

УДК 622.831

**РЕГИСТРАЦИОННО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС РДК РЭМИ-3  
И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ  
ПОРОД В УСЛОВИЯХ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК  
ТАШТАГОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ****А.А. Бизяев<sup>1</sup>, А.Г. Вострецов<sup>1</sup>, Г.Е. Яковицкая<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Новосибирский государственный технический университет*<sup>2</sup>*Институт горного дела имени Н.А. Чинакала СО РАН*

В статье приводятся результаты разработки регистрационно-диагностического комплекса РДК РЭМИ-3, основанного на регистрации сигналов электромагнитного излучения (ЭМИ) в реальном масштабе времени. Комплекс включает автономный портативный прибор регистрации ЭМИ РЭМИ-3, позволяющий регистрировать и записывать во внутреннюю память сопутствующее трещинообразованию ЭМИ горных пород в реальном масштабе времени и программное обеспечение для персонального компьютера, позволяющее на основе обработки записей сигналов ЭМИ осуществлять диагностику и прогноз состояния массива горных пород. Прибор РЭМИ-3 позволяет также в реальном времени обнаруживать резкие изменения характеристик сопутствующего трещинообразованию ЭМИ и прогнозировать на этой основе опасные динамические проявления горного давления. Разработанный комплекс прошел предварительные, а затем и производственные испытания в условиях подземных горных выработок Таштагольского месторождения и показал хорошие результаты по возможности его использования для диагностики динамических проявлений горного давления. В статье приведены также результаты экспериментальных исследований, проведенных с помощью РДК РЭМИ-3.

*Ключевые слова:* разрушение горных пород, диагностика, прогноз разрушения, электромагнитное излучение.

DOI: 10.17212/1727-2769-2015-3-29-38

**Введение**

Известно, что метод, основанный на регистрации ЭМИ, в последние десятилетия интенсивно используется для диагностики и контроля как землетрясений [1], так и различного рода динамических проявлений горного давления [2].

Так, например, при прогнозе динамических проявлений в природных условиях на карналлитовых пластах использовалась методика, разработанная в [3]. Здесь же с помощью прибора ЕГ-6 разработки ВНИМИ [4], работающего на фиксированной частоте 40 кГц, получено, что при регистрации сигнала с амплитудой, не превышающей в три раза ее величину, измеренную вне зоны опорного давления, ситуацию считают невыбросоопасной, а при больших величинах амплитуд – выбросоопасной. В разработанный ВНИМИ измерительный комплекс «Ангел» [5] заложен методический подход, позволяющий производить оценку параметров нестационарных геофизических полей, связанных с разрушением горных пород, а также экспресс-прогноз удароопасности участков массива на основании сигналов ЭМИ. Прибор регистрирует сигналы на частоте до 31кГц, оценивая амплитуду и форму сигнала.

Однако существующие приборы не в полной мере удовлетворяют как исследователей, так и производственные службы, так как не позволяют производить запись сигнала в течение нескольких часов с последующим сравнением изменяющихся электромагнитных характеристик.

Основной задачей настоящей работы являлись разработка и создание такого комплекса, который позволял бы проводить ежедневную регистрацию сигналов ЭМИ в одних и тех же условиях подземных горных выработок с последующим сравнением параметров, структуры и спектральных характеристик сигналов ЭМИ и по их изменению проводить диагностику и контроль приближения динамических проявлений горного давления.

### 1. Разработка регистрационно-диагностического комплекса РДК РЭМИ-3

Регистрационно-диагностический комплекс РДК РЭМИ-3 состоит из портативного автономного прибора «РЭМИ-3», предназначенного для регистрации сигналов ЭМИ в условиях рудников и шахт и имеющего интерфейс для связи с персональным компьютером, и программного обеспечения «ПО РЭМИ-3» для хранения, обработки и анализа экспериментальных данных, полученных с помощью «РЭМИ-3», на персональном компьютере (рис. 1).

