

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

**ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»**

(ФИЦ КНЦ РАН)

ул. Ферсмана, д.14, г. Апатиты,
Мурманская обл., Россия, 184209

Факс (815 55) 7-64-25

Тел. (815 55) 79-307, 79-595

E-mail: ksc@ksc.ru

ОКПО 02699889, ОГРН 1025100508333

ИНН/КПП 5101100280/511801001

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

ФИЦ КНЦ РАН академик РАН

Кривовичев С.В.

«*Субара*» 2024 г.



№ _____

О Т З Ы В

ведущей организации на диссертационную работу

Верхоланцева Александра Викторовича «Разработка метода прогнозирования величины сейсмического воздействия взрывных работ на поверхностные здания и сооружения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Буровзрывные работы на сегодняшний день являются единственным способом выемки породы при добыче полезных ископаемых в скальном массиве. Поэтому проблема обеспечения безопасности людей, охраны инженерных сооружений и окружающей среды от вредного воздействия взрывов является задачей огромной важности. Для обеспечения безопасности взрывных работ необходимо детально знать свойства сейсмических и ударных воздушных волн взрыва и их взаимосвязь с условиями проведения и параметрами взрыва. Учитывая разнообразие взаимного положения охраняемых объектов относительно производимых взрывов и грунтовых условий на пути распространения сейсмических волн только экспериментальные методы оценки могут дать реальное представление об уровне сейсмического воздействия на здания и сооружения.

Диссертационная работа Верхоланцева А.В. направлена на разработку комплекса инструментальных измерений (регистрация взрывов, изучение грунтовых условий), методов обработки полученных данных и интерпретации результатов для прогнозирования величины сейсмического воздействия взрывных работ на поверхностные здания и сооружения, что безусловно актуально и имеет важное научное и практическое значение для прогнозирования величины сейсмического воздействия взрывов на здания и сооружения и оптимизации параметров БВР.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав и заключения. Работа изложена на 162 страницах текста, включает 48 рисунков, 19 таблиц. Список литературы содержит 171 наименование.

Во **введении** дано обоснование актуальности работы и показана необходимость более полного учета всех факторов для прогнозирования величины сейсмического воздействия взрывных работ на поверхностные здания и сооружения на основе инструментальных измерений.

Решение данных проблемных вопросов, имеющих большое научное и прикладное значение, составляет цель диссертационного исследования.

Для решения поставленной цели во введении сформулированы идея работы, показана научная новизна работы и ее достоверность, приведены научные положения, которые выносятся на защиту, отмечены основополагающее личное участие автора в постановке и решении задач исследований и их практическая значимость.

Первая глава посвящена аналитическому обзору. Диссертантом на основе изучения значительного количества литературных материалов, связанных с обеспечением сейсмической безопасности промышленных взрывов показано, что увеличение мощности промышленных взрывов и усложнение технологии их выполнения привели к возникновению потребности детализации общей картины действия взрывов, более четкого определения степени влияния отдельных факторов в конкретных условиях взрывных работ.

Для обоснования и разработки метода прогнозирования величины сейсмического воздействия взрывных работ на поверхностные здания и сооружения поставлены следующие задачи исследований:

- получить на современном технологическом уровне кондиционные исходные данные о промышленных взрывах (трехкомпонентные сейсмические записи, детальные сведения об источнике, физико-механические свойства среды и др.), позволяющие анализировать все аспекты сейсмического воздействия в спектральной области;
- изучить геологические и горнотехнические условия на исследуемых территориях, т.е. факторы, влияющие на величину и спектральный состав сейсмического воздействия;
- разработать комплекс исследований (проведение полевых измерений и обработка сейсмических данных), позволяющий минимизировать случайные факторы и максимально точно и достоверно определить зависимость сейсмического воздействия от расстояния до места проведения БВР и массы заряда;
- разработать быстрые и надежные способы изучения и учета неравномерности пространственного распределения уровня сейсмического воздействия взрывов;
- разработать алгоритмы обработки сейсмических данных для обеспечения надежной оценки и корректного прогноза сейсмического воздействия взрывов.

