

УДК 622.83 : 550.834

**Ломов Михаил Андреевич**  
младший научный сотрудник,  
Институт горного дела ДВО РАН,  
680000, г. Хабаровск, ул. Тургенева, 51  
e-mail: [9241515400@mail.ru](mailto:9241515400@mail.ru);

**Гладырь Андрей Владимирович**  
старший научный сотрудник,  
Институт горного дела ДВО РАН  
e-mail: [rush3112@mail.ru](mailto:rush3112@mail.ru);

**ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ  
РЕЗУЛЬТАТОВ  
СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО  
МОНИТОРИНГА НА РАСВУМЧОРРСКОМ  
И ОБЪЕДИНЕННОМ КИРОВСКОМ  
РУДНИКАХ**

*Аннотация:*

*Сложность решения проблемы предупреждения природных и техногенных катастроф при интенсивном природопользовании связана с многофакторностью условий и причин возникновения катастрофических событий, со значительными вариациями свойств и состояния геосфер, с отсутствием надежных критериев и предвестников опасных динамических явлений.*

*Современный научный подход к решению этой проблемы заключается в моделировании процессов, позволяющих адекватно описывать состояние изменяющихся природно-технических систем с последующей верификацией результатов теоретических исследований инструментальными методами. Еще больший эффект приносит совместное применение натуральных и теоретических методов, объединенных общей идеологией и максимально адаптированных к условиям решаемой задачи, что обеспечивает непрерывный многопараметрический мониторинг геофизических полей и процессов в геосферах [1 – 4]. В этой связи представляется весьма актуальной постановка научно-исследовательской работы, направленной на развитие научно-методических основ и технических средств оценки и мониторинга опасных геомеханических процессов для снижения риска техногенных катастроф при освоении месторождений полезных ископаемых.*

*Ключевые слова:* геомеханика, горное давление, напряженное состояние, горные удары, прогноз, методы, контроль

DOI: 10.25635/2313-1586.2020.02.154

**Lomov Mikhail A.**  
Junior Researcher,  
Mining Institute, Far-East Branch of RAS,  
680000 Khabarovsk, 51 Turgenev Str.  
e-mail: [9241515400@mail.ru](mailto:9241515400@mail.ru)

**Gladyr Andrey V.**  
Senior Researcher,  
Mining Institute, Far-East Branch of RAS,  
e-mail: [rush3112@mail.ru](mailto:rush3112@mail.ru)

**GRAPHICAL REPRESENTATION  
OF THE RESULTS OF SEISMIC AND  
ACOUSTIC MONITORING  
AT THE RASVUMCHORRSKY  
AND UNITED KIROVSKY MINES**

*Abstract:*

*The complexity of solving the problem of preventing natural and man-made disasters in the intensive use of natural resources is associated with the multiplicity of conditions and causes of catastrophic events, significant variations in the properties and state of geospheres, the lack of reliable criteria and signifiers of dangerous dynamic phenomena.*

*The modern scientific approach to solving this problem consists in modeling processes that allow us to adequately describe the state of changing natural and technical systems, followed by verification of the results of theoretical research using instrumental methods. Even more effective is the joint application of natural and theoretical methods, united by a common ideology and maximally adapted to the conditions of the problem to be solved, providing continuous multiparametric monitoring of geophysical fields and processes in geospheres.*

*In this regard, it is very relevant to set up research work aimed at developing scientific and methodological foundations and technical means for assessing and monitoring dangerous geomechanical processes to reduce the risk of man-made disasters in the development of mineral deposits.*

*Keywords:* geomechanics, rock pressure, state of stress, rock bursts, prediction, methods, control

## Введение

Сложность решения проблемы предупреждения природных и техногенных катастроф при интенсивном природопользовании связана с многофакторностью условий и причин возникновения катастрофических событий, со значительными вариациями свойств и состояния геосфер, с отсутствием надежных критериев и предвестников опасных динамических явлений.

