

М.Н. Далиев**КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ
ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ
НА УРАНОВЫХ РУДНИКАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ**

Рассмотрена проблема контроля, прогноза сдвижения и удароопасности горных пород на урановых рудниках Забайкалья. Описан опыт ПАО «ППГХО» по организации комплексного мониторинга удароопасности горных пород при подземной отработке Стрельцовского рудного поля, где отмечается сложная геомеханическая обстановка и высокая травмоопасность на глубоких горизонтах. Описана автоматизированная система контроля горного давления (АСКД), включающая сеть подземных геофонов и цифровых преобразователей для непрерывной регистрации динамики механических процессов. Описанная система СМД предназначена для дистанционного мониторинга деформации тоннелей, шахт и конструкций метрополитена, а также для сбора информации в заданные моменты времени, ее хранения в энергонезависимой памяти блока СМД-КМ изделия с возможностью передачи и оперативного просмотра данной информации на ПЭВМ. Данный метод позволяет в режиме реального времени определять зоны неупругих деформаций в горных выработках и контролировать границы опасных зон пластических деформаций месторождения «Антей». Применение системы контроля горного давления с возможностью передачи и оперативного просмотра данной информации на ПЭВМ позволяет заблаговременно составлять прогноз удароопасности и выявить участки, требующие мероприятий по разгрузке горного массива и обеспечения безопасных условий труда.

Ключевые слова: урановое месторождение, горный массив, очистные работы, горные выработки, горное давление, прогноз, горные удары, система геомеханического мониторинга.

Публичное Акционерное Общество «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» ведет добычу и переработку урановых руд на месторождении Стрельцовского рудного поля с 1968 г. Месторождения Стрельцовского рудного поля сосредоточены в одноименной вулканотектонической кальдере, расположенной в восточной части Тулкуевской впадины, которая сформировалась в сводной части локального гетерогенного купольного поднятия, входящего в состав Южно-Аргунского свода.

Фундамент и борта кальдеры сложены протерозойскими и палеозойскими метасоматическими гранитоидами с ксенолитами раннепротерозойских метасоматических пород и образуют

нижний структурный этаж. Верхний структурный этаж представлен осадочно-вулканической толщей пород мощностью 500–900 м [1, 2].

Месторождение «Антей» расположено в восточной части Стрельцовской кальдеры. В строении месторождения участвуют граниты фундамента и залегающие на них базальтные конгломераты.

Структура месторождения определяется наличием нескольких крутопадающих разрывных нарушений, из которых основными являются разломы № 160 и № 13. Рудная залежь залегает в зоне дробления разлома № 160 и имеет размеры по простиранию 1000 м, по падению 920 м. Максимальная мощность 40–50 м.

В 1981 г. месторождение «Антей» с глубины 640 м отнесено к опасным по горным ударам [3, 4].

В настоящее время согласно правилам безопасности [5, 6] для ведения непрерывного геоакустического мониторинга и производства регионального, локального прогноза удароопасности на месторождении «Антей» разработан и испытывается комплекс методов для прогноза геомеханической обстановки в зоне ведения очистных работ: автоматизированная система контроля горного давления (АСКГД); автоматизированная широкодиапазонная система контроля горного давления (АШСКГД – Prognoz-L); система мониторинга деформаций (СМД); геофизический метод контроля горного давления с использованием портативных приборов (лазерный деформограф, СБ-32 м, FARO Focus-3D).

Автоматизированная система контроля горного давления (АСКГД)

В состав комплекса регистрации и обработки сигналов АСКГД входит:

- сеть подземных геофонов и цифровых преобразователей;

- контроллер передачи данных из подземной аппаратной на поверхность;
- компьютер с набором программных средств по непрерывной регистрации, обработке результатов и координатной привязке сейсмоакустических явлений;
- компьютерная модель горно-геологической ситуации с привязкой сейсмоакустических явлений в трехмерном пространстве.