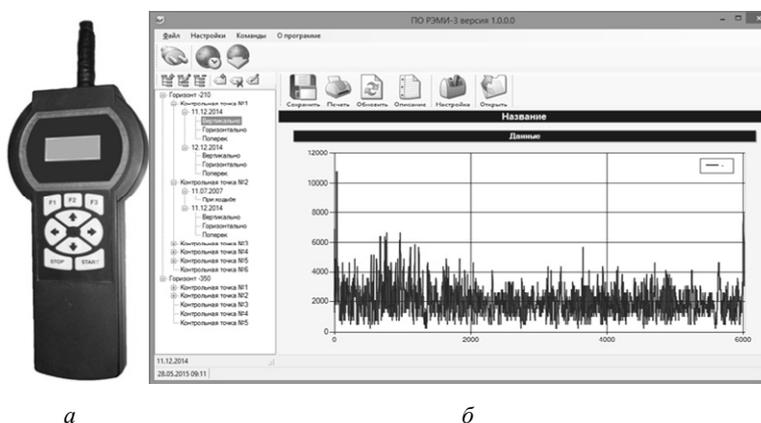


Рис. 1 – Внешний вид прибора «РЭМИ-3» (а) и интерфейса программного обеспечения (б)

Fig. 1 – Appearance the device "REMI-3" view (a) the software interface view (b)

Прибор «РЭМИ-3» регистрирует ЭМИ, которые оцифровываются 10-разрядным АЦП, усредняются на интервале 5 мс и записываются в энергонезависимую память. Усредненные значения на интервале 1 с отображаются на цифровом индикаторе. Регистрация сигналов ЭМИ осуществляется непрерывно в течение 8 часов, что позволяет получить объем информации для анализа напряженно-деформированного состояния на различных горизонтах по изменениям интенсивности и уровня сигналов электромагнитного излучения в различных точках рудника, а также выявить тенденции в структуре и параметрах сигнала перед геодинамическим проявлением. Также прибор оснащен часами для синхронизации с неземными сейсмическими станциями, индикатором для наблюдения в реальном времени текущего состояния электромагнитной обстановки и интерфейсом USB для сопряжения с компьютером пользователя и сохранения результатов измерения в базу данных.

#### Технические характеристики прибора «РЭМИ-3»

- чувствительность..... 6 мВ/м
- рабочий диапазон частот ..... 10 Гц... 70 кГц
- нелинейность частотной характеристики в полосе пропускания .... ≤ 1 дБ

- разрядность АЦП.....10
- интервал усреднения показаний на индикаторе .....1 с
- объем энергонезависимой памяти .....8 МБ
- тип компьютерного интерфейса.....USB
- время непрерывной регистрации .....8 часов
- рабочий температурный диапазон .....–5...+30 °С
- масса с аккумулятором .....300 г

Структурная схема прибора РДК РЭМИ-3 приведена на рис. 2.

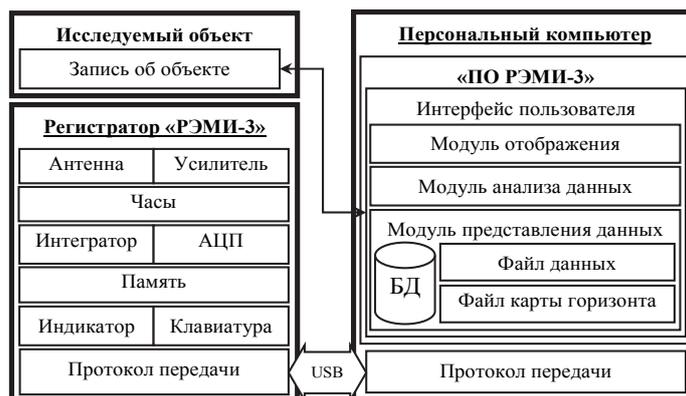


Рис. 2 – Структурная схема РДК РЭМИ-3

Fig. 2 – Block diagram of the RDK REMI-3

Программное обеспечение «ПО РЭМИ-3» позволяет с помощью персонального компьютера производить считывание и визуализацию накопленных результатов регистрации. На рис. 3 представлен интерфейс пользователя программного обеспечения, с помощью которого пользователь производит копирование данных с устройства в базу данных и их визуализацию на экране монитора. При визуализации на выводимых на экран компьютера осциллограмм по оси абсцисс отложено время регистрации электромагнитного сигнала в мс, по оси ординат – значение регистрируемого напряжения в мВ.

