Норильскшахтстроя, во всех случаях показала категорию удароопасности «Неопасно». Однако при развитии горных работ в сторону Норильско-Хараелахского разлома возможно ухудшение состояния горных выработок. Это может проявляться в виде отслоения кусков горной массы в боках передовых выработок защитного слоя в породах сильной и весьма сильной нарушенности. Кроме того, капитальные выработки, являющиеся одними из самых важных объектов на горизонте ведения очистных работ, эксплуатация которых будет осуществляться до конца отработки участка залежи, примыкающей к Норильско-Хараелахского разлома, будут поддерживаться в постепенно усложняющихся условиях. В статье описаны рекомендации по ведению горных работ в районе разлома с учетом сложившейся горно-геомеханической обстановки и перспективой её изменения.

**Ключевые слова:** горное дело, рудная залежь, Норильско-Хараелахский разлом, горное давление, тектоника, разлом, охрана подрабатываемых объектов, разгрузка, фронт очистных работ, зона опорного давления, нарушенность пород

**Для цитирования:** Кириллов С.Г., Уфатова З.Г., Хрущев И.Ф., Баширов К.А. Сдвигение горных пород в районах тектонических разломов. Мероприятия по ведению горных работ и управлению горным давлением в районе Норильско-Хараелахского разлома. *Горная промышленность*. 2020;(6):148–151. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-6-148-151.

## Rock Movement in Tectonic Zones. Mining Activities and Rock Pressure Management in the Norilsk-Kharaelakh Fault Area

S.G. Kirillov✉, Z.G. Ufatova, I.F. Khrushchev, K.A. Bashirov

Norilsk State Industrial Institute, Norilsk, Russian Federation  
✉postanovshik@bk.ru

**Abstract:** The article describes the rock mass state within the boundaries of the Skalistiy mining allotment. The ore mass within the mine field was found to preserve its rock-bump hazard and show high mobility in the impact zone of the Norilsk-Kharaelakh Fault and the associated high failure potential manifested as roof cavings. Based on the monitoring results along underground profile lines, it was concluded that the displacement process is currently at its initial stage. Moreover, the maximum subsidence in the central part of the profile line is about 3 times higher (up to 35 mm) than in other areas. This is caused by immediate proximity of this zone to the Norilsk-Kharaelakh Fault. Assessment of the bump hazard level of this rock mass with the help of the Prognoz-2 instrument that was performed by the rock-bump forecasting and control teams of the mine and the Norilskshakhtstroy company, showed the 'Not Hazardous' category in all cases. However, the progress of mining operations towards the Norilsk-Kharaelakh Fault may lead to deterioration in the condition of mine workings. This can be manifested through rock exfoliation from the walls of the advance workings of the safety layer in highly and extremely faulted rocks. In addition, permanent workings, which are one of the most critical structures of the production level and which will be used until the development of the deposit area adjacent to the Norilsk-Kharaelakh Fault is completed, will be maintained in increasingly difficult conditions. The article describes recommendations for mining operations in the fault area with account for the current mining and geomechanical situation and the potential for its change.

**Keywords:** mining, ore deposit, Norilsk-Kharaelakh Fault, rock pressure, tectonics, fault, protection of under-mined facilities, rock burst prevention, extraction front, bearing pressure zone, Rock Quality Designation

**For citation:** Kirillov S.G., Ufatova Z.G., Khrushchev I.F., Bashirov K.A. Rock Movement in Tectonic Zones. Mining Activities and Rock Pressure Management in the Norilsk-Kharaelakh Fault Area. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2020;(6):148–151. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-6-148-151.

## Введение

Под воздействием силы тяжести вышележащих слоев горных пород, а также вследствие тектонических процессов в земной толще, горный массив постоянно находится в напряженном, но статичном состоянии [1]. В результате достижения предельных величин напряжений в массиве горных пород возникают разрывы и разломы, то есть нарушается сплошность массива, и образуется трещиноватость [2], которая является важной структурной особенностью горных пород, определяющей величины параметров процесса сдвижения. При этом следует различать крупные тектонические трещины (разрывные нарушения) протяженностью на сотни метров и мелкую трещиноватость [3]. В процессе строительства горных выработок в массиве равновесное состояние пород нарушается, а также, в виду того, что в шахтном поле рудника «Скалистый» расположен крупный тектонический разлом, отработка залежи полезных ископаемых требует разработки дополнительных мероприятий направленных на управление горным давлением [4].

## Анализ горно-геомеханической обстановки поля рудника

Горный массив в границах горного отвода рудника «Скалистый», характеризуется сравнительно сильной нарушенностью интрузивных и осадочных пород, которая, как и напряженность массива, тесно связана с присутствием Норильско-Хараелахского разлома (НХР), являющегося крупной тектонической структурой регионального значения.

