

УДК 622.023.23:624.131.4

DOI: 10.18454/2313-1586.2016.01.041

Писецкий Владимир Борисович

доктор геолого-минералогических наук,
профессор,
заведующий кафедрой геоинформатики
Уральского государственного
горного университета
620144, г. Екатеринбург,
ул. Куйбышева, 30
e-mail: pisetski@yandex.ru

Pisetskiy Vladimir B.

Doctor of mineralogy and geology,
professor,
Head of the Department of Geoinformatics,
Ural State Mining University
Russia, 620144, Yekaterinburg,
Kuibyshev st., 30
e-mail: pisetski@yandex.ru

Савинцев Иван Андреевич

кандидат геолого-минералогических наук,
доцент кафедры инженерной геологии
и гидрогеологии
Уральского государственного
горного университета,
e-mail: pisetski@yandex.ru

Savincev Ivan A.

PhD, Associate professor,
Department of Engineering Geology
and Hydrogeology,
Ural State Mining University
e-mail: pisetski@yandex.ru

Серков Владимир Алексеевич

кандидат геолого-минералогических наук,
доцент кафедры геоинформатики
Уральского государственного
горного университета
e-mail: pisetski@yandex.ru

Serkov Vladimir A.

PhD, Associate professor,
Department of Geoinformatics,
Ural State Mining University
e-mail: pisetski@yandex.ru

Чевдарь Сергей Михайлович

аспирант кафедры геоинформатики
Уральского государственного
горного университета
e-mail: pisetski@yandex.ru

Chevdar Sergey M.

Graduate student,
Department of Geoinformatics,
Ural State Mining University
e-mail: pisetski@yandex.ru

Шинкарьук Владислав Александрович

кандидат геолого-минералогических наук,
доцент кафедры геоинформатики
Уральского государственного
горного университета
e-mail: pisetski@yandex.ru

Shinkaryuk Vladislav A.

PhD, Associate professor,
Department of Geoinformatics,
Ural State Mining University
e-mail: pisetski@yandex.ru

**ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ
ПОРОД НА ОСНОВЕ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ С ЦЕЛЬЮ
ОПТИМИЗАЦИИ СХЕМ ПОДЗЕМНОЙ
ОТРАБОТКИ РУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**GEOMECHANICAL ANALYSIS OF ROCK
MASS BASED ENGINEERING
GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL DATA
IN ORDER TO OPTIMIZE SCHEMES
UNDERGROUND MINING ORE DEPOSITS**

Аннотация:

Рассматривается проблема обнаружения и оценки прочности зон дезинтеграции горного массива в процессах проектирования и ведения горно-технических работ в подземных условиях на основе интегрирования инженерно-геологических и инженерно-геофизических данных. В основу решения задач оценки прочности массива положены представления о масштабном эффекте различий динамических и статических свойств горных пород в моделях сред с дискретной структурой.

Abstract:

The problem of detection and evaluation of the strength of the rock mass disintegration zones in the design and conduct of mining and engineering works in underground conditions on the basis of integrating geotechnical engineering and geophysical data. The basis of the solution of problems for assessing the strength of the array are put on large-scale representation of the effect of differences in the dynamic and static properties of rocks in the medium model with a discrete structure.

Основные потери механической прочности горного массива в процессах ведения подземных горнотехнических работ связаны с зонами повышенной дезинтеграции горной породы различного генезиса. Объективное выявление таких зон возможно только на основе интегрированного анализа инженерно-геологических и инженерно-геофизических исследований, поскольку контур зоны дезинтеграции имеет существенные пространственные размеры и физико-механические свойства горных пород в ней в значительной степени определяются масштабным эффектом – существенным отличием свойств породного массива с дискретной структурой от таковых “в куске” по лабораторным данным.

