

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Н.Н. Кузнецова «Исследование энергоемкости разрушения скальных горных пород с целью оценки их удароопасности (на примере месторождений Кольского региона)», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Представленная диссертационная работа посвящена решению вопросов, связанных с оценкой склонности скальных горных пород к разрушениям в динамической форме (удароопасности) с позиции их энергоемкости. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 145 страниц машинописного текста, включая 63 рисунка, 9 таблиц и список использованной литературы из 160 наименований.

Актуальность темы диссертационной работы Кузнецова Н.Н. связана с тем, что для осуществления научно обоснованного прогноза удароопасности отрабатываемых месторождений одним из необходимых условий является знание физических свойств горных пород и оценка их склонности к разрушениям в динамической форме. Существующие методы оценки удароопасности горных пород не всегда учитывают происходящие в них процессы энергообмена, а также требуют использования труднодоступного специализированного оборудования. В связи с этим возникла необходимость разработки критерия, позволяющего выполнять такую оценку на стандартном испытательном оборудовании и учитывающего энергоемкость разрушения горных пород. Также в работе представлены актуальные новые результаты, показывающие как изменяется склонность скальных пород к разрушениям в динамической форме в условиях объемного напряженного состояния.

Основная идея работы заключается в использовании особенностей механических и энергетических параметров для изучения процессов энергообмена, деформирования и разрушения скальных горных пород и определения их склонности к динамическим разрушениям (удароопасности).

На основании выполненных автором исследований получены следующие научные результаты:

1. Установлено, что в условиях одноосного сжатия образцы скальных горных пород месторождений Кольского региона с величиной критической удельной энергии деформирования ниже $0,05 \text{ МДж/м}^3$ разрушаются в статической режиме, а образцы пород с величиной критической энергии выше $0,05 \text{ МДж/м}^3$ разрушаются в динамической форме с сильным звуком и разлетом осколков. При этом наиболее интенсивное разрушение выявлено

для образцов со значениями критической энергии свыше $0,25 \text{ МДж/м}^3$ (вмещающие породы апатит-нефелиновых месторождений – уртиты и ийолиты).

2. Определено, что в условиях трехосного сжатия с увеличением бокового давления также возрастают значения пределов прочности и критической удельной энергии деформирования образцов скальных горных пород (на примере апатит-нефелиновых руд, уртитов, ийолитов, гнейса, туфогенно-осадочной породы и карбонатита). При боковом давлении порядка 20-30 МПа значения прочности по сравнению с одноосным сжатием увеличились в два-три раза, а критической энергии - в пять-десять раз. Для образцов уррита среднезернистого массивного при боковом давлении 80 МПа прочность возросла в четыре раза по сравнению с одноосным сжатием, а критическая энергия – в четырнадцать раз.

3. Выявлено, что для скальных горных пород месторождений Кольского региона, склонных к динамическим разрушениям, характерно быстрое выделение накопленной в условиях трехосного сжатия (при боковом давлении до 30 МПа) упругой энергии (менее 40 с), а критическая удельная энергия деформирования в два и более раз превышает остаточную энергию в образцах после их разрушения. Для несклонных к динамическим разрушениям пород время выделения энергии в условиях трехосного сжатия более длительное (около 200 с и выше), а разница между величинами критической и остаточной энергии близка к нулю.

4. Установлено, что при переходе от условий одноосного сжатия к трехосному изменяется характер деформирования скальных горных пород: при трёхосном нагружении допредельные графики деформирования образцов имеют более выраженную выпуклость, что объясняется затруднением деформирования в горизонтальной плоскости и свидетельствует о большем накоплении энергии. Эта же затруднённость деформирования в результате действия боковых нагрузок приводит к изменению режима запредельного деформирования и уменьшению склонности скальных пород к динамическим формам разрушения.

Основные практические результаты заключаются в следующем:

1. Определены критические величины удельной энергии деформирования на образцах скальных горных пород, превышение которых в породном массиве может служить в качестве индикатора возможного возникновения удароопасной ситуации.

2. Разработан упрощенный критерий оценки склонности к динамическим разрушениям (удароопасности) скальных горных пород месторождений Кольского региона, который может быть использован для прогноза удароопасности и выявления участков массива, склонных к проявлению динамических форм разрушения. Сущность критерия заключается в анализе графиков деформирования образцов скальных горных пород при одноосном сжатии до предела прочности и сопоставлении величин их накопленной фактической и расчетной

идеально упругой энергий деформирования.

3. Результаты работы отражены в нормативном документе, регламентирующем безопасные условия и порядок ведения горных работ: «Регламент по обоснованию устойчивых параметров борта карьера и отвалов участка Гакман Юкспорского месторождения. - Апатиты, 2020 г».

4. Результаты работы использованы в договорах с такими предприятиями, как АО «Апатит», АО «Ковдорский ГОК», АО «Кольская ГМК», АО «Мурманская геологоразведочная экспедиция», АО «Центрально-Кольская Экспедиция». На основе этих работ выданы заключения о склонности скальных горных пород месторождений Кольского региона к разрушениям в динамической форме.

Диссертационная работа написана грамотным, профессиональным языком и охватывает основные аспекты поставленной научной задачи. Материал логически выдержан и грамотно изложен. Достаточен объем публикаций (41 статья), включающих 9 работ в изданиях, рекомендованных ВАК, 11 - в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, и 2 патента на изобретения

Диссертация Н.Н. Кузнецова представляет законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 - «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

подпись *Козырев А.А.*
По месту работы удостоверяю
научный руководитель, канцелярией Горного института
проф., докт. техн. наук *А.А. Козырев*
22 апреля 2021



А.А. Козырев

Козырев Анатолий Александрович, профессор, доктор технических наук, заведующий отделом Геомеханики, Горный институт - обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Кольский научный центр Российской академии наук", 184209, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 24, тел.: +7 (815-55) 79-242, e-mail: a.kozyrev@ksc.ru