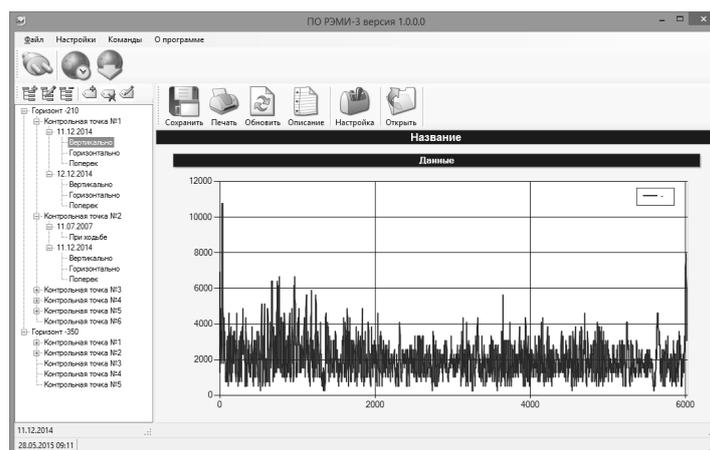


Рис. 3 – Интерфейс пользователя программного обеспечения

Fig. 3 – Interface Software

Структурная схема «ПО РДК РЭМИ-3» представлена на рис. 4.

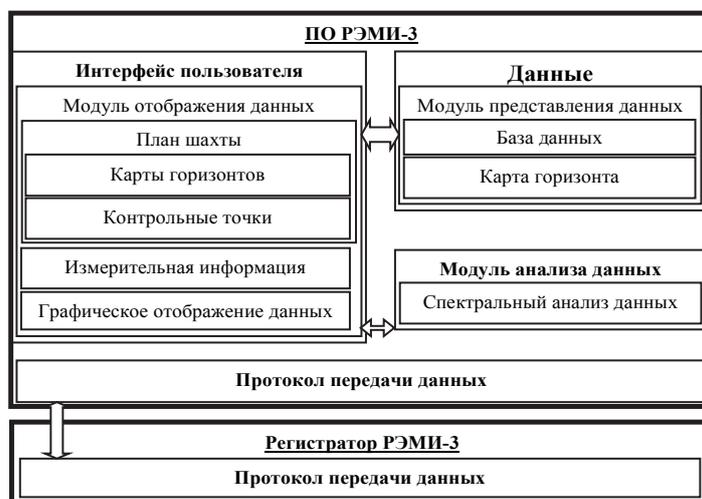


Рис. 4 – Структурная схема программ для системы сбора данных

Fig. 4 – Block diagram of software for data acquisition systems

Программное обеспечение «ПО РЭМИ-3» имеет модульную систему, каждый модуль которой взаимодействует по внутренней логике программы в зависимости от настроек программы. Программа сопрягается с прибором «РЭМИ-3» через интерфейс USB. Программа адаптирована под пользователя таким образом, чтобы он мог наблюдать тенденцию изменения структуры и параметров сигнала в контрольных точках на разных горизонтах.

## 2. Экспериментальные исследования по диагностике процесса разрушения участка массивов горных пород с помощью регистрационно-диагностического комплекса РДК РЭМИ-3 на Таштагольском руднике

*Регистрация фоновой составляющей сигналов ЭМИ.* Исследования проводились на горизонтах – 210 м, орт 4, – 280 м, орт 5, и в сборно-вентиляционном штреке, а также на горизонте – 350 м, орты 18, 19, 20, 21.

Методика исследований предусматривала профилирование вдоль выработок с измерением сигнала ЭМИ через каждые 15 м. В каждой точке измерений антенны располагались в трех взаимно перпендикулярных направлениях.

Результат регистрации представлен на рис. 5. На осциллограмме по оси абсцисс отложено время в мс относительно начала наблюдений, а по оси ординат – величина напряжения сигнала ЭМИ на выходе усилителя прибора в мВ. Уровень фонового сигнала составлял примерно 150–200 мВ по всей длине штрека.

*Регистрация сигналов ЭМИ при заколообразовании.* Характерными признаками этого вида динамических проявлений является продолжительный по времени повышенный фон сигналов ЭМИ при таком положении магнитной антенны, когда ее ось совпадает с осью, направленной перпендикулярно плоскости заколов. Регистрация электромагнитного излучения в местах образования заколов и после их оборки проводилась на руднике «Таштагольский» на горизонтах – 210 м, орты 19, 20, в 27, 28, 29 блоках и при профилировании орта 5 на горизонте – 280 м. В ходе эксперимента была зарегистрирована серия сигналов ЭМИ существенно повы-

шенной амплитуды (рис. 6). Наличие заколов наблюдалось визуально на протяжении 20 м в кровле выработки. Результаты экспериментов по регистрации сигналов ЭМИ при заколообразовании представлены на рис. 6. Установлено, что в местах интенсивного заколообразования область влияния очаговой зоны от заколов (уровень сигналов ЭМИ) возрастала в 5 раз по сравнению с электромагнитным фоном и резко уменьшалась до естественного фона при удалении от нее на расстояние более 10 м. После оборки заколов уровень сигналов ЭМИ также снижался и регистрировался на уровне естественного фона.