Объективный учет масштабного эффекта возможен на основе применения геофизических методов исследований. Соответственно, независимый анализ инженерно-сейсмических и инженерно-электрометрических данных способен обеспечить выявление границ зон горного массива с пониженными прочностными (сейсмическими) и физическими параметрами (удельное электрическое сопротивление). Сопоставление этих зон с контурами инженерно-геологических элементов, для которых установлены физико-механические свойства пород “в куске” и характеристики трещиноватости массива по результатам изучения керна скважин, позволит уточнить количественные упругие характеристики в масштабе горного массива.

Отметим особо, что модель геотехнической системы инженерно-геологические условия – подземные выработки с прогнозными оценками компонент напряженно-деформированного состояния (НДС) способна независимым образом и в существенной степени дополнить геомеханическую модель, которая представляет собой современный комплекс оценки и прогноза устойчивости горного массива и горных выработок с использованием рейтинговых методик и блочного моделирования.

На рис. 1 – 3 в различных ракурсах показаны основные прочностные элементы модели геотехнической системы Северо-Калугинского медно-колчеданного месторождения: ГТС 1 – малопрочные породы (желтый цвет заливки), ГТС 2 – породы средней прочности (сиреневый цвет заливки), проектное положение капитальных (синий цвет объектов) и подготовительных (желтый цвет) выработок. Элемент ГТС 3 (прочные породы) на приведенных рисунках обозначен как пустое пространство. Пространственные размеры и оценки прочностных свойств названных элементов определены на основе сопоставления динамических параметров массива, найденных по сейсмическим и электрометрическим данным, с результатами полевых и лабораторных исследований керна инженерно-геологических скважин. Все показанные на рис. 1 – 3 ракурсы модели свидетельствуют о вполне благоприятном размещении всей проектной системы выработок: границы зон дезинтеграции массива не затрагивают систему выработок; выработки размещены в значительной своей части в прочных породах.

Данный пример разработки прочностной модели горного массива в проекте подземной разработки рудного месторождения с последующим расчетом напряженно-деформированного состояния в созданной ГТС свидетельствует о целесообразности и объективности интегрированного анализа всей базы геологических, лабораторных и полевых геофизических данных в рамках общей концепции геотехнической системы.

На рис. 4 показана схема сейсмических наблюдений в подземных выработках месторождения хромитовых руд “Центральное” на Полярном Урале. Схема ориентирована на оценку упругих модулей массива по данным сейсмической локализации на различных базах приема и возбуждения упругих волн (удары кувалдой и взрывы) в подготовительных и добычных штреках по серии гудинных горизонтов с одновременной детальной оценкой скоростей распространения продольных и поперечных волн на стенках штолен с помощью ультразвуковой переносной аппаратуры. Такая схема позволила получить 3D-модель упругих модулей массива с учетом разномасштабных эффектов (рис. 5).