В свою очередь, исследование свойств и состояния природно-технических систем требует проведения междисциплинарных исследований, подразумевающих обработку и совместный анализ различных данных, а также работу с инструментальными сетями наблюдений, измерительными системами и т.д. Это требует разработки эффективных алгоритмов, технологий и высокопроизводительных компьютерных систем для работы с разнородными наборами научных данных, которые должны обеспечить комплексное решение задач по сбору, интеграции и обработке больших объемов информации [5].

В этой связи представляется весьма актуальной постановка научно-исследовательской работы, направленной на развитие научно-методических основ и технических средств оценки и мониторинга опасных геомеханических процессов для снижения риска техногенных катастроф при освоении месторождений полезных ископаемых [6].

### *Специализированные программные комплексы*

На данное время специализированные программные комплексы представляют результаты сейсмоакустического мониторинга в табличном виде или графическом (плоские карты и полноценные 3D модели).

Как показывает опыт работы горнодобывающих предприятий, предпочтение отдается системам с графическим представлением результатов.

Примерами таких систем может служить программное приложение «GCSVisualization» (рис. 1) и программа мониторинга MonitoringGITS (рис. 2).

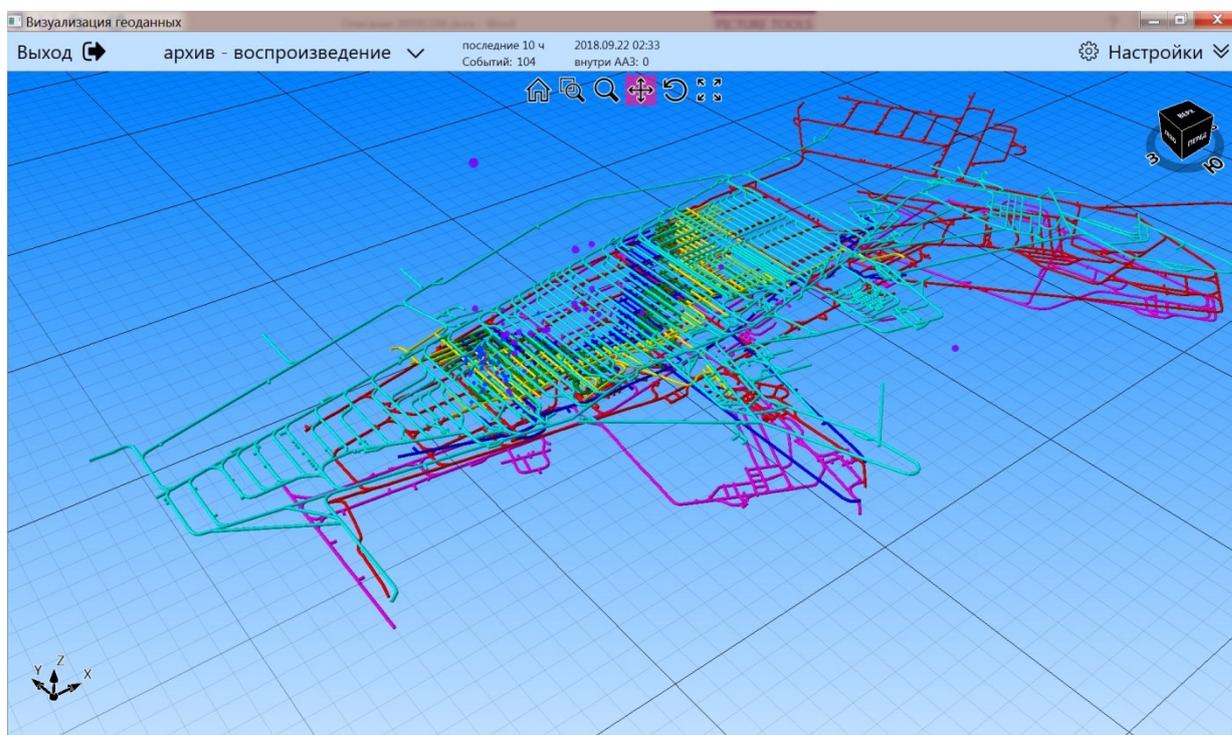


Рис. 1 – Окно программы «GCSVisualization» с отображением 3D объекта горных выработок