В 2014 г. завершены работы по расширению системы до уровня 14 горизонта, что существенно позволило увеличить площадь контролируемого массива, также для более качественной обработки данных поступающих с цифровых преобразователей на ПК оператора УППГУ усовершенствованы программно-расчетные средства.

Автоматизированная широкодиапазонная система контроля горного давления (АШСКГД – Prognoz-L)

Для ведения непрерывного сейсмоакустического мониторинга и производства регионального прогноза удароопасности используется автоматизи-

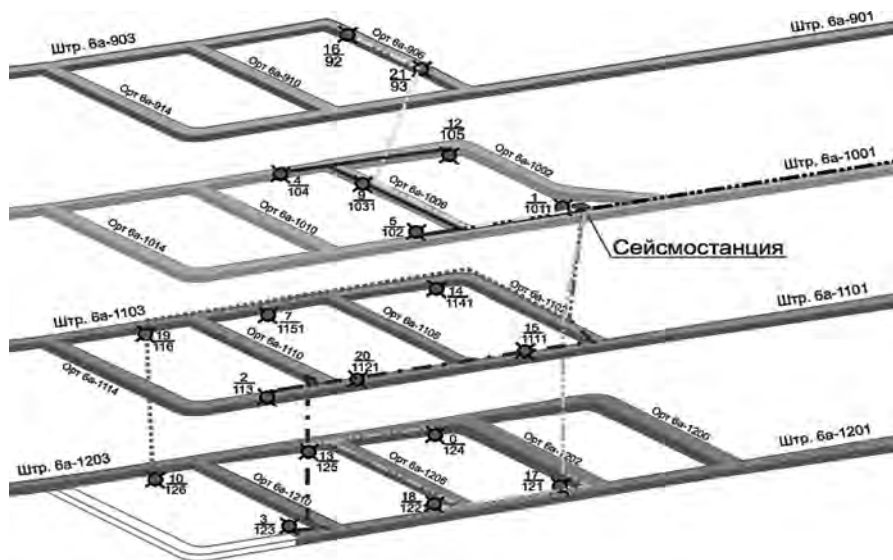


Рис. 1. Схема размещения геофонов АСКГД с 9 по 12 горизонт (18 геофонов)

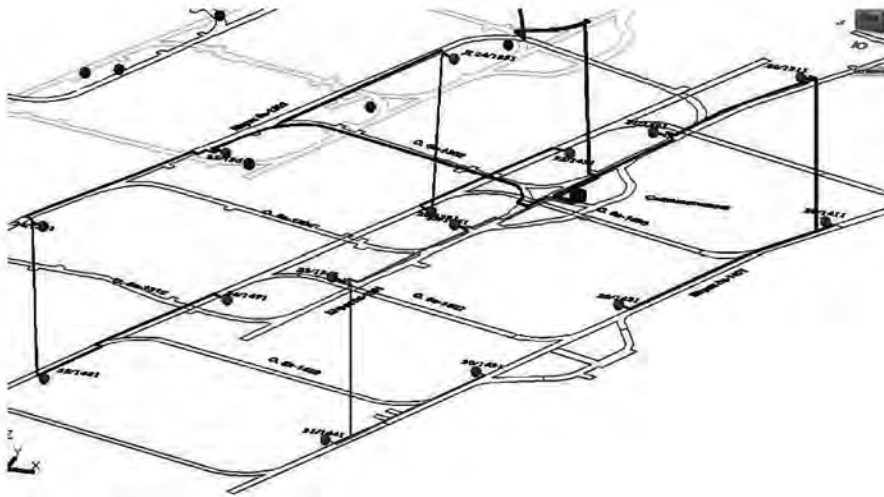


Рис. 2. Схема размещения геофонов АСКГД после завершения работ по расширению до уровня 14 горизонта (установлено 15 датчиков на 13-14 горизонте)

рованная широкодиапазонная система контроля горного давления АШСКГД – PROGNOZ S, разработанная сотрудниками ИГД ДВО РАН.