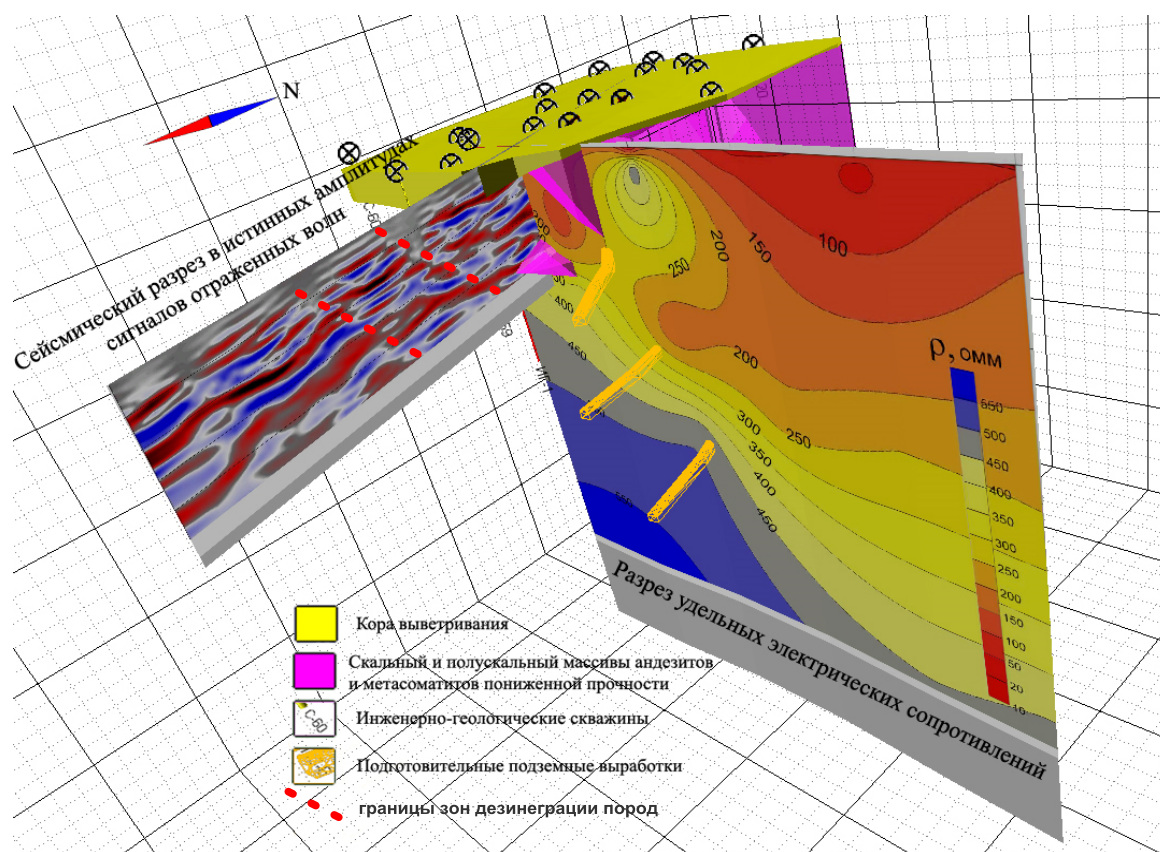


Рис. 1 – Комплект геофизических сечений в горно-геологической модели Северо-Калугинского месторождения