Вторая глава диссертации посвящена экспериментальным исследованиям влияния параметров источника и среды на интенсивность сейсмического воздействия промышленных взрывов и рассмотрено:

- Влияние физико-механических свойств взрывающей породы и направления инициирования зарядов;
- Влияние условий и способов взрывания (*Тип ВВ, форма, конструкция и глубина заложения заряда, интервал замедлений и количество ступеней замедления*);
- Влияние грунтовых условий, рельефа местности;
- Расстояние от источника до точки измерения и максимальный заряд, приходящийся на одну ступень замедления;
- Затухание сейсмических волн на пути их распространения от места взрыва к охраняемому объекту;
- Определение параметра затухания сейсмических волн и коэффициента сейсмичности на основе инструментальных измерений серии взрывов.

На основании проведенных измерений выявлена роль каждого фактора на сейсмический эффект массовых взрывов. Также показано, что амплитуда сейсмического воздействия каждого отдельного взрыва зависит одновременно от множества трудно учитываемых и порой случайных факторов, часть из которых учесть не представляется возможным.

Для минимизации влияния случайных факторов и наиболее корректного определения величин эмпирических коэффициентов сейсмичности и затухания предлагается проводить замеры взрывов совместно на охраняемых объектах и измерений на опорной (стационарной, или базовой) сейсмической станции. Фиксируя в опорной точке грунтовые условия и имея точные данные о расстоянии до источника, отклонения в ожидаемом сейсмическом воздействии при известной массе ВВ можно интерпретировать как влияние всех неучтенных отклонений в параметрах самого источника. Учет данного отклонения выполняется в рядовых точках измерения посредством расчета нормированных приведенных расстояний и нормированных амплитуд представляющих, собой отношения приведенных расстояний и измеренных амплитуд к таковым на опорном пункте. Использование опорной сейсмической станции при инструментальных измерениях сейсмического эффекта взрывов позволяет компенсировать

влияние случайных факторов, связанных с условиями взрывания (степень трещиноватости взрывающего блока, качество забойки и т.д.), и повысить надежность определения величины затухания сейсмических волн в среде.

В **третьей главе** диссертации рассмотрены вопросы по оценке и учете влияния грунтовых условий на интенсивность сейсмического воздействия. Для оценки резонансных характеристик грунта использовалась совокупность трех спектральных способов изучения грунтовых условий на охраняемой территории:

1. Статистический способ оценки усиления с использованием опорной сейсмической станции.

2. Способ, основанный на получении скоростного разреза в приповерхностной толще сейсмическими методами с последующим аналитическим расчетом спектральных характеристик грунтов.

3. Способ Накамуры, базирующийся на расчете H/V -спектров по 3-компонентным записям микросейсмических колебаний, который использовался на участках исследуемой территории, где не осуществляют регистрацию взрывов.

После увязки и объединения результатов, полученных разными подходами, строится итоговая карта пространственной изменчивости коэффициентов резонансного усиления для различных категорий грунтов.

Четвертая глава диссертации посвящена разработке метода прогнозирования величины сейсмического воздействия взрывных работ на поверхностные здания и сооружения, который основан на комплексной модели, учитывающей влияние параметров источника (масса и тип ВВ, интервал замедления и др.), среды распространения волн (расстояние, скорость затухания), пункта приема волн (грунтовые условия, рельеф местности) и обеспечивающей достоверный прогноз величины сейсмического эффекта.

В **заключении** достаточно полно и аргументировано обобщены результаты диссертационного исследования.

Полученные автором решения подтверждаются экспериментальными данными и обладают научной новизной, необходимой для диссертационного исследования.