В течение 2014 г. производилось накопление и обработка базы данных автоматизированной широкодиапазонной системы геомеханического мониторинга горного давления с увеличенной зоной контроля «Prognoz S», ввод в промышленную эксплуатацию которой, по договору № 10-05/11620, состоялся в 2013 г. Автоматизированная широкодиапазонная система геомеханического мониторинга горного давления служит для выделения в массиве пород не только области повышенной напряженности массива, но и микро подвижек блочных структур повышенной энергетики в ходе техногенного воздействия при очистных работах на руднике и визуализации таких мигрирующих очагов и мест проявления сейсмоакустической активности.

Система мониторинга деформаций (СМД)

Система СМД предназначена для дистанционного мониторинга деформации тоннелей, шахт и конструкций

метрополитена, а также для сбора информации в заданные моменты времени, ее хранения в энергонезависимой памяти блока СМД-КМ изделия с возможностью передачи и оперативного просмотра данной информации на ПЭВМ.

Технические характеристики системы позволяют использовать ее для комплексного решения проблем безопасности промышленных сооружений.

Система представляет собой совокупность измерительных устройств (блоков СМД-ДТ-1, СМД-ДТ-2П, СМД-ДП-1, тензометров ТЗБ-200 и измерителей угла наклона ИН-ДЗц), подключенных к блокам СМД-УППИ (блокам СМД-УППИ ПИЖМ.466215.014, СМД-УППИ ПИЖМ.466215.014-01 или СМД-УППИ ПИЖМ.466215.014-02) и допускает подключение до 100 блоков СМД-УППИ, часть из которых может работать в качестве устройств приема-передачи (ретрансляторов). Измерительные устройства могут входить в состав системы в произвольном сочетании.

Система функционирует круглосуточно в режиме пониженного энергопотребления («спящем» режиме). Пе-

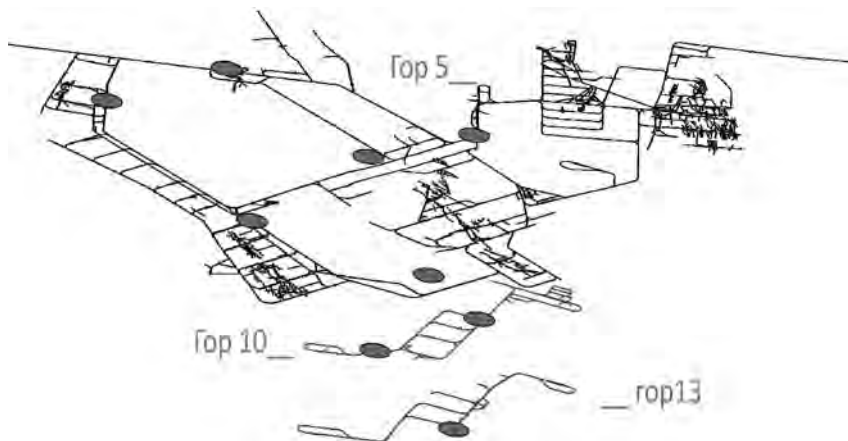


Рис. 3. Расположение сейсмостов на конец 2013 г.

