

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

STRUCTURAL FEATURES STUDY OF ROCK MASS

K. Kassymkanova,
doctor of technical sciences,
professor;

D. Kyrgyzbaeva,
PhD,
lecturer,
KazNITU named after K. Satpayev,
Republic of Kazakhstan;

N. Fedotenko,
candidate of technical sciences,
senior researcher,
IPKON RAN.
Moscow.

This article discusses various methods and modern technologies for studying the structural features of the array, as well as methods for processing the obtained data.

Keywords: field, structure, fracture occurrence elements, 3D scanners, modeling.

В решении геомеханических проблем, определяющих эффективность и безопасность разработки месторождений полезных ископаемых, одну из ключевых ролей играет структура массива горных пород, исследования которой на протяжении многих лет не теряют своей актуальности. Прошло двадцать лет после ухода из жизни А.Ж. Машанова, выдающегося ученого и неутомимого исследователя недр, но идеи о гармонии недр, пронизывающие его творчество и отражающие взгляды на структуру массива горных пород, становятся все актуальнее и необходимы в решении проблем горной промышленности Республики Казахстан.

В монографии [1] А.Машанов пишет, что основной проблемой горной науки являются две противоположные, но единые задачи: *первая* — найти закономерности деформационного состояния горных пород и *вторая* — определить условия обеспечения устойчивости горных выработок в течение необходимого времени, т.е. сохранить баланс между внедрением человека в недра и сохранением природной среды.

В решении этих проблем А.Ж. Машанов акцентировал внимание на первой задаче горной науки — на основе изучения природной геологии и принципов механики и физики твердого тела, рассчитать ту искусственную микрогеологию, которая создается человеком и определить физико-механические свойства пород, которые они будут иметь при обнажении их на соответствующих глубинах (рис. 1).

Для специалистов горнорудной промышленности становится все более ясным, что решение таких вопросов, как давление и сдвигание горных пород под влиянием подземных

Х.М. Касымканова,
доктор технических наук,
профессор;

Д.М. Киргизбаева,
доктор PhD,
лектор,
КазННТУ имени К.И. Сатпаева,
Республика Казахстан;

Н.А. Федотенко,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
ИПКОН РАН,
г. Москва.

Ключевые слова: месторождение, структура, элементы залегания трещин, 3D сканеры, моделирование.

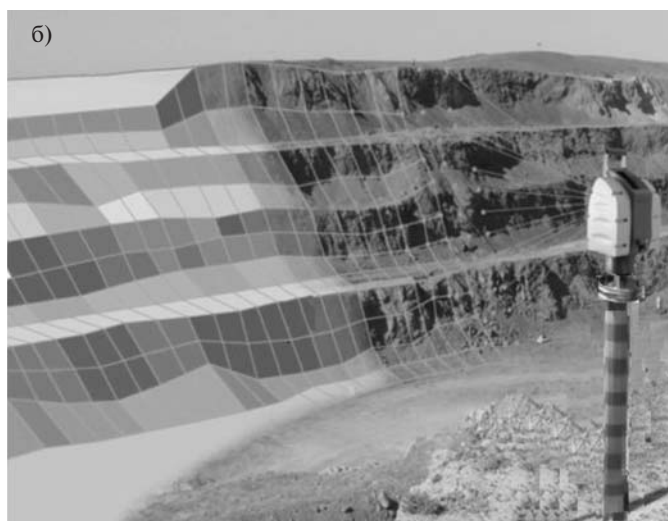


Рис. 1. А.Ж. Машанов объясняет студентам структуру горных пород.

разработок, устойчивость бортов карьеров, немыслимо без учета структурных особенностей массива. Структурные особенности массива — один из важнейших факторов, определяющих геомеханический процесс [2, 3, 4, 5].