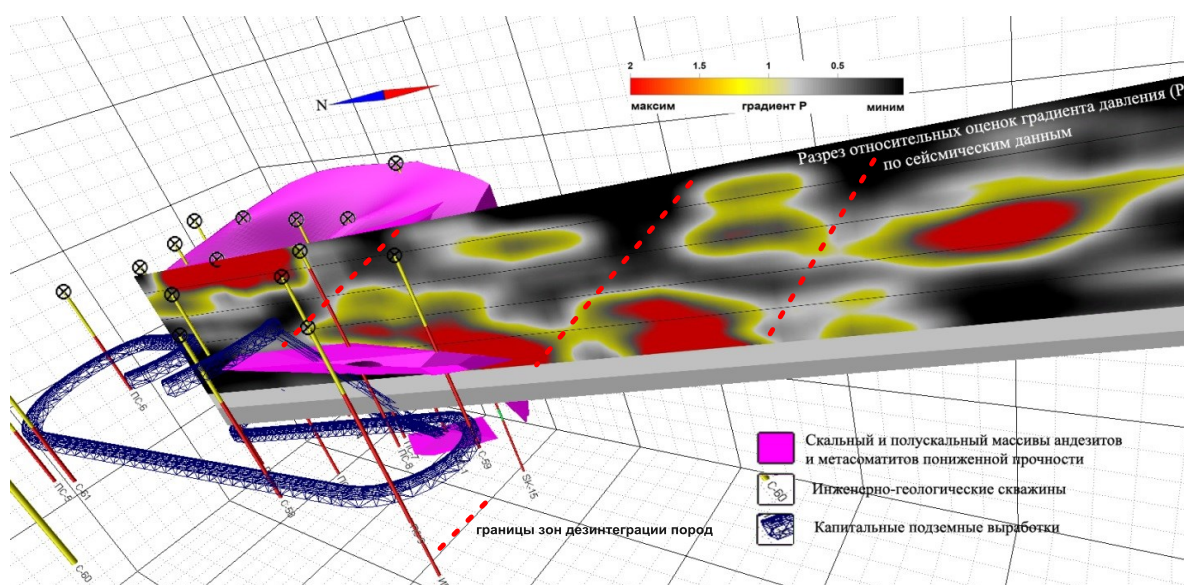


Рис. 2 – Сейсмическое сечение горно-геологической модели в относительных оценках градиента давления (Северо-Калугинское месторождение)

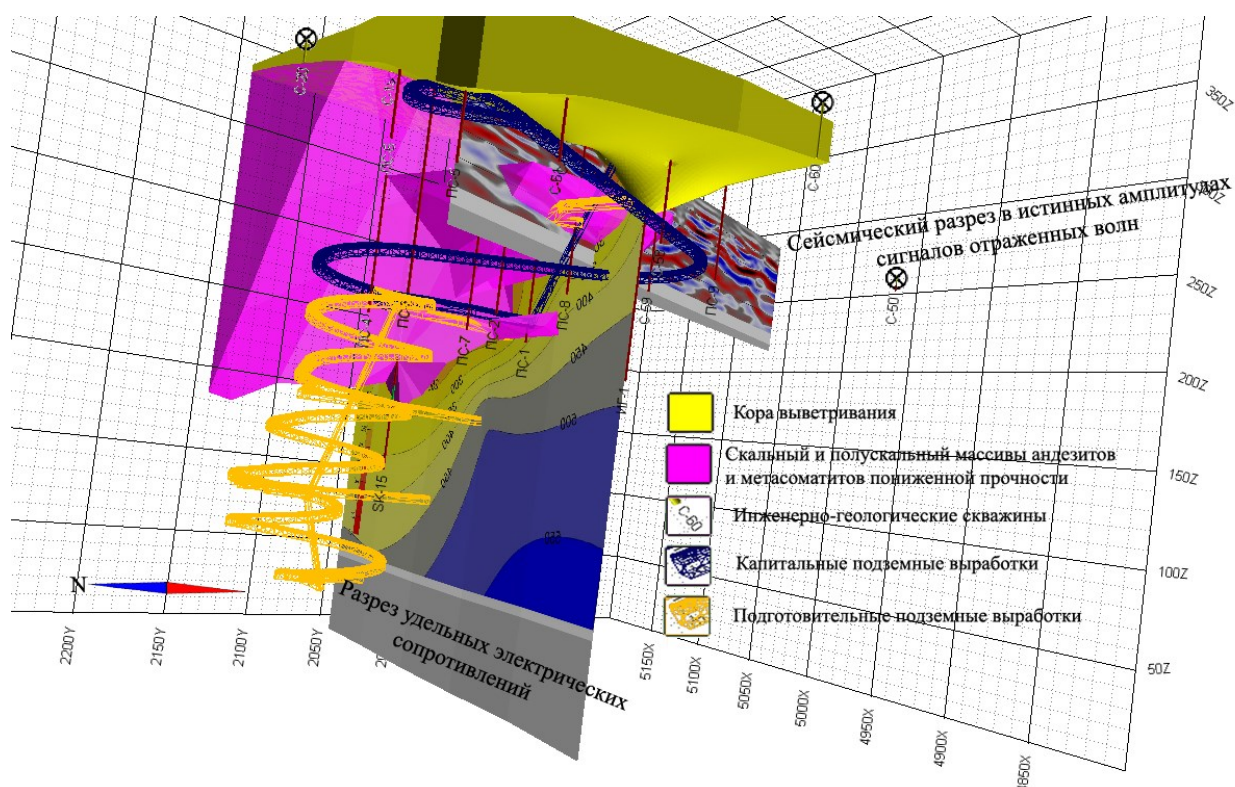


Рис. 3 – Система капитальных и подготовительных горных выработок в модели прочностных свойств горного массива (Северо-Калугинское месторождение)