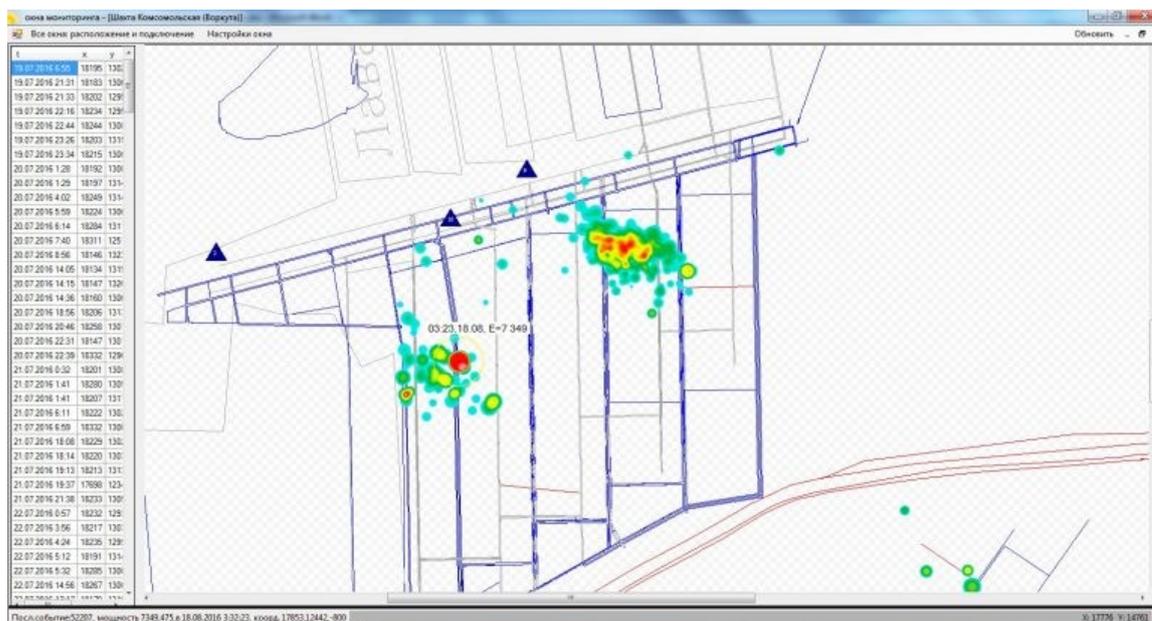


Рис. 2 – Экран мониторинга шахты Комсомольская АО «Воркутауголь» в MonitoringGITS

Программа мониторинга MonitoringGITS предназначена для визуализации изменений базы данных сейсмических событий, которая создается и обновляется в рамках работы программного комплекса WinGits, разработанного ВНИМИ.

Программа может работать с одной или несколькими базами, как локальными, так и удаленными, если к этим базам есть соответствующий доступ. Визуализация позволяет привязать возникающие события к горизонтальному плану шахты или карьера, разбить события по энергии, показать, на какое расстояние распространяется действие события и отразить затухание этого воздействия с течением времени.

На Расвумчоррском и объединенном Кировском рудниках графическое представление результатов сейсмоакустического мониторинга осуществляется при помощи программы «GCSVisualization».

Особенностью данной программы, разработанной в ИГД ДВО РАН, является отображение на экране монитора 3D объекта подземных горных выработок в формате \*.dwg или \*.dxf и очагов сейсмоакустических событий, зарегистрированных АСКГД «Prognoz-ADS» (рис. 3). Цветом выделяются контуры акустически активных зон на фоне остальных АЭ-событий [7].