По ранее данному прогнозу<sup>1</sup> рудопородный массив в поле рудника «Скалистый», сохраняя удароопасность, обладает повышенной подвижностью в зоне влияния НХР и связанной с этим высокой способностью к разрушениям в виде обрушений пород кровли и отжима боков под действием статических нагрузок.

Анализ результатов наблюдений по подземным профильным линиям показал, что сдвижение находится в начальной стадии, при этом максимальные оседания центральной части по профильной линии на ВЗШ-2/3 (рис. 1) примерно в 3 раза выше (до 35 мм), чем на остальных участках. Это вполне закономерно, поскольку ВЗШ-2/3 расположен в створе с линией широтной разрезки над панелями 1–2 с наиболее развитыми пролетами подработки и непосредственно примыкает к НХР.

Наблюдениями на руднике установлен ряд случаев деформирования выработок, сопровождающихся нарушением крепи, чаще всего в виде отслоений набрызгбетона в боках выработки. Признаков динамических форм проявления горного давления в выработках не установлено.

Оценка степени удароопасности массива с помощью прибора «Прогноз-2», проводившаяся силами участков прогнозирования и предотвращения горных ударов (УПП-ГУ) рудника и Норильскшахтстроя, во всех случаях показала категорию удароопасности «Неопасно».

Проблема повышения эффективности поддержания очистных выработок и выработок подкровельного слоя при создании защитного перекрытия достаточно успешно решается за счет выбранных параметров систем разработки и профилактических мероприятий по разгрузке краевой зоны впереди очистных фронтов.

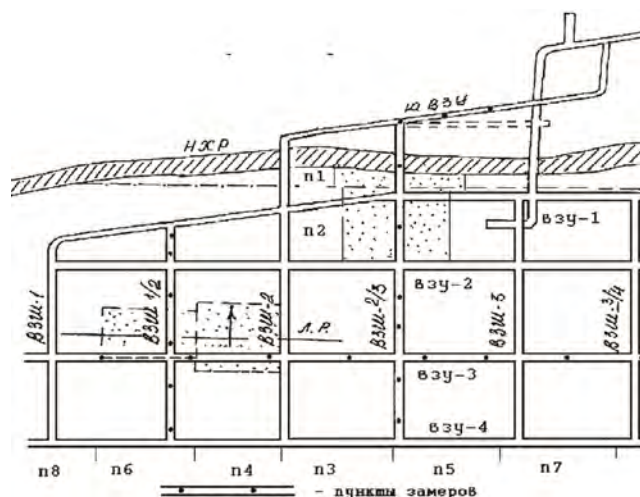


Рис. 1  
Расположение профильных линий на гор. – 680 м

Fig. 1  
Location of profile lines at the – 680 m Level

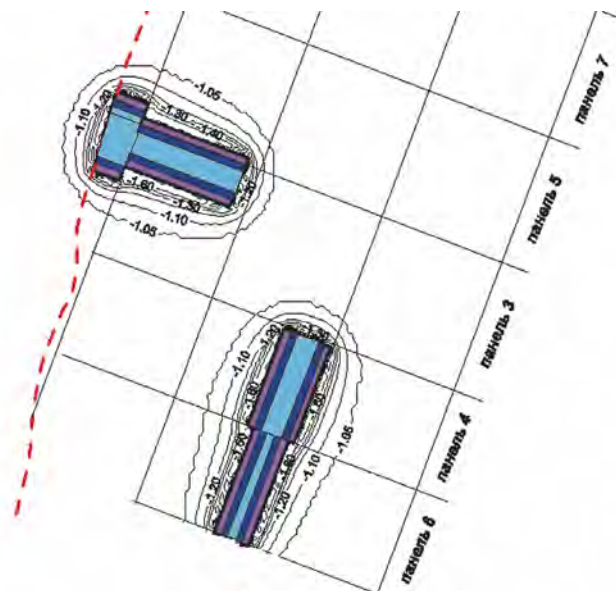


Рис. 2  
Прогнозная карта напряженного состояния массива впереди фронтов очистных работ

Fig. 2  
Predictive stress state map of the rock mass ahead of the extraction fronts

При увеличении пролетов выработанных пространств, влияния очистных работ на напряженное состояние массива впереди сближающихся широтного и меридионального фронтов по данным математического моделирования<sup>2</sup> не ожидается (рис. 2).

Зона повышенного горного давления впереди очистных забоев на уровне  $\sigma_3/\gamma H > 1,2$  распространится на расстояние не более 20 м.