Научная значимость и новизна работы заключается в том, что:

- впервые установлены частотно зависимые оценки грунтовых условий для прогнозирования сейсмического эффекта взрывов;
- разработан способ компенсации случайных факторов, связанных с условиями взрывания, посредством использования опорной сейсмической станции, позволяющий повысить достоверность прогноза уровня воздействия за счет более надежного определения параметров затухания и возможности прямой оценки усиления колебаний грунтами;
- предложен комплекс инструментальных измерений (регистрация взрывов, изучение грунтовых условий), обработки полученных данных и интерпретации результатов обработки, позволяющий выявить, оценить и учесть влияние наиболее значимых факторов, определяющих сейсмический эффект.

Практическая значимость диссертационных исследований состоит в разработке нового комплекса инструментальных измерений, обработки полученных данных и интерпретации результатов обработки, позволяющего корректно оценить и спрогнозировать величину сейсмического воздействия взрывных работ на охраняемые здания и сооружения.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов обеспечивается большим объемом экспериментальных данных (около 2.8 тыс. физических наблюдений при более чем 650 взрывах), полученных с использованием современной цифровой аппаратуры. Влияние на сейсмический эффект многообразия горнотехнических и геологических условий изучено в ходе натурных измерений на большом количестве объектов (11 предприятий). Эмпирические закономерности и особенности распространения сейсмических волн выявлены посредством применения проверенных и научно обоснованных методов анализа и обработки данных. Достоверность полученных результатов подтверждается соответствием прогнозных и фактически измеренных значений сейсмического эффекта взрывов.

Замечания

Для прогноза величины сейсмического воздействия взрывных работ на поверхностные здания и сооружения V_{np} предложена комплексная модель вида

$$V_{np} = aR_{np}^{-b} \prod_i k_i$$

в которой необходимо определение параметров описывающей влияние основных (эмпирический коэффициент сейсмичности a , показатель затухания волн b , приведенное расстояние $R_{пр}$) и ряда дополнительных факторов k_i . Применение данной формулы на практике не представляется возможным из-за различия условий взрывания, горно-геологических и грунтовых условий. Поэтому следовало бы на примере для конкретных условий взрывания и расположения охраняемых объектов привести значения коэффициентов Π_i и k_i и оценить уровень сейсмического воздействия и сопоставить с известными методами. Наиболее предпочтительным является приведение ее в инженерную методику для конкретных объектов.

Отмеченные выше недостатки не снижают научной и практической значимости работы, выполненной в целом на высоком научно-техническом уровне.

Заключение

Диссертация выполнена автором самостоятельно, написана грамотно, лаконично и доказательно. Автореферат достаточно полно отражает основные положения диссертационной работы.

Основные научные положения и результаты диссертационного исследования неоднократно обсуждались на международных и всероссийских конференциях и опубликованы в 22 печатных работах, в том числе в 4 статьях в изданиях, включенных в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук».

Тематика исследований, приведенных в диссертации, соответствует специальности 2.8.6 - «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Диссертация Верховланцева Александра Викторовича является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных исследований разработаны научно обоснованные положения и практические способы реализации метода прогнозирования величины сейсмического воздействия взрывных работ на поверхностные здания и сооружения, что является решением важной и актуальной научно-технической проблемы.

Актуальность темы исследования, а также новизна, достоверность, теоретическая и практическая значимость полученных результатов свидетельствуют о соответствии диссертации требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства России от 24 сентября 2013 года, а ее автор, Верховланцев Александр Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании Горной секции
02.06. 2023 г., протокол № 2-2023.

Председатель горной секции ГоИ КНЦ РАН
доктор технических наук
тел.: (81555) 79301; e-mail: o.nagovitsyn@ksc.ru

Наговицын Олег Владимирович

Главный научный сотрудник - Руководитель лабораторией технологических процессов при добыче полезных ископаемых,
доктор технических наук
тел.: (81555) 79607, s.kozyrev@ksc.ru
Согласен на обработку персональных данных.

Козырев Сергей Александрович

184209, г. Апатиты Мурманской области.
ул. Ферсмана, дом 24

Горный институт – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (ГоИ КНЦ РАН).