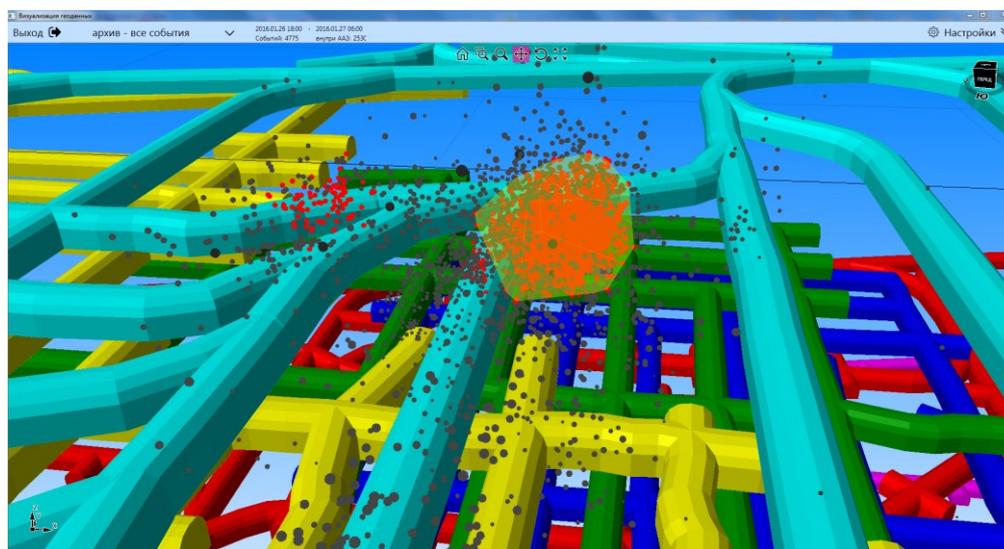


Рис. 3 – Окно приложения «GCSVisualization» с результатами мониторинга (визуализация крупной ААЗ, зарегистрированная перед толчком 27.01.2019)

Программа в режиме реального времени обращается к БД АСКГД на ПК оператора, откуда загружаются актуальные (обработанные оператором) данные: координаты скважин, сейсмоакустические события, эпицентры ААЗ и их геометрические параметры. Трехмерная модель рудника загружается из файла с расширением \*.dwg или \*.dxf, созданного в графических редакторах AutoCAD, MineFrame, Micromine, Datamine, примеры которых показаны на рис. 4.

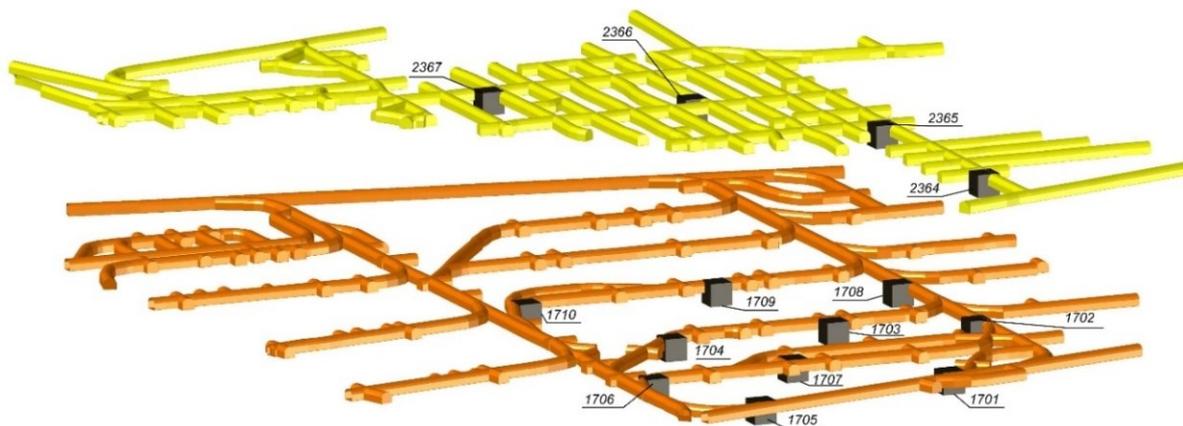


Рис. 4 – 3D модель Кукисвумчоррского месторождения

Основные функции приложения GCSVisualization:

- отображение в реальном времени местоположения очагов сейсмоакустических событий относительно подземных горных выработок;
- отображение процесса развития акустически активных зон и их позиционирование относительно горных выработок и конструкций;
- уведомление о крупных зарегистрированных сейсмоакустических событиях;
- отображение в главном окне программы результатов в виде графиков изменения параметров акустически активных зон (комплексного показателя удароопасности, скорости миграции, суммарной энергии и т.п.).

В процессе демонстрации есть возможность вращать и детализировать 3D объект. При наведении курсора на очаг выводится информация о времени регистрации, местоположении и энергии. Также на экран выводится информация по ААЗ, где приводятся значения комплексного показателя  $K_{уд}$  по выделенной зоне, а также другие показатели акустической активности (суммарная энергия, количество, координата гипоцентра и т.д.) [8].

На 3D визуализации разработка приложения «GCSVisualization» не закончится. В данное время сотрудниками ИГД ДВО РАН внедряются методы вывода информации о напряженном состоянии массива горных пород на плоские карты. Пример такого полученного результата приведен ниже, а построенная карта показана на рис. 5.

Для анализа параметров сигналов АЭ, регистрируемых при проведении буровых работ и перегрузке руды в рудоспусках, использовались данные 2019 г. (см. рис. 5). Наиболее крупная ААЗ от бурового источника в 2019 г. была зарегистрирована на гор. +170 м в период с 12 по 14 апреля в координатах  $X = 875$  м,  $Y = 557$  м,  $Z = -69$  м. Суммарное количество зарегистрированных буровых событий – 202 шт.

