

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГНОЗА
ОПАСНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ
МЕТОДОМ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
МАССИВА**

Морозов К.В.¹, Багаутдинов И.И.¹, Стрешнев А.А.²

¹*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург, Bagautdinov_I@pers.spmi.ru*

²*КФ АО «Апатит», Мурманская область, г. Кировск*

Разработка месторождения полезных ископаемых на больших глубинах и, особенно, склонных к динамическим формам проявления горного давления сопровождается развитием сложных геомеханических процессов. При проходке выработок и ведении очистных работ породный массив испытывает деформации, вызванные как непосредственно выемкой породной/рудной массы, так и сейсмическими воздействиями (от взрывных работ, глобальной тектоники), что в свою очередь увеличивает интенсивность геодинамических процессов в массиве.

Основными негативными последствиями проявления геодинамической активности массива являются горные и горно-тектонические удары, которые часто обусловлены сложным гравитационно-тектоническим полем напряжений на месторождении, а также иерархично-блочной структурной массива в совокупности с различными типами геологических включений [1-2].

В этих условиях эффективным является применение комплексной методики, состоящей из численных расчетов в совокупности с одним или несколькими инструментальными методами мониторинга напряженно-деформированного состояния массива. [3].

Обоснование многоуровневой системы мониторинга требует объединения усилий из различных областей знаний – от геофизики и геологического моделирования до горной механики.

В качестве базового сценария организации системы мониторинга и прогноза опасных геодинамических явлений предлагается разделить ее на два этапа:

– на первом этапе выполняется геодинамическое районирование участка ведения горных работ (месторождения) методом численного конечно-элементного моделирования (Рис. 1);

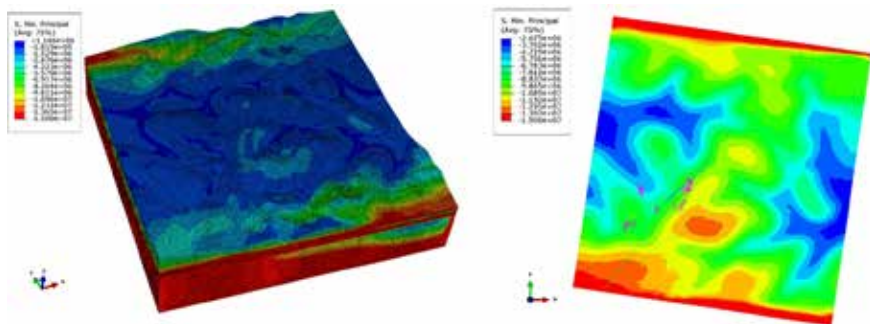


Рис. 1. Пример локализация потенциально опасных геодинамических участков методом численного моделирования

– на втором этапе по результатам численных расчетов выполняется локализация опасного участка (-ов) и организуется комплекс наблюдений потенциально опасных зон с использованием систем деформационного мониторинга (с применением многокомпонентных датчиков и аппаратуры непрерывного контроля), систем сейсмического и акустического мониторингов.

Проведение деформационного мониторинга подразумевает выполнение двух ключевых задач.

Первая заключается в определении величины и направления действия главных напряжений (тензор напряжений). Анализ существующих методов оценки напряженно деформированного состояния массива позволил сформулировать несколько принципиальных положений, лежащих в основе созданного в Горном университете аппаратно-программного комплекса по оценке НДС:

- Целесообразно использовать специализированное оборудование, которое возможно тестировать и поверять до и после проведения полевых исследований, тем самым повысить надежность получаемых замеров деформаций.
- Наиболее удачна, с нашей точки зрения, схема проведения испытаний по методике Хаста [4], с измерением деформаций центральной скважины при ее обурировании.
- Размещение измерительной аппаратуры непосредственно в теле датчика (Рис.2А) и беспроводной технологии передачи данных, позволит проводить измерения на любых глубинах, вне зоны влияния как отдельных выработок, так и всего комплекса выработок обрабатываемого месторождения.