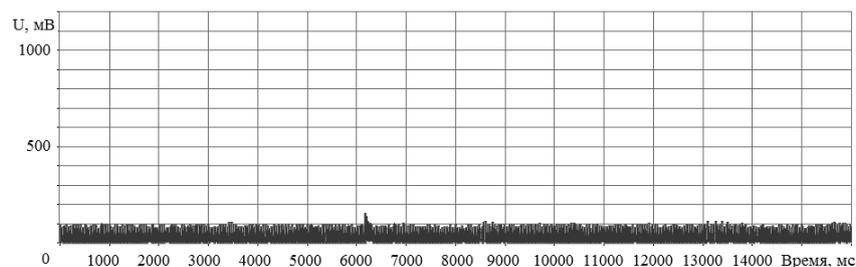


Рис. 5 – Результаты регистрации фоновой составляющей ЭМИ

Fig. 5 – The results of the registration of the background component of the EMR

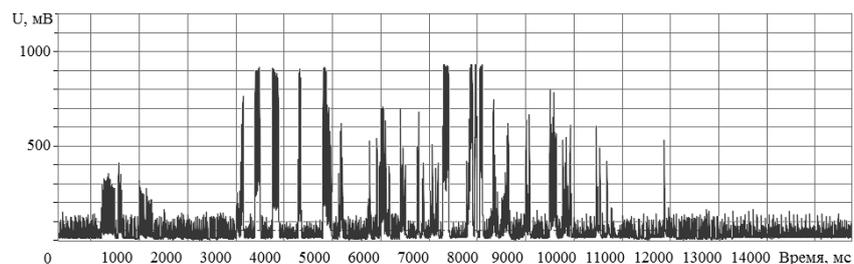
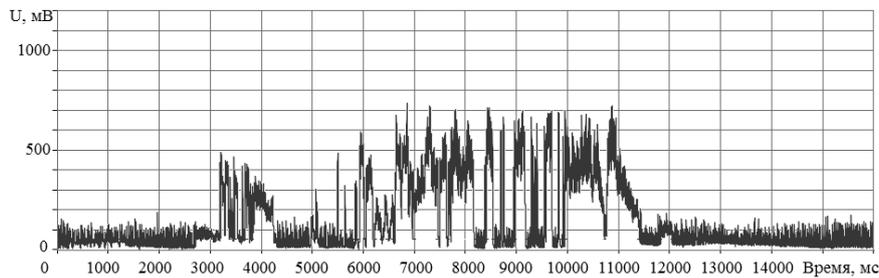


Рис. 6 – Результаты регистрации сигналов ЭМИ при заколообразовании, рудник Таштагольский, гор.– 280 м, орт 5

Fig. 6 – Results recording signals at EMP, mine Tashtagol, gor. – 280 m, 5 ort

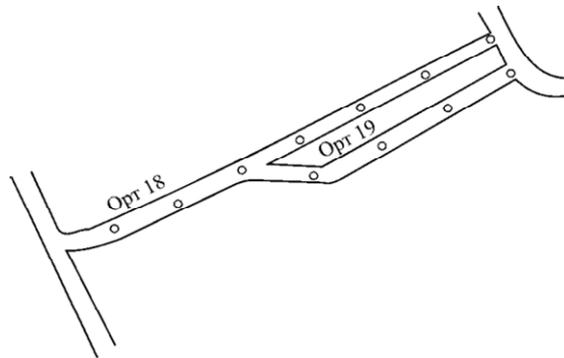
*Регистрация сигналов ЭМИ при динамических проявлениях горного давления типа «стреляний».* При проведении экспериментов на Таштагольском руднике в ноябре 2011 г. нами было зарегистрировано динамическое проявление горного давления в виде стреляния. Измерения сигналов ЭМИ прибором РЭМИ-3 проводились на гор. – 210 м, орт 4, по пикетам. В каждой из 5 точек регистрировался уровень сигнала, принимаемый магнитными антеннами, расположенными в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Время измерений в одной точке достигало 5–10 минут. После этого измерения проводились в следующей точке. На протяжении всего времени измерений (около одного часа) уровни сигналов ЭМИ во всех точках были примерно одинаковы, но более высокие, чем во время измерений накануне. В последней, пятой, точке при положении антенны вертикально был зарегистрирован существенно повышенный уровень сигнала. Через несколько минут после измерений в точке 5 произошло динамическое проявление горного давления в виде стреляния, очаг которого находился на гор. – 280 м, орт 12 и был зарегистрирован Таштагольской сейсмостанцией. На рис. 7 представлены результаты регистрации сигналов ЭМИ при динамическом проявлении в виде стреляния, рудник Таштагольский, гор. – 210 м, орт 4.