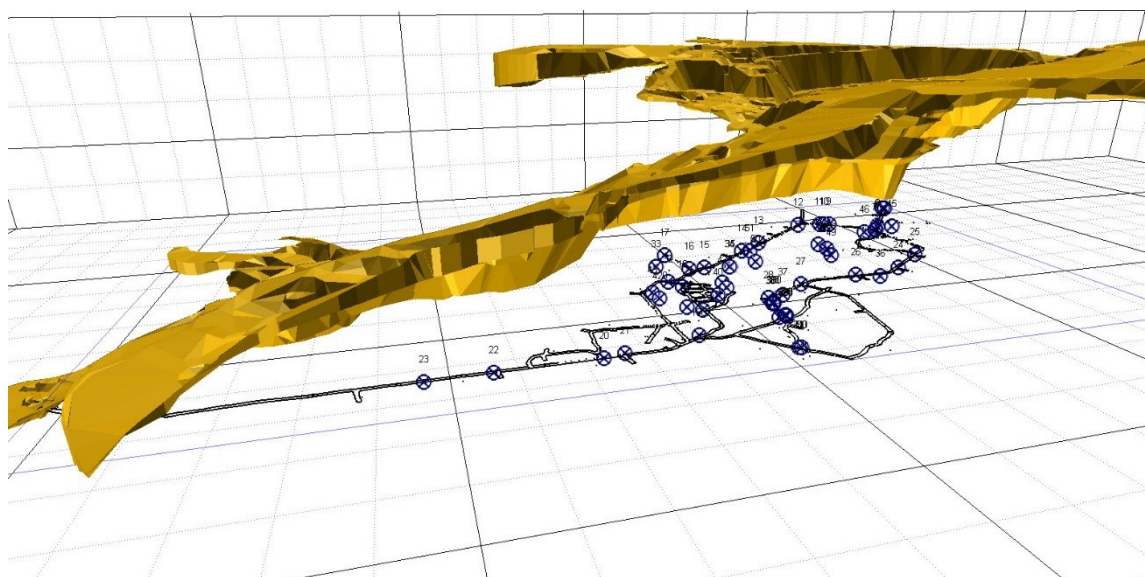


Рис.4 – Система сейсмических наблюдений в подземных выработках месторождения “Центральное”

