

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

НИТУ «МИСиС»

д-р техн. наук, профессор



М. Р. Филонов

9 сентября 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Ревина Ильи Евгеньевича на тему «Геомеханическое обоснование процессов деформации техногенно нарушенного горного массива на примере Хибинских апатит-нефелиновых месторождений», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

Актуальность темы исследования

Геомеханический мониторинг напряженного состояния массива горных пород – это активно развивающийся раздел геомеханики, в котором на данный момент практически невозможно выделить единую методологию и подход к решению задач, сбору и анализу данных при разработке систем мониторинга. В результате ведения горных работ изменениям подвергаются все природные факторы. В процессе отработки массива горных пород наиболее явно проявляются изменения состояния структурных неоднородностей, а именно: раскрываются имеющиеся естественные неоднородности; происходят подвижки по разрывным нарушениям (разломам); образуются новые, техногенные нарушения (трещины), сопровождающиеся изменением естественного напряженного состояния различных блоков массивов пород. Так как при ведении подземных горных работ в массиве происходит изменение его естественного напряженного состояния, то главной задачей любой системы геомониторинга являются изучение геомеханического состояния горнотехнических систем «сооружение-массив» и фиксация его изменения в пространстве, а также прогноз зон возможного возникновения опасных проявлений горного давления. Одним из способов оценки вероятности проявления опасных геодинамических процессов является использование математических моделей, основанных на данных сейсмического мониторинга. Массив горных пород является сложной динамической системой, поэтому для построения таких математических моделей целесообразно использовать как пространственные координаты, так и компоненты временного ряда сейсмической активности. В соответствии с правилами промышленной безопасности геомониторинг должен осуществляться в непрерывном режиме. Поэтому разработка методики проявления геодинамических процессов,

ОТЗЫВ

ВХ. № 280-9 от 13.09.21
АУ УС

связанных с горными работами, основанной на анализе больших объемов данных, полученных в результате работы автоматической системы сейсмического мониторинга, является весьма актуальной научно-технической задачей, что и предопределило направленность исследований диссертации.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав с выводами по каждой из них, заключения, библиографического списка, включающего 95 наименований, и изложена на 108 страницах машинописного текста и содержит 41 рисунок и 13 таблиц.

Горное предприятие относится к опасным производственным объектам и требует в современных условиях постоянного мониторинга возможных геодинамических явлений, связанных с ведением горных и взрывных работ. Для обеспечения безопасности ведения горных работ в диссертации предусмотрен прогноз опасных геодинамических явлений в техногенно нарушенном массиве, который включает в себя результаты исследований, полученных в результате работы автоматической системы сейсмического мониторинга, математического моделирования разработанной композитной модели и запатентованных компьютерных алгоритмов (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021616652 от 23.04.2021). Разработанный алгоритм позволяет моделировать распределение сейсмических событий в массиве горных пород с течением времени и прогнозировать проявление опасных геодинамических явлений.

Необходимо отметить, что все выводы, заключения и рекомендации опираются на многолетние натурные измерения и исследования, а задача предсказания опасных геодинамических явлений имеет важное практическое значение.

Во введении диссертации обоснована актуальность темы работы, приведены цели, задачи исследования, сформулирована научная новизна, защищаемые положения и практическая значимость работы.

В первой главе диссертации представлен анализ проблем развития геомеханического мониторинга, изложены известные результаты математического моделирования природных сред, необходимых для разработки новых методов и алгоритмов.

Во второй главе представлены теоретические исследования ретроспективных сейсмических событий, разведывательный анализ данных сейсмического мониторинга, получена формула плотности распределения сейсмических событий в течение года наблюдений.

Третья глава включает композитную модель машинного обучения, реализующую прогноз опасных геодинамических явлений. Продемонстрирована работа разработанного вычислительного программного комплекса.

В четвертой главе приведены сравнения натуральных измерений с результатами математического моделирования, показывающие достоверность полученных результатов. Даны рекомендации по прогнозу проявления опасных геодинамических явлений.

В заключении приводятся результаты проделанной работы. В качестве наиболее важных научных результатов диссертации, определяющих ее новизну, следует отметить следующие:

1. Выявлены новые закономерности распределения сейсмических событий во времени и пространстве массива горных пород.

2. Разработан алгоритм прогноза опасных геодинамических явлений внутри массива горных пород, базирующийся на результатах моделирования разработанной композитной модели анализа данных сейсмического мониторинга.

3. Выявлены взаимосвязи между минимальным значением тренда сейсмической активности и вероятностью наступления опасного геодинамического явления.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, выносимые на защиту, и полученные в работе выводы представляются обоснованными, поскольку проведение исследований осуществлялось в соответствии с системным подходом, математическим и имитационным моделированием процессов в программной среде Python. Построение математической модели кластеризации сейсмических событий в массиве горных пород и ее связи с данными станций деформационного мониторинга базируются на основных положениях теории алгоритмов эволюционной оптимизации, теории временных рядов, теории математической статистики, признанных отечественной и зарубежной научной общественностью, прошли обсуждения на российских и международных научных конференциях, а также опубликованы в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК и входящих в международные базы цитирования WOS и Scopus.