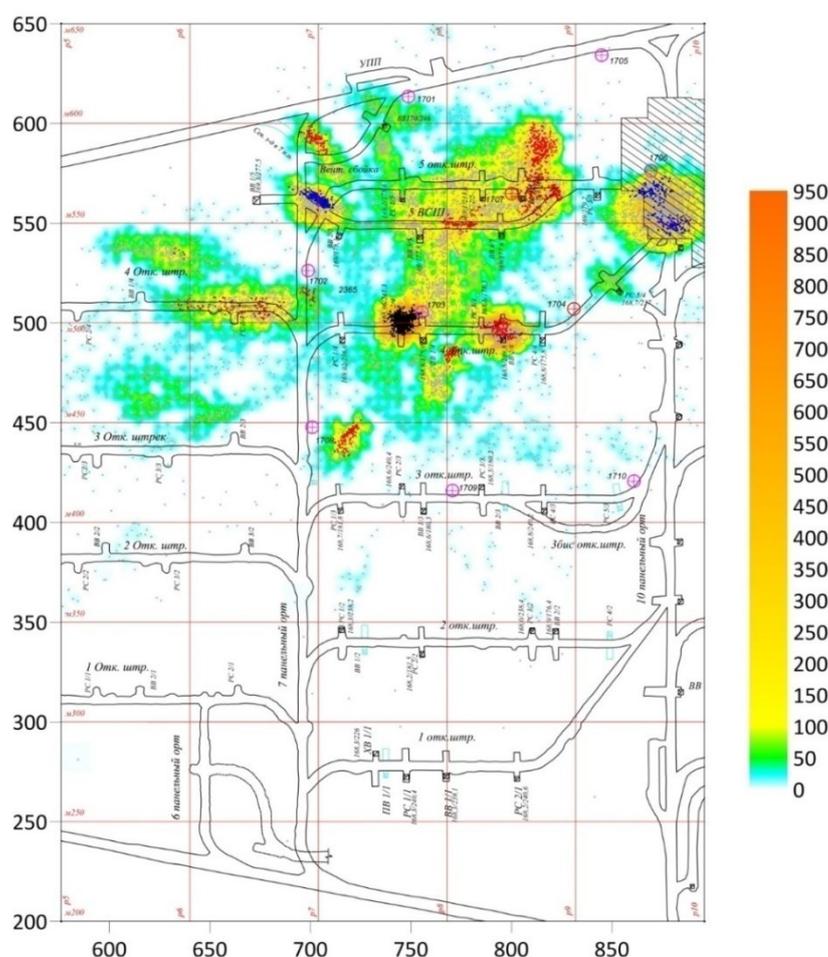


Рис. 5 – Карта акустической активности массива горных пород за I – III кв. 2019 г. в районе блока 7/10 в проекции на гор. +170 м

В период с 20 февраля по 3 марта (627 событий с суммарной энергией 13266 Дж) и с 11 по 19 марта (213 событий с суммарной энергией 5063 Дж) зарегистрирована акустическая зона в районе рудоспуска 2/4 в 4-м откаточном штреке (выделена черным цветом на рис. 5). Данные события зарегистрированы системой «Prognoz-ADS» от транспортировки руды с горизонта +209 м на горизонт +172 м через рудоспуск 2/4 и также были использованы при анализе для выбора критериев фильтрации ААЗ технологических помех.

#### Заключение

Данный способ контроля динамических характеристик сейсмоакустических преобразователей с применением визуализации акустических событий отличается от известных тем, что в нем используются прямые измерения исследуемых характеристик. В этой связи можно предположить, что погрешности измерений будут меньше, а достоверность выше, тем самым будет предотвращено как можно большее количество чрезвычайных ситуаций на горных предприятиях. К достоинствам способа можно отнести также снижение влияния человеческого фактора.

#### Литература

1. Петухов И.М. Геодинамика недр / И.М. Петухов, И.М. Батугина. – М.: Недра, 1996. – 217 с.
2. Усиков В.И. 3D-модели рельефа и строение верхней части земной коры Приамурья / В.И. Усиков // Тихоокеанская геология. – 2011. – № 6. – С. 14 – 33.

3. Константинов А.В. Разработка алгоритма автоматической идентификации сейсмоакустических сигналов средствами локального мониторинга / А.В. Константинов, А.В. Гладырь, М.А. Ломов // Проблемы недропользования. - 2019. - № 2 (21). - С. 43 - 51.
4. Опытное исследование точности локации автоматизированной системы геомеханического мониторинга в условиях анизотропии горных пород / А.В. Гладырь, М.И. Рассказов, А.А. Терешкин, А.В. Константинов // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. - 2019. - Т. 6. № 1. - С. 78 - 83.
5. Комплексная многоуровневая система геомониторинга природно-технических объектов горнодобывающих комплексов / Н.Н. Мельников, А.И. Калашник, Н.А. Калашник, Д.В. Запорожец // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. - 2018. - № 4. - С. 3 - 10.
6. Концепция комплексного геодинамического мониторинга на подземных горных работах / А.Н. Шабаров, С.В. Цирель, К.В. Морозов, И.Ю. Рассказов // Горный журнал. - 2017. - № 9. - С. 59 - 64.
7. Разработка метода выделения опасных участков в массиве горных пород по данным сейсмоакустических наблюдений / А.В. Гладырь, Г.А. Курсакин, М.И. Рассказов, А.В. Константинов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2019. - № 8. - С. 21 - 32.
8. Автоматизированная система геомеханического мониторинга подземных сооружений и горных конструкций при их эксплуатации / И.Ю. Рассказов, А.Ю. Искра, В.А. Луговой, И.А. Барашиков // Технологии гражданской безопасности. - 2010. - Т. 7. № 3 (25). - С. 92 - 97.