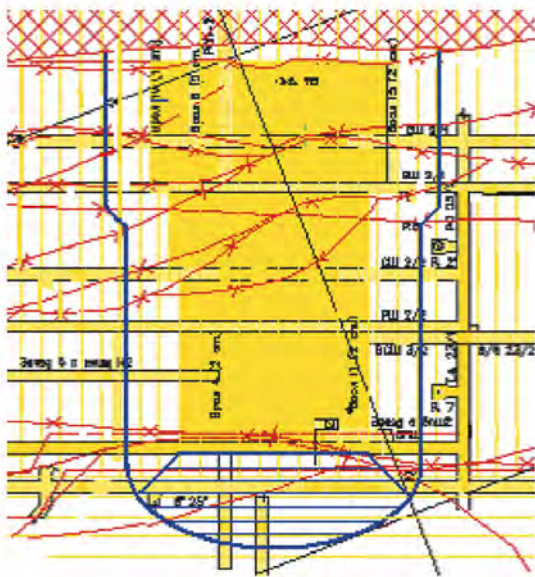
Вместе с тем возможно ухудшение состояния горных выработок в местах ведения горных работ, непосредственно примыкающих к НХР, вследствие резких пригрузок краевых зон впереди очистных работ за счет оседания блоков по активизируемым тектоническим нарушениям. Это может происходить в виде отслоения кусков горной массы

<sup>1</sup> Разработка рекомендаций по обеспечению устойчивости капитальных, разведочных, подготовительных, нарезных и очистных выработок на руднике «Скалистый». Этап 1.2. Выполнить анализ и оценку результатов исследований и разработать предварительные рекомендации по обеспечению устойчивости нарезных и очистных выработок на руднике «Скалистый». Отчет о НИР / ВНИМИ, рук. Смирнов В.А. (договор № ДН-218-03). СПб., 2003. 21с.

<sup>2</sup> Разработка рекомендаций по управлению геомеханическими процессами на рудниках «Скалистый» и «Комсомольский» с учетом блочного строения массива. Этап 2. Выполнить экспертную оценку геодинамической опасности отработки рудников «Скалистый» и «Комсомольский» с учетом геологических блоковых структур. Отчет о НИР / ВНИМИ, рук. Зубков В.В. (договор № ДН-026-04). СПб., 2005. 84 с.

в боках передовых выработок защитного слоя в породах сильной и весьма сильной нарушенности.

Кроме того, соединительный уклон (СУ), являющийся одним из самых важных объектов на горизонте ведения очистных работ (по плану развития очистных работ его эксплуатация предусмотрена до конца отработки первоочередного участка залежи С-1), в границах рабочих панелей будет поддерживаться в постепенно усложняющихся условиях. В наиболее сложных условиях будет находиться участок уклона, расположенный в торце панели 2, где формируется стационарная зона опорного давления (заштрихованная область на рис. 3) на фоне развитой тектонической нарушенности.



**Рис. 2**  
Формирование зон опорного давления вблизи очистных работ панелей 1–2

**Fig. 2**  
Formation of the bearing pressure zones near the Stopping Blocks 1 and 2

Результаты моделирования показали, что после оконтуривания предохранительного целика очистными работами панели 2 с запада в приконтурном массиве СУ появляются признаки деформирования пород в боках выработки<sup>3</sup>.

С течением времени процесс деформирования приконтурного массива продолжается за счет ползучести пород.

Анализ состояния горных работ и принятых проектных решений, геомеханической обстановки в целом по руднику позволяет сделать благоприятный прогноз.

**Рекомендации по развитию очистных работ и управлению горным давлением**

В сложившейся горно-геомеханической обстановке и с перспективой её изменения горные работы на первоочередном участке рудника рекомендуется вести в соответствии со следующими положениями.

1. Отработку богатых и «медистых» руд в панелях продолжать осуществлять по принятым системам разработки и порядкам выемки слоёв.
2. Выемку слоёв в восточном торце панели 2 сооружать с учетом необходимости разгрузки предохранительного

целика соединительного уклона. Создание торцевой защищенной зоны при отработке лент панели 2 осуществлять бурением скважин большого диаметра на глубину не менее ширины предохранительного целика.

3. В пределах панелей 4–6 опережающую разгрузку краевой части массива впереди фронта работ по защитному слою на западном и восточном флангах производить бурением разгрузочных шпуров (скважин) или камуфлетным взрыванием.

4. При подходе фронта очистных работ в подкровельном слое к подготовительным выработкам, параллельным фронту, на расстоянии 40 м предусматривать разгрузку их приконтурного массива бурением строчек разгрузочных шпуров в боках выработок.