*Рис. 7 – Результаты регистрации сигналов ЭМИ при динамическом проявлении в виде стреляния, рудник Таштагольский, гор. – 210 м, орт 4*

*Fig. 7 – The results signal recording EMR for registration as a dynamic manifestation of spent, the mine Tashtagol, mountains – 210 m, 4 ort*

На рис. 8 приведена схема участка проведения экспериментальных исследований по измерению уровня сигналов ЭМИ, гор. – 350 м, орты 18, 19 до динамического проявления горного давления в форме микроудара и после него.



*Рис. 8 – Участок проведения экспериментов на Таштагольском руднике с регистрацией сигналов электромагнитного излучения до и после микроудара 16.08.2011 г.*

*Fig. 8 – Plot experiments on Tashtagol mine with registration electromagnetic signals before and after 16.08.2011, the geodynamic exhibition*

*Регистрация сигналов ЭМИ при приближении микроударов.* Микроудары проявляются в виде разрушений на контуре выработки и высыпаний породной массы объемом до  $0,5 \text{ м}^3$ . Отличительными признаками приближения микроударов в сигналах ЭМИ является повышенная интенсивность последних – в десять и более раз по сравнению с фоновым уровнем. В 2011 году на Таштагольском руднике нами был экспериментально зарегистрирован многократно повышенный электромагнитный фон. Измерения проводились методом профилирования вдоль выработок. Регистрация показаний прибора «РЭМИ-3» осуществлялась по пикетам, отстоящим друг от друга на расстоянии 15 м в каждой точке в течение 1–2 мин при расположении приемной антенны последовательно в трех взаимно перпендикулярных направлениях.

На рис. 9 приведена запись сигнала ЭМИ, сделанная на горизонте – 350 м, орт 18, до и после микроудара. Начало и окончание микроудара показаны жирными вертикальными линиями.

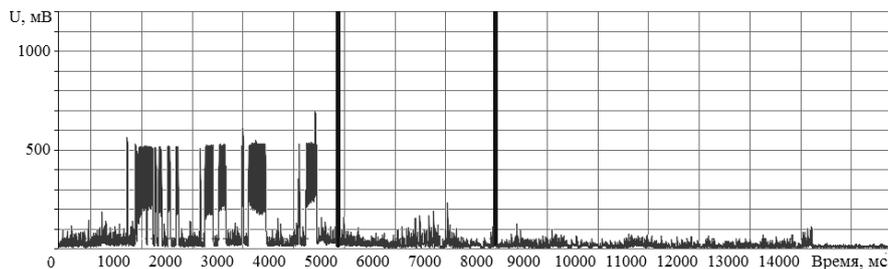


Рис. 9 – Запись сигнала ЭМИ, сделанная на горизонте – 350 м, орт 18, до и после микроудара.

Fig. 9 – Recording signal EMI made on the horizon - 350 m, the unit vector 18, before and after gornry blow.

Анализ данной записи показывает, что при приближении динамического проявления горного давления в виде микроудара вначале существенно увеличивается фоновая составляющая сигнала ЭМИ, затем резко возрастает уровень сигнала и меняется его структура. Данный признак был использован в [14] в качестве прогностического признака приближающегося динамического проявления горного давления.

### Заключение

Разработан, изготовлен и испытан в натуральных условиях регистрационно-диагностический программно-аппаратный комплекс РДК РЭМИ-3, позволяющий в реальном времени производить накопление данных и их запись в память прибора «РЭМИ-3» с последующим переносом на внешний носитель и анализом зарегистрированной информации на персональном компьютере, при этом имеется возможность проводить анализ как во временной, так и в частотно-временной области.

Комплекс РДК РЭМИ-3 был неоднократно испытан в условиях подземных горных выработок Таштагольского месторождения, показал удовлетворительную сходимость с результатами, полученными другими, разработанными в ИГД СО РАН и эксплуатируемыми на руднике в течение более 8 лет приборами РЭМИ-2.