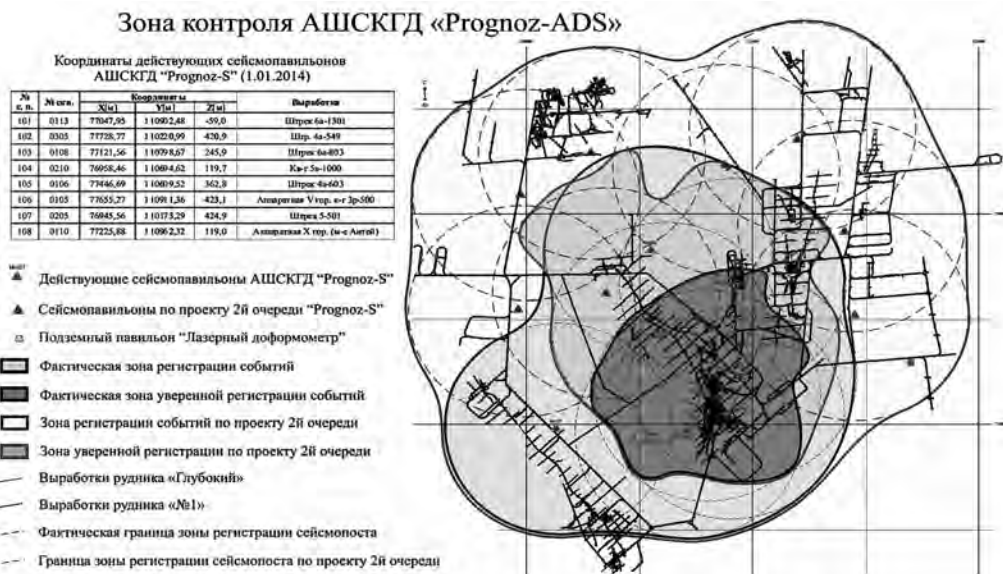


Рис. 4. Зона контроля АШСКГД

риодически, в соответствии с программой, заложенной в блоке СМД-КМ, система «просыпается». Блок СМД-КМ осуществляет поиск и опрос каждого блока СМД-УППИ короткими сеансами связи. По запросу блок СМД-УППИ передает данные результатов измерений подключенного к нему измерительного устройства блоку СМД-КМ. Получив информацию об измененном значении деформации или угла наклона от каждого СМД-УППИ,

блок СМД-КМ дает команду на переход в режим пониженного энергопотребления («засыпание») каждому блоку СМД-УППИ. По результатам опытно промышленной эксплуатации сотрудниками УППГУ был сформулирован ряд требований и рекомендаций по модернизации системы СМД с учетом особенности работы в шахтных условиях. В настоящее время закончены работы по устранению выявленных недостатков, также проводились

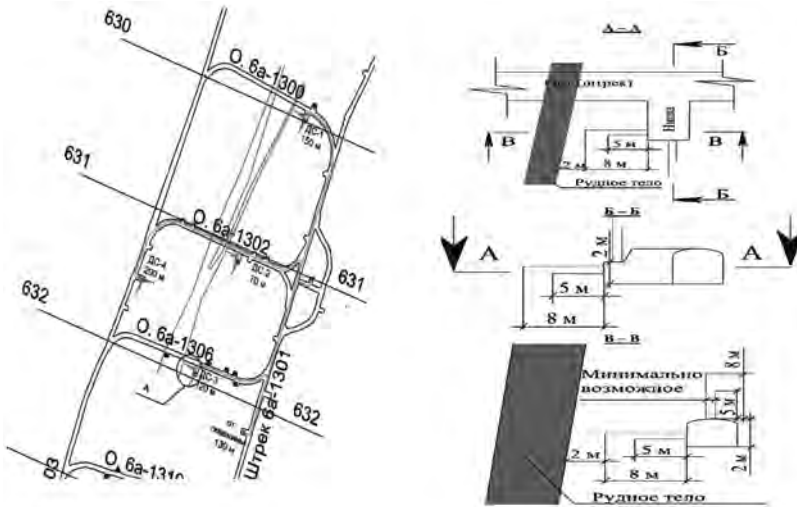


Рис. 5. Схема размещения деформационных станций на 13 горизонте

работы по стажировки и обучению специалистов УППГУ, ответственных за обслуживание и сопровождение системы.

С момента запуска системы СМД ведутся работы по корректировке режимов сбора информации и передачи данных. Непрерывно осуществляется

накопление базы данных мониторинга неупругих деформаций.