5. При проходке выработок защитного слоя в породах и рудах слабой и средней нарушенности, приконтурную часть массива приводить в неудароопасное состояние с помощью камуфлетного взрывания зарядов ВВ или бурением строчек шпуров (скважин).

6. Очистные работы в основных слоях панели 1 вести тупиковыми заходками на все сечение или с предварительной проходкой разрезной выработки. Ширина очистных выработок в основных слоях определяется структурой и прочностными свойствами закладки в искусственной кровле. Высоту вертикальных рудных обнажений очистных выработок принимать с учетом нарушенности руд и пород, как это принято на руднике:

- для руд и пород слабой и средней нарушенности – до 10 м;
- для руд и пород сильной нарушенности – до 8 м;
- для руд и пород весьма сильной нарушенности – до 6 м.

При наличии по трассе выработок тектонических нарушений с зоной дробления более 0,5 м ширину очистных выработок принимать не более 8 м при высоте не более 6 м.

Ширину и высоту очистных выработок основных слоев в панелях 2, 4, 6 принимать в зависимости от нарушенности руд и пород, геологической характеристики вскрываемых тектонических нарушений, наличия ксенолитов в руде и т.п. в соответствии с «Регламентом технологических производственных процессов по применению камерной системы разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими материалами и расположением очистных выработок в защищенных зонах при выемке сульфидных руд».

7. Учитывая состояние породы в главном шве НХР (полная дезинтеграция), необходимо до минимума сократить контакт горных выработок в панели 1 со швом. С этой целью при подходе к НХР выработкой рекомендуется оставлять около НХР целик шириной не менее 5 м.

8. Разгрузку предохранительного целика соединительного уклона в панелях 4–6 осуществлять последовательно по мере подхода к нему западного фронта очистных работ бурением разгрузочных скважин из передовых выработок при создании защитного перекрытия в панелях.

На маломощных участках залежи и в безрудных зонах разгрузку осуществлять бурением рядов скважин или шпуров в боках соединительного уклона.

**Заключение**

В заключение следует отметить, что, судя по полученным данным, шахтные исследования, связанные с инструментальными измерениями деформационного состояния массива, в настоящее время на руднике довольно ограничены. Это связано с выходом из строя многих станций различного типа, предусмотренных в ранее разработан-

<sup>3</sup> Разработка рекомендаций по управлению геомеханическими процессами на рудниках «Скалистый» и «Комсомольский» с учетом блочного строения массива. Этап 2. Выполнить экспертную оценку геодинамической опасности отработки рудников «Скалистый» и «Комсомольский» с учетом геологических блоковых структур. Отчет о НИР / ВНИМИ, рук. Зубков В.В. (договор № ДН-026-04). СПб., 2005. – 84 с.

ных проектах наблюдений<sup>4</sup>. Для повышения качества и полноты шахтных исследований в рамках данной работы необходимо выполнить комплекс работ по поддержанию в рабочем состоянии сетей наблюдательных станций на откаточном, вент-закладочном горизонтах и оборудованию сети станций на горизонте ведения очистных работ по проекту наблюдений, разработанному в текущем году.

Работы должны быть направлены на реконструкцию сетей станций с учетом изменившейся горнотехнической обстановки, включая восстановление или ремонт вышедших из строя станций и оборудование новых в соответствии с дополнениями к проектам наблюдений.

В дальнейшем организация шахтных исследований представляется более эффективной в следующем виде:

– ВНИМИ осуществляет методическое обслуживание, поставку оборудования для наблюдательных станций и анализ результатов наблюдений на станциях;

– Центр геодинамической безопасности (ЦГБ) (бывшая ЛГД ГМОИЦ) осуществляет оборудование и обслужива-

ние наблюдательных станций (в части снятия замеров, первичной их обработки и ведения журналов инструментальных замеров), их восстановление в случае необходимости, а также регулярное обследование выработок с ведением журналов обследования; ЦГБ также предоставляет ВНИМИ (по запросу) данные отчетов сейсмостанции о сейсмособытиях на рудниках;

– УППГУ рудника осуществляет надзор: за состоянием наблюдательных станций, своевременным их восстановлением или выбраковкой (с уведомлением об этом ВНИМИ) и регулярным снятием замеров по наблюдательным станциям и линиям геометрического нивелирования; предоставляет ВНИМИ данные по динамическим проявлениям горного давления на участке отработки медистых руд и оценке удароопасности, полученные по принятой на руднике методике;

– ЦГБ совместно с УППГУ рудника проводят ежегодную ревизию сети наблюдательных станций и корректировку проекта наблюдений (с уведомлением об этом ВНИМИ).