### ЛИТЕРАТУРА

1. **Соболев Г.А.** Основы прогноза землетрясений. – М.: Наука, 1993. – 314 с.
2. **Вознесенский А.С., Набатов В.В.** Оценка трещинообразования в массиве с гипсосодержащими породами методом регистрации электромагнитного излучения // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2003. – № 3. – С. 3–12.
3. Методические указания по сейсмоакустическим и электромагнитным методам получения критериев степени удароопасности / сост. В.А. Смирнов и др. – Л.: ВНИМИ, 1986. – 31 с.
4. Указания по бесконтактным геофизическим методам прогноза степени удароопасности участков угольных пластов и рудных залежей. – Л.: ВНИМИ, 1981. – 36 с.
5. Новая шахтная геофизическая аппаратура для оценки и контроля строения, свойств и состояния массива горных пород / Ю.С. Исаев, А.П. Скакун, В.А. Яковлев, Г.Л. Мильман // Горная геофизика: международная конференция, 22–25 июня 1998 г. – СПб., 1998. – С. 505–510.
6. Результаты наблюдений за изменением естественного электромагнитного излучения по мере отработки очистного блока / Н.Г. Гредина, В.К. Климко, В.А. Кручинин, Е.А. Машковцев // Разработка удароопасных месторождений: межвузовский сборник научных трудов. – Кемерово: Кузбас. политехн. ин-т, 1986. – С. 84–86.
7. **Скитович В.П., Лазаревич Л.М.** Оценка НДС массива методом регистрации естественного электромагнитного излучения // Геофизические способы контроля напряже-

- ний и деформаций: сборник научных трудов. – Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1985. – С. 65–67.
8. Фоновое электромагнитное излучение горных пород, регистрируемое в подземных выработках / М.В. Курленя, Г.И. Кулаков, А.Г. Вострецов, В.А. Ваганова, С.В. Моисеев, Г.Е. Яковицкая // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2002. – № 2. – С. 10–17.
  9. Кузнецов С.В. Совместная регистрация электромагнитных и сейсмоакустических сигналов // Геофизические способы контроля напряжений и деформаций: сборник научных трудов. – Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1985. – С. 31–34.
  10. Кролевец А.Н., Павлюков В.К. Приливной отклик импульсного электромагнитного излучения и краткосрочный прогноз сильных землетрясений // Проблемы сейсмичности Дальнего Востока: материалы докладов научно-практической конференции «Проблемы сейсмичности Дальнего Востока. Новая карта сейсмического районирования ОСР-97, ее роль и значение для Петропавловска-Камчатского и области», состоявшейся 6–9 апреля 1999 г. в Петропавловске-Камчатском. – Петропавловск-Камчатский: Камчатская опытно-методическая сейсмологическая партия геофизической службы РАН, 2000. – С. 175–185.
  11. Аппаратура регистрации сигналов ЭМИ в условиях подземных горных выработок / А.Г. Вострецов, А.В. Кривецкий, А.А. Бизяев, Г.Е. Яковицкая // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2008. – № 2. – С. 115–122.
  12. Курленя М.В., Еременко А.А., Шрепп Б.В. Геомеханические проблемы разработки железорудных месторождений Сибири. – Новосибирск: Наука, 2001. – 182 с.
  13. Яковицкая Г.Е. Методы и технические средства диагностики критических состояний горных пород на основе электромагнитной эмиссии. – Новосибирск: Параллель, 2008. – 314 с.
  14. Способ прогноза нарушения сплошности участка массива горных пород: патент 2426880 Российская Федерация, МПК Е 21 С 39/00 / А.Г. Вострецов, А.А. Бизяев, А.В. Кривецкий, Г.Е. Яковицкая; патентообладатели: Учреждение Российской академии наук «Институт горного дела Сибирского отделения РАН», Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет». – № 2010108020/03; заявл. 04.03.2010; опубл. 20.08.2011, Бюл. № 23. – 7 с.

