



Общество с ограниченной ответственностью
«ПОЛИГОР»

199106, Санкт-Петербург, В.О., 22-я линия, д.3, к.1, литера М, помещение 1Н, комната 293 (офис 519)
(812) 945-08-07, mail@polygor.com, www.polygor.com

От 15.09.2021 № 02 09/21

На № _____ от _____

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию Ревина И.Е.
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
(технические науки)**

Актуальность темы диссертации связана с существенными изменениями закономерностей проявления горного давления с ростом глубины и площадей отработки удароопасных месторождений, с преобладанием энергетически мощных динамических форм глубинного типа. Их прогнозирование и контроль представляют значительные трудности для горного производства. Современные тенденции повышения безопасности горных работ, с одной стороны, направлены на повышение точности контроля за счет модернизации сейсмической сети, с другой стороны, определяют необходимость обоснования новых подходов к математическому моделированию геодинамических процессов, происходящих в массиве горных пород, позволяющему ранжировать классы сейсмических явлений. Существующий уровень развития теории и практики применения кластерного анализа сейсмической активности в высоконапряженных массивах горных пород создает концептуальный базис для формирования новой модели прогнозирования поведения техногенно нарушенного горного массива, позволяющего повысить безопасность разработки удароопасных Хибинских апатит-нефелиновых месторождений. Указанные обстоятельства актуализируют постановку цели диссертации – создание методики обработки данных сейсмического мониторинга и прогноза опасных геодинамических явлений с помощью современных методов машинного обучения и алгоритмов оптимизации математических моделей природных сред.

Для достижения цели в диссертации решены следующие задачи:

- выполнен анализ данных сейсмического мониторинга с помощью методов математического моделирования;

ВХ. № 3049 от 15.09.2021 г.
АУ УС

- осуществлен подбор архитектуры композитной модели машинного обучения для прогноза геодинамических явлений;

- разработано программное обеспечение на базе принятой архитектуры композитной модели машинного обучения и проведена его апробация применительно к данным сейсмического мониторинга рудников КФ АО «Апатит».

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 95 наименований. Работа содержит 108 страниц текста, 40 рисунков, 13 таблиц.

Основные элементы научной новизны диссертационной работы и приращения научного знания заключаются в следующем:

1. Получена обобщающая эмпирическая зависимость логнормального распределения сейсмических событий с применением метода максимального правдоподобия на основе анализа данных мониторинга сейсмических событий за определенный временной интервал на КФ АО «Апатит» (2 глава, с. 30-31).

2. Разработан алгоритм единого линейного пространства деформационного и сейсмического мониторинга на основе Евклидовой метрики, являющейся кратчайшим расстоянием от источника распространения энергии сейсмической волны до центра подпространства деформационных событий (2 глава, с. 32).

3. Выявлены закономерности изменения уровня сейсмической активности массива горных пород с использованием методов математического анализа временных рядов, посредством шумовой, трендовой, а также нескольких волновых составляющих ряда, что позволяет прогнозировать наиболее вероятное сейсмическое состояние массива горных пород в ближайшем будущем (2 глава, с. 45-53).

4. Для выделения потенциально опасных зон по уровню проявления горного давления разработан алгоритм выделения кластеров (сгущения характерных точек), базирующийся на методе иерархической пространственной кластеризации данных с шумом на основе использования плотности распределения (2 глава, с. 54-61).

5. Разработан алгоритм системы анализа и прогноза опасных геодинамических явлений техногенно нарушенного горного массива, заключающийся в одновременном применении различных моделей машинного обучения, наиболее подходящих для определенного типа данных, в единой композитной модели (3 глава, с. 72-74).

Практическая значимость диссертации включает: методическое и программное обеспечение «SeDef» (рег. № 2021616652) для обработки данных сейсмического мониторинга и поиска кластеров-очагов сейсмических событий с использованием методов иерархической кластеризации, для использования в системе геодинамической безопасности на рудниках КФ «Апатит» и других удароопасных рудниках России.

Диссертационная работа отличается логикой построения и последовательностью изложения, соответствием современному уровню развития теории прогнозирования и контроля геомеханического состояния массива горных пород в удароопасных условиях, систематизированным представлением аналитической информации. Все вышеизложенное свидетельствует о высоком научном и методическом уровнях диссертационного исследования.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, изложенных в диссертации, подтверждается анализом представительного количества отечественной, и, преимущественно, зарубежной научной литературы по теме диссертации, современной нормативно-методической базы, регламентирующей деятельность Службы прогноза и предупреждения горных ударов КФ АО «Апатит», теоретическими исследованиями, проведенными с применением современных программных комплексов, в том числе авторского, для обработки данных сейсмического мониторинга, компьютерного моделирования кластеризации сейсмоявлений и прогноза опасных геодинамических явлений при разработке удароопасных рудных месторождений. В диссертации автором использовались общенаучные и специальные методы исследования, включая статистическое и математическое моделирование. Новизна решений диссертации подтверждена свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ в ФИПС РФ.

