УДК 621.396.96:622.02(001)

К.О. Соколов

ВОЗМОЖНОСТИ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

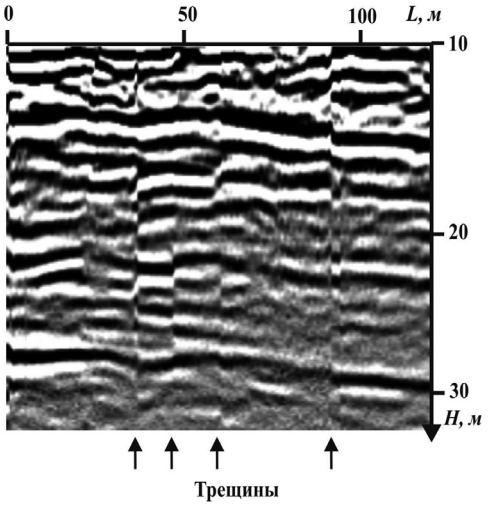
Предложено использовать для геомеханического изучения массива горных пород, такой метод геофизики, как георадиолокация. Этот метод позволяет оперативно и достоверно получать информацию о таких свойствах горного массива, как слоистость и трещиноватость. Несомненным преимуществом предлагаемого способа исследования является возможность дистанционного (без нарушения целостности массива) получения непрерывных данных о строении массива, что позволяет зафиксировать все структурные особенности, которые могли быть пропущены при точечных измерениях, проводимых по традиционной методике. Георадиолокация успешно используется, например, для изучения слоистости, но ее эффективное применение для исследования трещиноватости массива требует разработки соответствующих научно-методических основ. В настоящее время с помощью метода георадиолокации изучаются только некоторые виды трещин. Приведен фрагмент георадиолокационного разреза иллюстрирующий возможность выявления трещин, которые входят в область интересов геомеханики по своим характеристикам. Представлены примеры определения линейного коэффициента трещиноватости и коэффициента слоистости по данным георадиолокационных измерений.

Ключевые слова: геомеханика, георадиолокация, слоистость массива, трещиноватость массива, мерзлый горный массив, линейный коэффициент трещиноватости, коэффициент слоистости.

Структурно-тектоническое и блочно-иерархическое строение локальных участков земной коры, как характеристика механического состояния реальных массивов горных пород, является одним из приоритетных научных направлений в геомеханике [1]. Основными структурными особенностями горного массива, определяющими его геомеханические свойства являются трещиноватость, блочность, а также слоистость. Для их изучения проводятся полевые наблюдения, состоящие из точечных замеров [2] в обнажениях. Современные геофизические методы позволяют изучать эти структурные особенности массива в их естественном залегании, дистанционно, без нарушения целостности самого массива.

Информацию о складках и трещинах позволяют получать почти все геофизические методы, но в настоящее время предпочтение отдается сейсморазведке, магнитометрии, гравиразведке, электроразведке и геофизическим исследованиям скважин. Сейсморазведка является эффективным средством изучения слоистой и блоковой структуры геологического пространства на любых глубинах, но требует соответствующих финансовых и трудовых затрат. Магниторазведка и гравиразведка успешно применяются для картирования крупных разломов по косвенным признакам. С помощью методов электроразведки трещины в горном массиве могут быть обнаружены по понижению сопротивления горных пород. Однако выявленные аномалии требуют подтверждения и разбраковки [3].

В геомеханике особое внимание уделяется трещинам от 0,1 м до



Зона тектонического дробления и трещиноватости

100 м длиной и блоками, размером от десятков метров до 10 км, оконтуренных геологическими нарушениями, тектоническими разрывами и т.д. [4]. Для изучения этих объектов возможно использование георадиолокации, волнового геофизического метода, относящегося к высокочастотной электроразведке и имеющем значительное преимущество перед сейсморазведкой по производительности [5]. Георадиолокационная съемка проводится в виде зондирований в режиме профилирования, что позволяет уверенно определять вертикальные границы, характерные для трещин и разломов в горном массиве. Ограничением применения метода георадиолокации является его относительно небольшая глубинность (до 30 м). Его эффективное применение возможно при исследовании массива горных пород с невысоким удельным поглощением электромагнитной энергии и перекрытого рыхлыми отложениями небольшой мощности. Таким образом, наиболее благоприятными для георадиолокационного изучения являются многолетнемерзлые породы [6]. Многообразие серийно выпускаемых георадаров с диапазоном излучаемых частот от 30 МГц до 2000 МГц позволяет применять их для изучения широкого класса трещин [4], в том числе и для определения их длины, ширины, ориентации, а также для количественной оценки слоистости и трещиноватости (линейной, площадной и объемной).