**THE RECORDING-DIAGNOSTIC EQUIPMENT RDK REMI-3  
AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF ROCK FRACTURING  
UNDER CONDITIONS OF UNDERGROUND WORKING  
IN THE TASHTAGOLSKY FIELD**

**Bizyaev A.A.<sup>1</sup>, Vostretsov A.G.<sup>1</sup>, Yakovitskaya G.E.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Chinakal Institute of Mining SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation*

The article presents the recording diagnostic complex RDK-3 based on the detection of electromagnetic radiation (EMR) signals in real time. The complex includes a stand-alone portable EMR recording device REMI-3 which records EMR of cracking rocks in the internal memory in real time, and software for a personal computer which processes the recorded EMR signals and forecasts the state of the rock mass. The REMI-3 device also enables real-time detection of abrupt changes in the EMR characteristics of the concomitant crack formation and can predict dangerous dynamic manifestations of rock pressure. The proposed complex was tested in the Tashtagolsky underground mining field and demonstrated its usability for the diagnosis of dynamic rock pressure manifestations. The article presents the results of experimental studies conducted with the RDK-3.

*Keywords:* destruction of rocks, diagnostics, destruction prediction, electromagnetic radiation.

DOI: 10.17212/1727-2769-2015-3-29-38

## REFERENCES

1. Sobolev G.A. *Osnovy prognoza zemletryaseni* [Basics of earthquake prediction]. Moscow, Nauka Publ., 1993. 314 p.
2. Voznesenskii A.S., Nabatov V.V. Estimate of crack formation in gypsiferous rock mass by the method of electromagnetic radiation recording. *Journal of Mining Science*, 2003, vol. 39, iss. 3, pp. 207–215. doi: 10.1023/B:JOMI.0000013779.49922.fb. Translated from *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, 2003, vol. 39, iss. 3, pp. 3–12.
3. Smirnov V.A., comp., et al. *Metodicheskie ukazaniya po seismoakusticheskim i elektromagnitnym metodam polucheniya kriteriev stepeni udaroopasnosti* [Guidelines for seismoacoustic and electromagnetic methods of obtaining criteria for the degree of bump hazard]. Leningrad, VNIMI Publ, 1986. 31 p.
4. *Ukazaniya po beskontaktnym geofizicheskim metodam prognoza stepeni udaroopasnosti uchastkov ugol'nykh plastov i rudnykh zalezhei* [Instructions for contactless geophysical methods of forecasting the degree of bump hazard areas of coal seams and ore deposits]. Leningrad, VNIMI Publ, 1981. 36 p.
5. Isaev Yu.S., Skakun A.P., Yakovlev V.A., Mil'man G.L. [New mine geophysical equipment for the evaluation and control of the structure, properties and rock massif]. *Materialy mezhdunarodnoi konferentsii «Gornaya geofizika»* [Proceedings of International Conference "Mountain Geophysics"], St. Petersburg, Russia, 22–25 June, 1998, pp. 505–510.
6. Gredin N.G., Klimko V.K., Kruchinin V.A., Mashkovtsev E.A. Rezul'taty nablyudeniia za izmeneniiem estestvennogo elektromagnitnogo izlucheniya po mere otrabotki ochestnogo bloka [The results of observations of changes in the natural electromagnetic radiation as mining purification unit]. *Razrabotka udaroopasnykh mestorozhdenii: mezhvuzovskii sbornik nauchnykh trudov* [Development impact-hazardous deposits: interuniversity collection of scientific papers], 1986, pp. 84–86.
7. Skitovich V.P., Lazarevic L.M. [Evaluation of VAT by registering the array of natural electromagnetic radiation]. *Geofizicheskie sposoby kontrolya napryazhenii i deformatsii: sbornik nauchnykh trudov* [Geophysical ways to control stress and strain: collection of scientific papers], 1985, pp. 65–67.
8. Kurlenya M.V., Kulakov G.I., Vostretsov A.G., Vaganova V.A., Moiseev S.V., Yakovitskaya G.E. Background electromagnetic rock radiation recorded in underground workings of the Tashtagol mine. *Journal of Mining Science*, 2002, vol. 38, iss. 2, pp. 111–115. doi: 10.1023/A:1021199018553. Translated from *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, 2002, vol. 39, iss. 2, pp. 10–17.
9. Kuznetsov S.V. [Joint registration of electromagnetic and seismic acoustic signals]. *Geofizicheskie sposoby kontrolya napryazhenii i deformatsii: sbornik nauchnykh trudov* [Geophysical ways to control stress and strain: collection of scientific papers], 1985, pp. 31–34.
10. Krolevets A.N., Pavlyukov V.K. [Tidal response pulsed electromagnetic radiation and short-term prediction of strong earthquakes]. *Problemy seismichnosti Dal'nego Vostoka: materialy dokladov nauchno-prakticheskoi konferentsii "Problemy seismichnosti Dal'nego Vostoka. Novaya karta seismicheskogo raionirovaniya OSR-97, ee rol' i znachenie dlya Petropavlovsk-Kamchatskogo i oblasti"* [Problems of seismicity of the Far East: Proceedings of the scientific-practical conference "Problems of seismicity of the Far East. The new seismic zoning map of the SRF-97, its role and significance for Petropavlovsk-Kamchatsky and the region", held April 6–9, 1999 in Petropavlovsk-Kamchatsky]. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2000, pp. 175–185.
11. Vostretsov A.G., Krivetskii A.V., Bizyaev A.A., Yakovitskaya G.E. EMR recording equipment for underground mines. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh – Journal of Mining Science*, 2008, vol. 44, iss. 2, pp. 218–224. doi: 10.1007/s10913-008-0035-9. Translated from *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, 2008, vol. 44, iss. 2, pp. 102–110.
12. Kurlenya M.V., Eremenko A.A., Shrepp B.V. *Geomekhanicheskie problemy razrabotki zhelezorudnykh mestorozhdenii Sibiri* [Geomechanical problems of development of iron ore deposits Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2001. 182 p.
13. Yakovitskaya G.E. *Metody i tekhnicheskie sredstva diagnostiki kriticheskikh sostoyanii gornykh porod na osnove elektromagnitnoi emissii* [Methods and means of diagnostics of