После предоставления специализированного программного обеспечения позволяющего проводить обработку данных в реальном времени система позволит определять зоны неупругих деформаций в горных выработках и

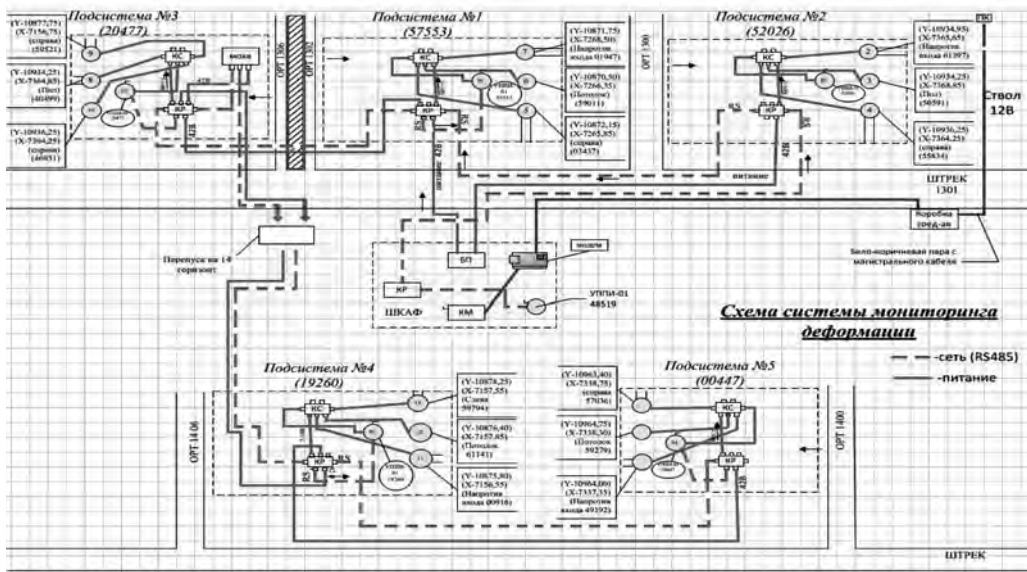


Рис. 6. Схема системы мониторинга деформации

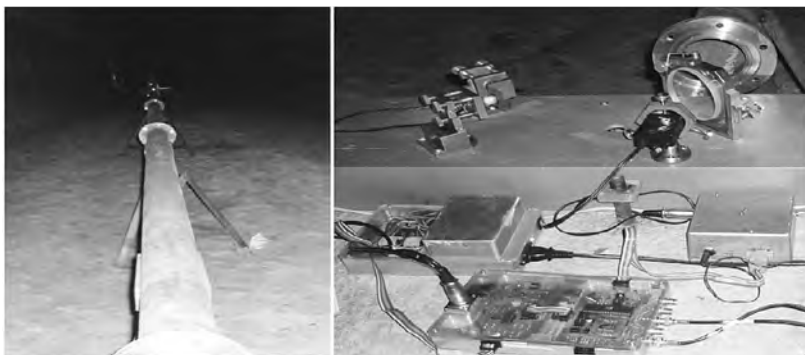


Рис. 7. Методы локального прогноза удароопасности

контролировать границы опасных зон пластических деформаций месторождения «Антей».

Геофизический метод контроля горного давления с использованием портативных приборов (лазерный деформограф, СБ-32 м, FARO Focus-3D)

Для производства прецизионных измерений относительных смещений в массиве при зоне контроля удароопасности Стрельцовского рудного поля в кваршлага Ф-400 на четвертом горизонте участка «Фланговый» установлен лазерный деформограф, в настоящее время система находится в режиме накопления базы данных и наработкой критериев.

Также проведены работы по испытанию чувствительности лазерного деформографа к источнику сигнала с переменной энергетической характеристикой, находящемуся на главной оси деформографа и степени затухания сигнала с переменной энергетической характеристикой, находящемуся на главной оси деформографа при прохождении через массив горных пород. Анализ полученных данных позволит выявить взаимосвязь показаний деформографа и энергетических характеристик источника сигнала.