А



Б

Рис. 2. Датчик деформаций ДД-3.4 (А), оснащенный модулем беспроводной передачи данных и блок управления автоматизированным контрольным комплексом АКК (Б)

Вторая задача заключается в организации длительных, полностью автоматизированных наблюдений за состоянием массива путем измерения деформаций стенок скважины с установленным датчиком по девяти направлениям (Рис. 3Б). Управление датчиком деформаций, запись показаний и их передача осуществляется с помощью автоматизированного контрольного комплекса АКК, приведенного на рис. 2 Б.

Знание начального уровня напряжений, характера деформирования стенок измерительной скважины во времени (Рис. 3А), физико-механических свойств пород, отобранных при бурении, позволяют методами численного анализа получить параметры изменения напряжений исследуемых объектов.

Анализ данных системы непрерывного мониторинга дает возможность оценить характер деформирования массива на участке исследова-

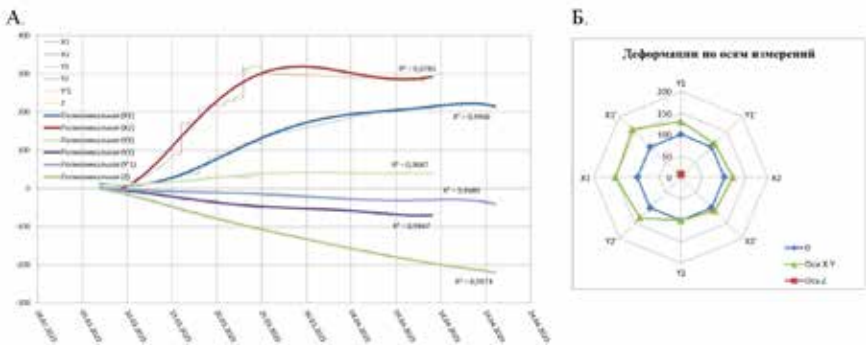


Рис. 3. Пример результатов выполнения натуральных измерений: А. Аппроксимация результатов мониторинга деформаций по осям многокомпонентного датчика; Б. Характер изменения деформаций по осям измерительной скважины.

ний, в том числе с учетом технологических факторов, таких как расстояние от фронта очистных работ или массовых взрывов.

Одна из основных задач мониторинга - прогноз опасных проявлений горного давления. В этой связи помимо средств деформационного мониторинга целесообразно использовать данные других систем мониторинга, таких как сейсмический, акустический и локальные методы контроля напряженно-деформированного состояния массива горных пород [3].

В настоящее время Санкт-Петербургским горным университетом совместно с Институтом горного дела ДВО РАН и КФ АО «Апатит» реализуется программа по разработке системы многоуровневого комплексного геомеханического мониторинга с целью получения принципиально новой информации о напряженно-деформированном состоянии геологической среды.

Объединенные в систему комплексного мониторинга методы и измерительные комплексы могут обеспечивать на различных масштабных уровнях получение оперативной и разносторонней информации о геомеханических процессах в массиве горных пород, что значительно повышает безопасность горных работ и эффективность предупреждения опасных геодинамических явлений [3].

Работы еще далеки от завершения, однако первые результаты совместной обработки данных деформационного и сейсмического мониторинга предварительно свидетельствуют о возможности установления необходимых зависимостей, которые позволят в будущем сформулировать надежные критерии прогноза опасных геодинамических явлений в массиве горных пород.

Литература

1. Адушкин, В.В. Техногенная сейсмичность - индуцированная и триггерная / В.В. Адушкин, С. Б. Турунтаев. М.: ИДГ РАН, 2015. – 364 с.
2. Kuranov A., Shabarov, A., Popov, A., Tsirel, S. Geodynamic risks of mining in highly stressed rock mass (2019) E3S Web of Conferences, 129, № 01011.
3. Научно-методическое сопровождение обработки данных системы PROGNOZ-ADS. Развитие сети наблюдений, совершенствование программно-аппаратной и приборной части. Отчет НИР. ИГД ДВО РАН, 2023. – 60 с.
4. Хаст Н., Нильсон Г. Измерение напряжений в скальных породах и их значение для строительства плотин // Проблемы инженерной геологии. – Вып. 4. – М.: Мир, 1967. – С. 94 – 105.