Методы измерения трещиноватости горных пород сводятся в основном к непосредственным измерениям в обнажениях на поверхности, на откосах в карьерах, по стенкам шурфов и горных выработках, наблюдениям по кернам геологических скважин. На карьерах месторождений ПО «Каратау», на месторождениях Акбакай, Акжал, съемка трещиноватости выполнялась горным компасом в 2003 г., размеры структурных блоков (расстояния между трещинами) замерялись обычной рулеткой, углы падения трещин и азимуты их простираения — горным компасом (рис. 2 а).

В настоящее время в практике производства маркшейдерско-геодезических работ появились современные электронные приборы, например 3D сканеры позволяют достаточно подробно изучить элементы залегания трещин и разрывных нарушений (рис. 2 б). Точность получения параметров съемки определяется расстоянием между прибором и снимаемым объектом. При этом прибор устанавливается на постоянном пункте. Для установки приборов (3D сканера



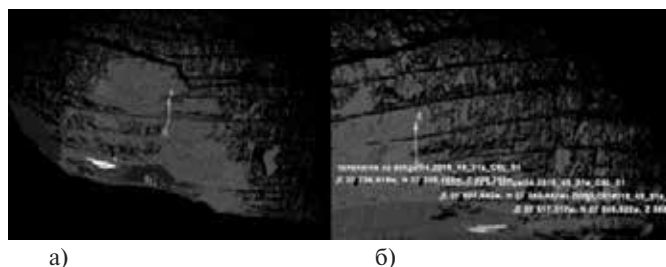
мотренной конструкцией и подтверждена патентом РК на изобретение [6].

Лазерное сканирование — технология, позволяющая создать цифровую трехмерную модель объекта, представив его набором точек с пространственными координатами. Технология основана на использовании новых геодезических приборов — лазерных сканеров, измеряющих координаты точек поверхности объекта с высокой скоростью порядка нескольких десятков тысяч точек в секунду. Для съемки трещиноватости горных пород нами был применен 3D сканер Leica ScanStation, который позволил достаточно подробно изучить элементы залегания трещин приборного массива карьера Сарыоба лазерным сканером Leica HDS4400, установленным на постоянном пункте (рис. 2 б).

Съемка элементов залегания трещин и размеров структурных блоков возможна при нахождении прибора от приборного массива до 800 метров. При этом появляется уникальная возможность получения информации о положении приборного массива без непосредственного контакта исполнителя [7]. Предлагаемая методика изучения элементов залегания трещин пород с использованием лазерного сканера следующая:

- ✦ на карьере закладывается постоянный грунтовый репер, где устанавливается лазерный сканер, с помощью которого производится съемка приборного массива (рис. 2 б);
- ✦ на компьютере с помощью программы «MaptekI-SiteStudio» создаются облако точек с наложением фотографии;
- ✦ обрабатывается полученная объемная электронная версия приборного массива на компьютере (рис. 3 а) с целью получения параметров залегания трещин: углов падения и простирания, размеров структурных блоков, образованных трещинами (рис. 3 б).

Получение цифровой модели приборных массивов карьера возможно благодаря использованию программного комплекса «MaptekI-SiteStudio» (рис. 3 б), где вычисляются значения элементов залегания трещин: азимута простирания, углов падения и размеров породных блоков.



а)

б)

Рис. 3. Результаты лазерного сканирования:

а — цифровая модель борта и б — элементы залегания трещин на экране компьютера.

Рис. 2. Съемка трещиноватости горных пород горным компасом (а) и лазерным сканером.

и других высокоточных приборов) разработан постоянный репер, позволяющий обеспечить быстроту и точность центрирования, а также исключает применение штативов (рис. 4). Техническая новизна постоянного репера заключается в возможности многократного использования, предус-

При этом размеры породных блоков между трещинами вычисляются по разности координат точек, взятой по нормам между трещинами, а элементы залегания трещины, угол простирания и угол наклона находятся в результате построения поверхности трещины.