Первое защищаемое положение подтверждается возможностью технической реализации предложенной автором информационной модели для комплексного описания существенных для геодинамического мониторинга Кировского рудника КФ АО «Апатит» взаимосвязанных сейсмических и деформационных характеристик массива горных пород, и обосновано в главе 1 диссертации, а также результатами изложенными в работе «О методе обработки данных сейсмического и деформационного мониторинга при ведении подземных горных работ на примере Кикусвумчоррского месторождения АО «Апатит»» в соавторстве с А.П. Господариковым и К.В. Морозовым.

Второе и третье защищаемые положения подтверждаются удовлетворительной сходимостью результатов математического и имитационного моделирования сейсмодеоформационных процессов применительно к условиям Кировского рудника КФ АО «Апатит», полученных временных зависимостей с натурными замерами датчиков сейсмического мониторинга и обосновано в главах 2-4 диссертации, а также в работе «Композитная модель анализа данных сейсмического мониторинга при ведении горных работ на примере Кикусвумчоррского месторождения АО «Апатит»» в соавторстве с А.П. Господариковым и К.В. Морозовым.

Возможность количественной реализации теоретических положений подтверждается наличием зарегистрированной компьютерной программы «SeDef» (Свидетельство о регистрации государственной программы для ЭВМ №2021616652, 2021 г.) для обработки данных сейсмического мониторинга и поиска кластеров-очагов сейсмических событий с использованием методов иерархической кластеризации, написанной в соавторстве с А.П. Господариковым.

Основные положения и результаты исследования были представлены и получили положительную оценку на научных конференциях, в научных отчетах по НИР. Результаты диссертации в достаточной степени освещены в 2 печатных работах в научных изданиях, рекомендованных ВАК, и свидетельстве о государственной регистрации на программу для ЭВМ.

Автореферат диссертации и публикации отражают основное содержание исследования.

Замечания по диссертации. По нашему мнению, в диссертации следует отметить некоторые недостатки.

1. Автором достаточно детально проанализированы современное состояние и результативность методов геомеханического мониторинга (1 глава) и кластерного анализа (глава 2), при этом российский и мировой опыт геофизического прогноза и контроля сейсмоопасности, как составной части регионального прогноза удароопасности, не исследовался.

2. В диссертации (с. 32) и публикациях автором предложено при оценке плотности распределения сейсмических событий в пространстве деформационного мониторинга использовать Евклидову метрику. Принципиально такой подход является правильным, однако, по нашему мнению, выбор требуемой метрики должен базироваться на обосновании способа измерения близости объектов.

3. Требуется пояснения, каким образом в работе оценивалось качество принятой классификации.

4. В предложенной автором модели определения плотности распределения сейсмических событий во времени (формулы (2.2.1), с.30, и (2.2.2), с.31) допущена опечатка.

5. В тексте диссертации замечен ряд грамматических неточностей и опечатки, отсутствие поясняющей технической информации к некоторым рисункам и схемам.

Замечания по существу имеют в значительной мере дискуссионный характер, представляя направление для дальнейшей работы, и не снижают высокого качества выполненных в диссертации исследований и полученных результатов.

Заключение по диссертации.

Диссертация Ревина И.Е. является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические решения, направленные на повышение эффективности прогноза и контроля удароопасности месторождений КФ АО «Апатит» и обеспечения устойчивого экономического функционирования и развития компании.

Диссертация «Геомеханическое обоснование процессов деформации техногенно нарушенного горного массива на примере Хибинских апатит-нефелиновых месторождений», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (технические науки), 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 № 1755адм, а ее автор Ревин Илья Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (технические науки).

Официальный оппонент:

доктор технических наук,

заместитель генерального директора по научной работе,

Общество с ограниченной ответственностью «Полигор» (ООО «Полигор»)

Тел.: (812) 945-08-07

E-mail: mail@polygor.com

Дата: 07.09.2021 г.

Адрес: 199106, Санкт-Петербург, 22-я линия, д. 3, к. 1, литера М, ком. № 293
(офис № 519), пом. 1Н



Сидоров Дмитрий Владимирович

285