Например, на рисунке представлен фрагмент георадиолокационного разреза, полученного при исследовании участка 11/2000 на месторождении р. Хас-Сарара (ОАО «Алмазы Анабара»). По осям синфазности георадиолокационных сигналов и их смещениям возможно определить количество слоев в разрезе (5) и наличие трещин (4). На основе этих данных, исходя из ГОСТ Р 50544–93 можно рассчитать линейный коэффициент трещиноватости $K_{лт}$ = 4/120 м и коэффициент слоистости $K_{с}$ = 5/20 м.

Эффективное использование георадиолокации для решения задач геомеханики возможно после разработки соответствующей научно-методической основы, включающей не только методику проведения измерений, но и прежде всего алгоритмы обработки и интерпретации, позволяющих оперативно проанализировать большой объем полученных георадиолокационных данных, что, в конечном счете, повысит точность, надежность и достоверность исследования геомеханических свойств горного массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андрейко С.С.* Современные проблемы науки и производства в области горного дела, учеб. пособие. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010. – 338 с.

2. *Певзнер М.Е., Иофис М.А., Попов В.Н.* Геомеханика: учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ, 2008. – 438 с.

3. *Гладков А.С., Борняков С.А., Манаков А.В., Матросов В.А.* Тектонофизические исследования при алмазопоисковых работах. Методическое пособие.– М.: Научный мир, 2008. – 175 с.

4. *Баклашов И.В.* Геомеханика: учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ, 2004. – Т. 1. – 208 с.

5. *Калинин А.В., Владов М.Л., Старовойтов А.В., Шалаева Н.В.* Высокоразрешающие волновые методы в современной геофизике // Разведка и охрана недр. – 2002. – № 1. – С. 23–27.

6. *Федорова Л.Л., Омельяненко А.В.* Георадиолокационные исследования многолетнемерзлых пород. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2006. – 136 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Соколов Кирилл Олегович – кандидат технических наук, научный сотрудник,
e-mail: _ksokolov@mail.ru,
Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения РАН.

UDC 621.396.96:622.02(001)

THE STUDY OF THE POSSIBILITY OF GPR GEOMECHANICAL PROPERTIES OF ROCK MASS

Sokolov K.O., Candidate of Technical Sciences, Researcher, e-mail: _ksokolov@mail.ru,
N.V. Chersky Institute of Mining of the North, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
677980, Yakutsk, Russia.

The article suggests using a geomechanical study of the rock mass, this method of geophysics as GPR. This method allows you to quickly and accurately obtain information about such properties of the rock mass as layering and fracturing. The undoubted advantage of the proposed method of research is the ability to remotely (without violating the integrity of the array) obtain continuous data on the structure of the array that allows you to capture all of the structural features that could be missed by point measurements carried out according to traditional methods. GPR has been used successfully, for example, to study the stratification, but its effective application to the study of fracture array requires the development of appropriate scientific and methodological foundations. At the moment method using GPR study only certain types of fractures. This article is an excerpt GPR section illustrating the ability to detect cracks that are within the scope of interest of geomechanics in their characteristics. The examples of the definition of the linear coefficient of fracturing and stratification factor according to the GPR measurements.

Key words: geomechanics, GPR, stratification of rock, frozen rock, linear coefficient of fracture, coefficient stratification.

REFERENCES

1. Andreiko S.S. *Sovremennye problemy nauki i proizvodstva v oblasti gornogo dela*, uchebnoe posobie (Modern problems of science and industry in the field of mining), Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010. 338 с.

2. Pevzner M.E., Iofis M.A., Popov V.N. *Geomekhanika*: uchebnik dlya vuzov (Geomechanics. Textbook for high schools), Moscow, Izd-vo MGGU, 2008, 438 p.

3. Gladkov A.S., Bornyakov S.A., Manakov A.V., Matrosov V.A. *Tektonofizicheskie issledovaniya pri almazopoiskovykh rabotakh*. Metodicheskoe posobie (Tectonophysical research at diamond exploration), Moscow, Nauchnyi mir, 2008, 175 p.

4. Baklashov I.V. *Geomekhanika*: uchebnik dlya vuzov. T. 1 (Geomechanics. Textbook for high schools. Vol. 1), Moscow, Izd-vo MGGU, 2004, 208 p.

5. Kalinin A.V., Vladov M.L., Starovoitov A.V., Shalaeva N.V. *Razvedka i okhrana nedr*. 2002, no 1, pp. 23–27.

6. Fedorova L.L., Omel'yanenko A.V. *Georadiolokatsionnye issledovaniya mnogoletnemerzlykh porod* (GPR study of permafrost), Yakutsk: Izd-vo YaNTs SO RAN, 2006, 136 p.