При изучении трещиноватости горных пород накапливается большое количество данных полевых замеров. На первом

этапе обработки результатов массовых замеров залегания трещин использовались различные круговые диаграммы и стереографические сетки, обладающие рядом недостатков. В настоящее время в связи с появлением компьютеров с большим объемом оперативной памяти и быстродействием, существует ряд компьютерных возможностей по обработке результатов массовых замеров трещиноватости. Одним из них является предлагаемая нами методика автоматизированного построения «Диаграммы трещиноватости» [8].

Статистическая обработка замеров трещиноватости производится программой Golden Software Surfer 8.0, предназначенной для работы с геологическими, топографическими картами, а мы использовали ее для моделирования структурных особенностей массива горных пород. Полученное изображение (диаграмма) в виде изолинии сохраняется вместе с задачей и обновляется всякий раз, при новых данных структурных особенностей массива.

Результаты обработки могут быть распечатаны непосредственно из программы или сохранены на диске в предлагаемом формате для дальнейшего использования и представляются в двух видах: в двумерном (рис. 4 а) и в трехмерном (рис. 4 б).

Результаты обработки трещиноватости горных пород по наблюдательным станциям и сравнение этих результатов с замерами горным компасом и лазерным сканером дали расхождение в 3-4 %, что является допустимым.

Таким образом, в результате автоматизированного построения диаграмм трещиноватости установлено, что для месторождения характерно наличие 4-х основных систем трещин со средними значениями элементов залегания (азимут, угол падения): I (30° , 55°), II (125° , 81°), III (220° , 75°) и IV (310° , 89°).

Полученное изображение (диаграмма) в виде изолинии сохраняется вместе с задачей и обновляется всякий раз, при новых данных структурных особенностей массива.

Устойчивость прибортовых массивов определяются степенью их трещиноватости. Технология упрочнения трещиноватого массива должна обеспечить полное заполнение трещин в массиве различными растворами и надежно скрепить отдельные структурные блоки в единое целое [9]. Исследовательской группой создан раствор для укрепления трещиноватых горных пород, обладающий низкой стоимостью, достаточной текучестью для заполнения мелких трещин и адгезией к горным породам, высокой прочностью.

Раствор содержит цемент, наполнитель и воду. В качестве наполнителя использованы хвосты обогатительных фабрик горно-металлургических комплексов. Параллельно был иссле-

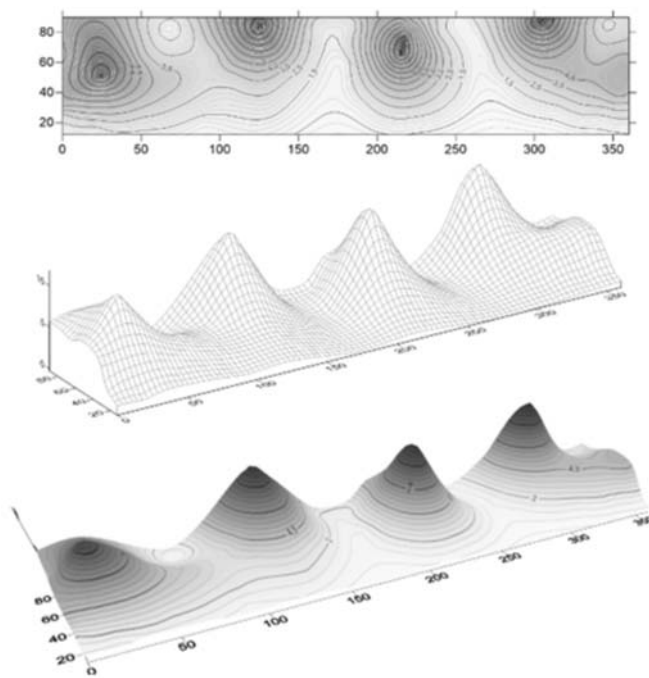


Рис. 4. Результаты моделирования трещиноватости горных пород.