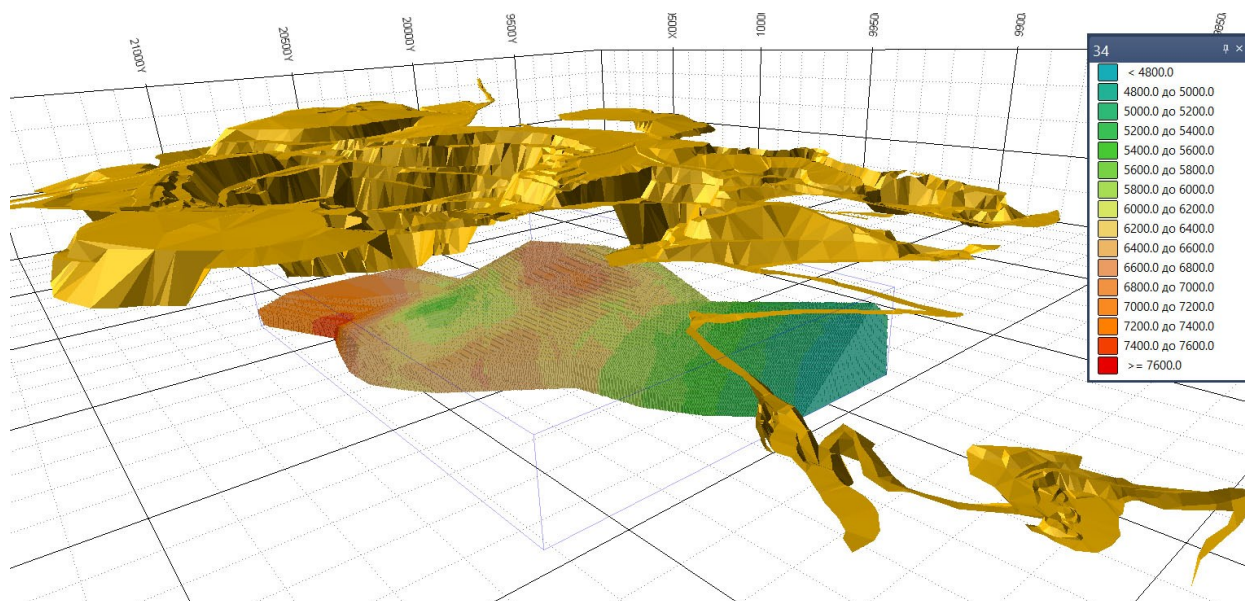


Рис. 5 – 3D-модель оценок упругих модулей по сейсмическим данным в основном контуре системы подземных выработок месторождения “Центральное”

Важным компонентом процесса поддержки и сопровождения подземной отработки рудных и других твердых ресурсов является сейсмическая система контроля и прогноза опасных геодинамических явлений. Такая система в оперативном режиме способна успешно решать не только регламентные задачи обеспечения безопасности горнотехнических работ, но и существенно оптимизировать технологии и объемы добычи сырья.

На рис. 6 показан пример непрерывной оценки относительных значений градиента давления в ближней зоне ведения буровзрывных работ в проходческо-добычном штреке с целью своевременного прогноза опасных геодинамических явлений в 3D-пространстве на дистанциях до 100 м от забоя во все стороны.

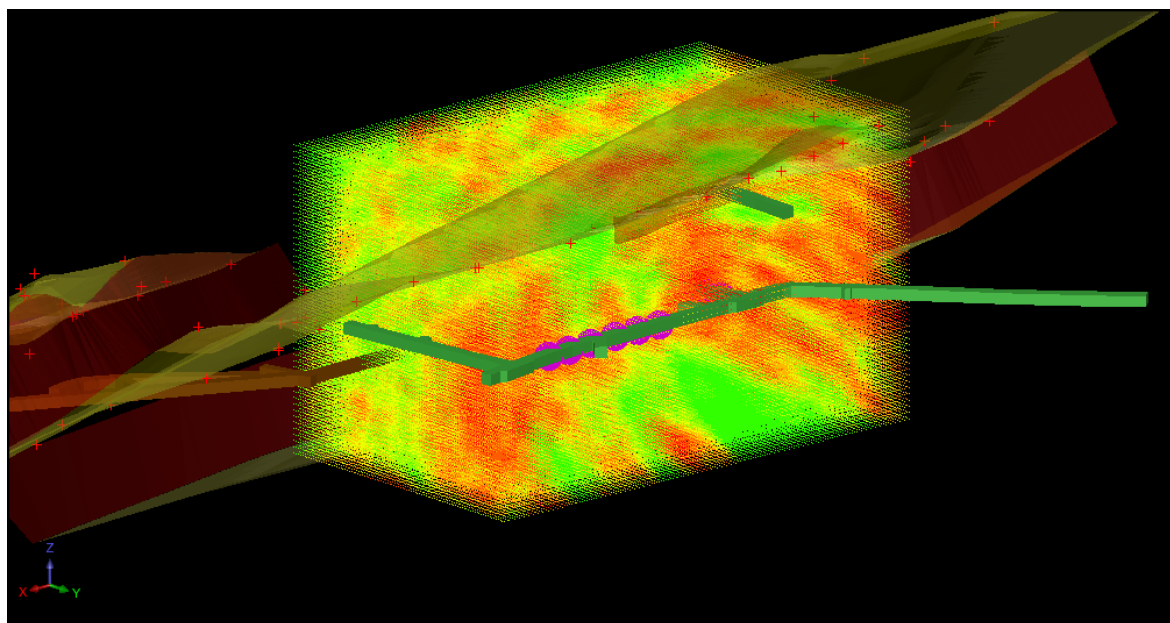


Рис. 6 – Куб оценок относительных значений градиента давления по сейсмическим данным в ближней зоне ведения буровзрывных работ (шахта “Кальинская”, СУБР)