На руднике «Глубокий» в период 2008–2014 г. прибор СБ-32 и Prog-

noz-L показали высокую эффективность метода локального прогноза удароопасности в горно-геологических условиях месторождения «Антей». При поступлении информации о наличии ПГД от линейного персонала добычного или проходческого участка оформляется заявка на проведение локального прогноза в данном забое, после чего специалистами УППГУ производятся работы по проведению прогноза с определением категории удароопасности.

С начала 2014 г. проведено 16 замеров при проведении локального прогноза удароопасности прибором СБ-32М, категория «ОПАСНО» была установлена 1 раз: – 21.04.2014 г. в орту ба-1402.

Посредством ведения регионального и локального прогноза удароопасности на месторождении «Антей», ведения непрерывного геоакустического мониторинга при ведении проходческих и очистных работ, позволило выявлять места повышенных динамических проявлений, вовремя выполнять мероприятия по разгрузке массива и приводить рабочие места в безопасное состояние.

Локальный прогноз удароопасности выполняется:

1. Геомеханическим методом на месторождении выполняется станком кернового бурения DIAMEC-232.

2. Планом горных работ в 2015 г. на подземном урановом руднике № 1 предусмотрено бурение 1320 п.м. технических скважин станком kernового бурения DIAMES-232 для оценки напряженности массива на участках месторождения «Антей» методом оценки дискования керна. Оценка напряженности массива данным методом в 2014 г. производилась в: Орт ба-806; Штрек ба-1300; Штрек ба-1301; Орт ба-1301; Штрек ба-1401; Блок ба-1102; Орт ба-1406.

В целях безопасного ведения горных работ и недопущения остановки технологического процесса места стоя-

нок расположены с таким условием, что бы при необходимости заблаговременно составить прогноз удароопасности и выявить участки требующие применение профилактических мероприятий до начала очистных работ.

Результат исследования на дискование керна подтверждал, что напряженно деформированное состояние массива не является критичным. Бурение на дискование керна является базовым согласно «Указаний по безопасному ведению горных работ на месторождении «Антей», опасном по горным ударам». [3]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шукин С.И. Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы ОАО «ППГХО» // Горный журнал. – 2008. – № 8. – С. 24–27.

2. Хоментовский Б.Н., Овсейчук В.А. и др. Рудничные геолого-геофизические работы при эксплуатации урановых месторождений Стрельцовского рудного поля. – Краснокаменск: ОАО «ППГХО», 2002. – 210 с.

3. Указания по безопасному ведению горных работ на месторождении «Антей», опасном по горным ударам. – СПб.: ВНИМИ, 2008. – 60 с.

4. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных место-

рождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам. – М.: Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2000. – 81 с.

5. Инструкция по наблюдениям за движением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. – М.: Недра, 1988. – 77 с.

6. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых». **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Дадиев Максим Николаевич – и.о. начальника участка ООО «Ремонтно-механический завод», e-mail: gna2112@mail.ru.

UDC 658.53/59:551.224:622.016

INTEGRATED GEOMECHANICAL MONITORING IN URANIUM MINES IN TRANSBAIKALIA

Dadiev M.N., Acting Head of Production Area, Repair and Engineering Works LTD, Krasnokamensk, Russia, e-mail: gna2112@mail.ru.

In focus is the problem of control and prediction of movement and rockburst hazard in uranium mines in Transbaikalia. Experience of Priargunsky Mining and Chemical Works in the area of integrated rockburst hazard monitoring in underground mining in Streltsovsky ore field featured with complex geomechanical situation and high rate of injuries on deep levels is described.

The article presents automated rock pressure control system ARPC, including network of underground geophones and digital transducers for continuous recording of dynamics of mechanical processes.

For continuous seismo-acoustic monitoring and regional rockburst hazard forecasting, the author describes automated wide-range rock pressure control system AWRRPC—PROGNOZS developed at the Institute of

Mining of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences. The geomechanical monitoring system enables detecting increased stress zones in rock mass and higher energy micro-displacements of rock blocks in the course of stoping and allows visualizing such migrating sources and places of seismo-acoustic activity.