Достоверность полученных результатов

Достоверность результатов исследования обусловлена использованием современных методов математического и имитационного моделирования и удовлетворительной сходимостью результатов имитационного моделирования с натурными измерениями. Проведено широкое сравнение полученных временных зависимостей с натурными замерами датчиков сейсмического мониторинга.

Практическая значимость полученных автором результатов

Установленные в диссертационной работе закономерности кластеризации пространственно-временных измерений на основе

данных сейсмического мониторинга позволили создать композитную математическую модель, состоящую из комбинации различных алгоритмов машинного обучения и реализовать ее в виде алгоритма (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021616652 от 23.04.2021). Разработанный алгоритм позволяет моделировать распределения сейсмических событий в массиве горных пород с течением времени и прогнозировать проявление опасных геодинамических явлений. Результаты диссертационной работы могут представлять интерес для ряда производственных и научно-технических предприятий, занимающихся разработкой и/или внедрением новых модификаций геомеханического мониторинга, среди которых следует отметить ООО «Полигор»; АО «КМАруда», ПАО «ППГХО», НИИ «Научный центр геомеханики и проблем горного производства».

Замечания по диссертации

1. Содержание работы не позволяет в полной мере сделать вывод о целевой области применения разработанного алгоритма прогноза опасных геодинамических явлений. Как предполагается использовать алгоритм?

2. В цели работы и заключении автор указывает, что им «Предложена методика прогноза опасных геодинамических явлений на основе данных сейсмического мониторинга, с помощью методов машинного обучения» однако в приложении к диссертации она не представлена.

3. Автор вводит понятия деформационного мониторинга, пространства деформационных событий, основанного на комплексных сейсмических измерениях, однако следовало более подробно изложить методические рекомендации перехода от постоянного сейсмомониторинга к деформационным проявлениям при ведении горных и взрывных работ на горном предприятии.

4. Следовало более четко представить теоретические исследования автора для выявления зависимости между минимальным значением тренда сейсмической активности и вероятностью наступления «опасного геодинамического явления».

5. Рис. 2.4.3 и 2.4.5 называются «Первая, вторая и третья элементарные матрицы, отвечающие соответственно за тренд и шум временного ряда сейсмического мониторинга», однако непонятно, почему только две последние матрицы отвечают за шум. Может быть, достаточно было бы одной (второй) матрицы, так как остальные 29 дают примерно равный вклад?

6. Список используемой литературы не включает в себя ряд публикаций отечественных ученых, связанных с тематикой горных ударов (например, публикации академика В.В. Адушкина и его учеников).

7. В работе присутствуют неточности в формулировках, имеются орфографические и пунктуационные ошибки.

Заключение

Диссертация Ревина Ильи Евгеньевича «Геомеханическое обоснование процессов деформации техногенно нарушенного горного массива на примере Хибинских апатит-нефелиновых месторождений», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченным научным исследованием, в котором получены новые результаты, которые в совокупности представляют собой решение важной научной проблемы, имеющей значение для развития современного геомеханического мониторинга. Содержание автореферата полностью соответствует тексту диссертации. Материалы диссертации в достаточной степени отражены в двух статьях в журналах из списка ВАК и представлены в материалах конференций. На основе полученных результатов было получено одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (№2021616652 от 23.04.2021). Тема диссертации соответствует двум пунктам паспорта научной специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, горная теплофизика и рудничная аэрогазодинамика:

1. Разработка научных и методических основ количественного прогнозирования геомеханических процессов в массивах горных пород и грунтов, в том числе антропогенных, служащих основанием, средой и материалом различных сооружений;

2. Создание на основе современных информационных технологий методов, приборов, автоматизированных систем для изучения и контроля свойств горных пород и грунтов, строения и состояния их массивов.

Таким образом, по актуальности и объему выполненных исследований, новизне, достоверности, научной и практической значимости полученных результатов и выводов диссертационная работа Ревина И.Е. «Геомеханическое обоснование процессов деформации техногенно нарушенного горного массива на примере Хибинских апатит-нефелиновых месторождений» соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 19.12.2019 № 1755 адм., а ее автор Ревин Илья Евгеньевич заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по

специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации Ревина Ильи Евгеньевича был обсужден и утвержден на заседании кафедры Физических процессов горного производства и геоконтроля (ФизГео) федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», протокол № 1 от 01.09.2021 г.

Профессор кафедры ФизГео,
доктор технических наук,
профессор



Белин Владимир Арнольдович

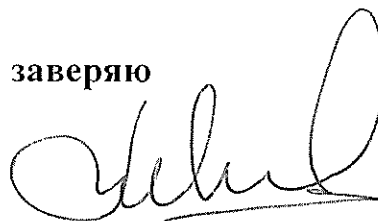
Секретарь заседания
доцент кафедры ФизГео,
кандидат технических наук



Куткин Ярослав Олегович

Подписи В.А. Белина и Я.О. Куткина заверяю

Директор Горного института,
НИТУ «МИСиС», д.э.н., проф. РАН



А.В. Мясков

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

119049, г. Москва, Ленинский проспект, д. 4

Телефон: +7 495 955-00-32

e-mail: kancela@misis.ru

Официальный сайт: <http://www.misis.ru>