дован и получен новый состав для укрепления трещиноватых участков откосов борта и подземных выработок, позволяющий использовать отходы горного производства и повысить прочность и морозостойкость полученного материала. Техническая новизна раствора для укрепления борта карьера подтвержден патентом РК на изобретение [10].

Установлено, что на рудниках главным фактором изменчивости является структурная неоднородность и трещиноватость массива пород. В этой связи разработана оригинальная методика решения проблемы, которая заключается, с одной стороны, в оперативном прогнозе участков повышенной трещиноватости, с другой стороны — в разработке специальной технологии повышения прочности массива путем заполнения трещин созданным раствором.

Таким образом, идея «гармонии недр» А.Ж. Машанова о структуре массива горных пород, развиваемая с использованием современных методов исследования, позволяет раскрыть реальные закономерности формирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород и установить все существующие на карьере структурные элементы, деформаций и получить их модели в цифровом виде и вставить их в расчетные схемы геомеханических моделей прибортовых массивов. ■

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК (Грант №AP08857097).

ЛИТЕРАТУРА

1. Машанов А.Ж., Певзнер М.Е., Бекбасаров Ш.С. Устойчивость уступов и бортов карьеров бассейна Каратау. - Алма-Ата, Наука, 1981.-120 с.
2. Машанов А.Ж., Нурпеисова М.Б. Геомеханика. - Алматы: КазНТУ, 2000. - 150 с.
3. Каплунов Д.Р., Федотенко В.С. Устойчивое развитие горнотехнических систем как переход от добычи полезных ископаемых к освоению георесурсов и сохранению недр // Горный журнал. 2021. № 8. С. 4-7. DOI: 10.17580/gzh.2021.08.01
4. Нурпеисова М.Б. Геомеханика рудных месторождений Казахстана (монография). - Алматы: КазНТУ, 2012. 324 с.
5. Геомеханика. Нурпеисова М.Б., Милетенко Н.А. Учебное пособие. Алматы, 2015., 245 с.
6. Патент РК №2021/0160. Наземный постоянный геодезический пункт принудительного центрирования приборов /Нурпеисова М.Б., Рысбеков К.Б., Айтказинова Ш.К., Доненбаева Н.С., Нукарбекова Ж.М., Дербисов К.Н. от 11.03.2021.

7. Nurpeisova M.B., Kirgizbayeva D.M., Kopzhasaruly K. Innovative methods of the rock massif fractures survey and treatment of its results // D. : NHU, Issue 2, 2016, Pages 11-18 (Scopus, Q3, проц. 27).
8. Нурпеисова М.Б., Касымканова Х.М., Киргизбаева Г.М. и др. Автоматизация процессов маркшейдерского обеспечения горного производства //Промышленность Казахстана.- Алматы, 2004. № 5.- С. 70-71.
9. Экологическая и промышленная безопасность освоения недр. Коллективная монография под общей редакцией М.Б.Нурпеисовой. - Алматы: КазНУТУ, 2017.- 480 с.
10. Патент РК №2021/0634. Состав раствора для укрепления нарушенных массивов / Бек А.А., Доненбаева Н.С., Нурпеисова М.Б., Айтказинова Ш.К., Н.С., Нукарбекова Ж.М., Дербисов К.Н. от 25.10.2021.



ИПКОН РАН



Министерство науки и образования РФ
Российская академия наук
Отделение наук о Земле
Научный совет РАН по проблемам горных наук
Российский фонд фундаментальных исследований
Институт проблем комплексного освоения недр
им. академика Н.В. Мельникова

5 конференция
Международной научной школы
академика РАН К.Н.Трубецкого

«ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ
И СОХРАНЕНИЯ ЗЕМНЫХ НЕДР»

14-18 ноября 2022 г.

Контакты:
(495) 360-54-17 – Оргкомитет
e-mail: konf_trubetskoy@mail.ru
Страница конференции: http://ипконран.рф/?page_id=2352

WWW.GEOMAR-NADRA.RU