The author describes systems meant for remote monitoring of deformation in tunnels, mines and subways as well as for preset-time data collection and storage in non-volatile memory of SMD-KM unit of the system with option of data transmission and live browsing on a PC. The system supports round-the-clock operation in the mode of low energy consumption. This method allows real-time detection of inelastic strain zones in mine workings and control over hazardous plastic strain zones at Antei deposit.

For safety of mining and reduced risk of production suspension, work areas at Antei deposit are equipped with DIAMEC-232 core drilling rig for non-productive drilling and rock stress state assessment using core disk method.

The application of the rock pressure control system with the option of data transmission and live browsing on a PC allows advanced forecasting of rockburst hazard and finding of areas in rocks that need destressing and occupational safety enforcement.

Key words: uranium deposit, rock mass, stoping, mine workings, rock pressure, forecast, rockbursts, geomechanical monitoring system.

REFERENCES

1. Shchukin S.I. *Gornyy zhurnal*. 2008, no 8, pp. 24–27.
2. Khomentovskiy B.N., Ovseychuk V.A. *Rudnichnye geologo-geofizicheskie raboty pri ekspluatatsii uranovykh mestorozhdeniy Strel'tsovskogo rudnogo polya* (Geological-geophysical operation in uranium mines of Strel'tsovsky ore field), Krasnokamensk, OAO «PPGKhO», 2002, 210 p.
3. *Ukazaniya po bezopasnomu vedeniyu gornykh rabot na mestorozhdenii «Antey», opasnom po gornym udaram* (Instructions on safe mining at rockburst-hazardous Antei deposit), Saint-Petersburg, VNIMI, 2008, 60 p.
4. *Instruktsiya po bezopasnomu vedeniyu gornykh rabot na rudnykh i nerudnykh mestorozhdeniyakh, ob"ektakh stroitel'stva podzemnykh sooruzheniy, sklonnykh i opasnykh po gornym udaram* (Guidelines on safe mining at metalliferous and non-metalliferous deposits and safe underground construction under rockburst hazard), Moscow, Nauchno-tehnicheskii tsentr po bezopasnosti v promyshlennosti Gosgortekhnadzora Rossii, 2000, 81 p.
5. *Instruktsiya po nablyudeniyam za sdvizheniem gornykh porod i zemnoy poverkhnosti pri podzemnoy razrabotke rudnykh mestorozhdeniy* (Guidelines on monitoring of rock movement and ground subsidence in the course of underground ore mining), Moscow, Nedra, 1988, 77 p.
6. *Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «Pravila bezopasnosti pri vedenii gornykh rabot i pererabotke tverdykh poleznykh iskopaemykh»* (Federal Industrial Safety Codes on Safety Regulations for Hard Mineral Mining and Processing).



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

КОНТРОЛЬ ЗАЖИМОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА КАНАТНЫХ ДОРОГ

Самарин Виктор Александрович – индивидуальный предприниматель, эксперт промышленной безопасности.

Дано описание метода магнитопорошкового контроля, наиболее эффективного в целях обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов ферромагнитных материалов, а также принципов работы переносных устройств РВУ-140 или РВУ-140, применяемых при неразрушающем контроле как основного материала, так и сварных соединений.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, дефектоскопия, магнитопорошковый метод.

CONTROL TERMINALS OF MOVABLE COMPOSITION OF CABLE CARS

Samarin V.A., Individual Entrepreneur, Expert of Industrial Safety.

A description is given of a method of magnetic particle inspection, the most effective for detecting surface and subsurface defects in ferromagnetic materials and principles of operation of the portable set of devices РВУ-РВУ 140 or-140, used in non-destructive testing as the basic material and welded joints.

Key words: non-destructive testing, penetrant testing, Manitoba-roscopy method.