На рис. 7 приведен пример оценки структуры и параметров рудного пласта в контуре ведения добычных работ. В этом примере по анализу распределения оценок градиента давления удастся прогнозировать, в том числе, изменение мощности рудного тела на закарстованной поверхности известняков в ближней зоне забоя в пределах от 3 – 15 м.

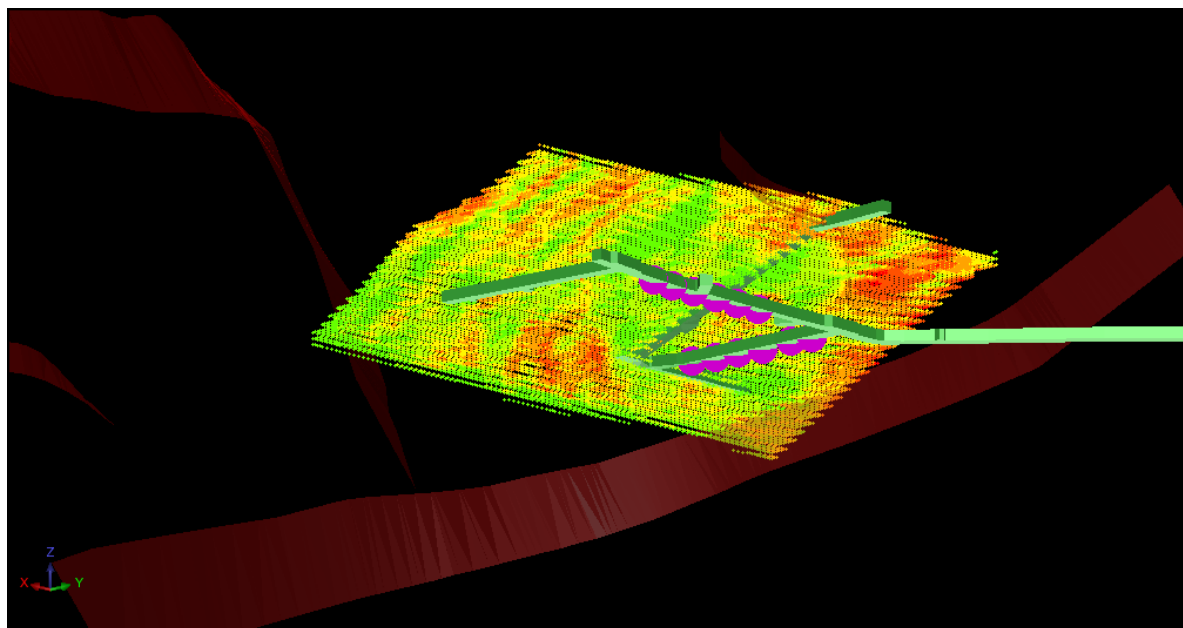


Рис. 7 – Оценки относительных значений градиента давления по сейсмическим данным в контуре рудного пласта (шахта “Кальинская”, СУБР)

Опыт применения обсуждаемого подхода к оценке прочностных свойств горного массива на стадиях инженерно-геологических изысканий под проект разработки рудных месторождений и в процессе производства подземных горнотехнических работ свидетельствует о принципиальной возможности прогноза объективных оценок прочности массива. Следует особым образом подчеркнуть, что такие оценки невозможно осуществить без целенаправленного применения геофизических методов исследования горного массива как с поверхности земли, так и в подземных выработках.