Специализированная организация, выполняющая замеры по станциям геометрического нивелирования, предоставляет ВНИМИ копии данных после каждой съемки замеров.

Получение полных и достоверных данных должно привести к своевременному принятию мер по поддержанию горных выработок в безопасном состоянии, а применение рекомендаций, изложенных в статье, приведет к рациональному и безопасному освоению недр на участке тектонического разлома.

4 Научное сопровождение и корректировка текущих технических решений при отработке залежей богатых руд рудника «Скалистый». Этап 2.1. Оценить напряженно-деформированное состояние массива в поле рудника по данным исследований 2006 года и разработать предварительные рекомендации по ведению горных работ на 2007 год. Отчет о НИР / ВНИМИ, рук. Смирнов В.А. (договор № ДН-018-05). СПб., 2006. 32 с.; Исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) массива и закономерности его изменения на руднике «Скалистый» и уточнить принятые в корректировке горной части технического проекта решения по управлению горным давлением, борьбе с горными ударами и креплению горных выработок. Этап 3. Разработка проекта оборудования полигонов для наблюдения за развитием горно-геомеханических процессов в капитальных и подготовительных выработках рудника. Отчет о НИР (Промежуточный) / ВНИМИ, рук. Смирнов В.А. (Х.д. № Д-272). СПб., 2002. – 51 с.

### Список литературы

1. Ломоносов Г.Г. *Производственные процессы подземной разработки рудных месторождений*. М.: Горная книга; 2013. 512 с.
2. Ушаков И.Н. *Горная геометрия*. 4-е изд. М.: Недра; 1979. 440 с.
3. Акимов А.Г., Громов В.В., Бошенятов Е.В., Зеленцов С.Н., Кузнецова Е.И., Тяпин В.М., Файнштейн Ю.Б., Яковлев Д.В. (ред.). *Геомеханические аспекты сдвижения горных пород при подземной разработке угольных и рудных месторождений*. СПб.: ВНИМИ; 2003. 166 с.
4. Городниченко В.И., Дмитриев А.П. *Основы горного дела*. М.: Горная книга; 2016. 464 с.

### References

1. Akimov A.G., Gromov V.V., Boshenyatov E.V., Zelentsov S.N., Kuznetsova E.I., Tyapin V.M., Fainshtein Yu.B.; Yakovlev D.V. (ed.). *Geomechanical aspects of rock displacement during underground mining of coal and ore deposits*. St Petersburg: VNIMI; 2003. 166 p. (In Russ.)
2. Ushakov I.N. *Mining geometry*. 4th ed. Moscow: Nedra; 1979. 440 p. (In Russ.)
3. Lomonosov G.G. *Production processes in underground mining of ore deposits*. Moscow: Gornaya kniga; 2013. 512 p. (In Russ.)
4. Gorodnichenko V.I., Dmitriev A.P. *Basics of Mining Moscow*. Gornaya kniga; 2016. 464 p. (In Russ.)

### Информация об авторе

**Кириллов Сергей Геннадьевич** – аспирант кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Норильский государственный индустриальный институт, г. Норильск, Российская Федерация; e-mail: postanovshik@bk.ru

**Уфатова Зинаида Георгиевна** – доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Норильский государственный индустриальный институт, г. Норильск, Российская Федерация

**Хрущев Игорь Фиделевич** – аспирант кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Норильский государственный индустриальный институт, г. Норильск, Российская Федерация

**Баширов Камрал Айюбович** – аспирант кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Норильский государственный индустриальный институт, г. Норильск, Российская Федерация

### Информация о статье

Поступила в редакцию: 02.11.2020

Поступила после рецензирования: 12.11.2020

Принята к публикации: 23.11.2020

### Information about the author

**Sergey G. Kirillov** – Post-Graduate Student, Department of Mineral Deposit Development, Norilsk State Industrial Institute, Norilsk, Russian Federation; e-mail: postanovshik@bk.ru

**Zinaida G. Ufatova** – Associate Professor, Department of Mineral Deposit Development, Norilsk State Industrial Institute, Norilsk, Russian Federation

**Igor F. Khrushchev** – Post-Graduate Student, Department of Mineral Deposit Development, Norilsk State Industrial Institute, Norilsk, Russian Federation

**Kamral A. Bashirov** – Post-Graduate Student, Department of Mineral Deposit Development, Norilsk State Industrial Institute, Norilsk, Russian Federation

### Article info:

Received: 02.11.2020

Revised: 12.11.2020

Accepted: 23.11.2020