critical states of rocks on the basis of electromagnetic emissions]. Novosibirsk, Parallel' Publ., 2008. 314 p.

14. Vostretsov A.G., Bizyaev A.A., Krivetskii A.V., Yakovitskaya G.E. *Sposob prognoza narusheniya sploshnosti uchastka massiva gornyx porod* [Prediction method of discontinuity of rock mass section]. Patent RF, no. 2426880, 2011.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



**Бизяев Алексей Анатольевич** – родился в 1979 году, старший преподаватель кафедры конструирования и технологии радиоэлектронных средств, Новосибирский государственный технический университет. Область научных интересов: программирование, алгоритмы, прогнозирование горных ударов. (Адрес: 630073, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, НГТУ, РЭФ, КТРС, E-mail: bizyaev@corp.nstu.ru).

**Bizyaev Aleksey** (b. 1979) – assistant professor at the Department of design and technology of radio electronic devices in Novosibirsk State Technical University. His research interests are currently focused on programing, algorithms, forecasting of rock bursts. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russian Federation. Email: bizyaev@corp.nstu.ru).



**Вострецов Алексей Геннадьевич** – родился в 1955 году, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе, Новосибирский государственный технический университет. Область научных интересов: методы статистической обработки сигналов. Опубликовано свыше 150 научных работ. (Адрес: 630073, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. Email: vostretsov@adm.nstu.ru).

**Vostretsov Aleksey G.** (b. 1955) – Doctor of Sciences (Eng.), full professor, Vice-rector for research at Novosibirsk State Technical University. His main field of research is the statistical theory of signal processing in conditions of a priori uncertainty. He has been working in this field since 1980. He has over 150 publications, including 3 monographs (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russian Federation. Email: vostretsov@adm.nstu.ru).



**Яковицкая Галина Евгеньевна** – д-р техн. наук, старший научный сотрудник Института горного дела имени Н.А. Чинакала СО РАН. Область научных интересов: бесконтактные методы диагностики НДС в массивах горных пород. (Адрес: 630091, Россия, Новосибирск, Красный проспект, 54. E-mail: yge@ngs.ru).

**Yakovitskaya Galina E.** – Doctor of Sciences (Eng.), Principal Researcher at the Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (Address: 54, Krasnyi Av., Novosibirsk, 630091, Russian Federation. E-mail: yge@ngs.ru)

Статья поступила 02 сентября 2015 г.

Received February 02, 2015

#### To Reference:

Bizyaev A.A., Vostretsov A.G., Yakovitskaya G.E. Registratsionno-diagnosticheskiy kompleks RDK REMI-3 i eksperimental'nye issledovaniya razrusheniya gornyx porod v usloviyakh podzemnykh gornyx vyrabotok Tashtagol'skogo mestorozhdeniya [The recording-diagnostic equipment RDK REMI-3 and experimental investigation of rock fracturing under conditions of underground working in the Tashtagolsky field]. *Doklady Akademii nauk vysshei shkoly Rossiiskoi Federatsii – Proceedings of the Russian higher school Academy of sciences*, 2015, no. 3 (28), pp. 29–38. doi: 10.17212/1727-2769-2015-3-29-38