УДК 622.831.32

**Б.А.ПРОСЕКИН,** *главный маркшейдер*, *prosek@inbox.ru*
**Е.А.ИЛЬИН**, *начальник службы прогноза и предупреждения горных ударов*, *prosek@inbox.ru*
*ОАО «ППГХО»*, *г.Краснокаменск*, *Россия*

**B.A.PROSEKIN**, *chief mine surveyor, prosek@inbox.ru*
**E.A.ILIN**, *head of service for prediction and prevention of rock bursts, prosek@inbox.ru*
*Open Society «PPGXO», Krasnokamensk, Russia*

# СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ «АНТЕЙ»

В статье рассмотрена система геомеханического мониторинга месторождения урановых руд «Антей». Дана характеристика методов и средств контроля горного давления.

***Ключевые слова:*** блоковое строение земной коры в пределах крупной кальдеры, многоярусное геологическое образование, субгоризонтальная компонента напряжений.

# CONTROL SYSTEM OF ROCK PRESSURE AT THE «ANTEY» DEPOSIT

The paper deals with the geomechanical monitoring system of the Antey deposits of uranium ores. Characteristics of the methods and means for rock pressure control are given.

***Key words***: blocky structure of the earth crust within the great caldera, multistage geological formation, subhorizontal component of stresses.

Месторождение «Антей» непосредственно приурочено к интенсивно тектонически нарушенному пересечению разломов субширотного и меридионального простирания с широким развитием разрывных нарушений. Характерной особенностью района месторождения является блоковое строение горного массива и его местоположение в пределах крупной кальдеры, представляющей собой многоярусное геологическое образование. В его верхнем этаже залегает толща сложнодислоцированных пород чехла (липариты, туфы, андезито-базальты, алевролиты), в нижнем – средне- и крупнозернистые варисские гранитоиды, относящиеся к гранитовому фундаменту.

Оруденение месторождения «Антей» локализовано главным образом вблизи рудоконтролирующих крутопадающих разломов субмеридионального простирания № 13 и 160. Руды и вмещающие породы месторождения имеют высокую прочность, хрупкость и упругость. По статически усредненным данным прочность пород на сжатие 130-250 МПа. Крепость пород и руд по Протодьяконову составляет: граниты вне зон нарушений – $f$ = 16-18; руды в гранитах – $f$ = 12-14; граниты в зонах тектонических нарушений – $f$ = 12-14.

Породы и руды в зоне тектонических швов № 160 и 13 неустойчивые. Вне зон тектонических нарушений и рудных интервалов породы среднеустойчивые.

На месторождении «Антей» повсеместно преобладает субгоризонтальный компонент напряжений, в 2,5 раза превышающий вес налегающей толщи. Ориентировка наибольших главных субгоризонтальных напряжений 40-100°, наклон напряжений ориентирован на север и составляет 10-45° с горизонтом.

В пределах месторождения направление главных напряжений не зависит непосредственно от ориентировки основной тектонической зоны и составляет угол 30-35° с направлением ее простирания, имеет одинаковую ориентацию в восточном и западном

крыльях разломов. Вместе с тем уровень напряженного состояния с приближением к зоне разломов достигает максимума на расстоянии 10-14 м от швов разломов. Это указывает на существование жестких контактов, передающих напряжения от одного борта разлома к другому, и подтверждается локализацией очагов стреляния и интенсивного заколообразования на VII-X горизонтах. Очаги приурочены к структурным узлам вблизи швов разломов при наличии жесткого моста между крыльями, сочетаемого с линзообразными телами лейкократовых гранитов.

**Горно-техническая характеристика разработки месторождения.** Месторождение «Антей» к настоящему времени вскрыто двумя стволами 5В и 12В до глубины 962 м. Основная система разработки месторождения – нисходящими горизонтальными слоями с твердеющей закладкой. В отработку вовлечены балансовые запасы месторождения в этаже IX–XII горизонтов. Запасы верхних горизонтов с VI по IX отработаны и погашены твердеющей закладкой. С 2008 г. ведется строительство XIII горизонта.

Месторождение ниже X горизонта с глубины 640 м по горным ударам отнесено к опасным.

В последние годы проявление динамических явлений стало приобретать угрожающий характер: происходит разрушение почвы очистных заходок, образование трещин в выработках, обрушение закладочного и породного массивов, проявления щелчков и толчков в глубине массива без выброса горной массы, сближение бортов залежей, поднятие рельсовых путей, наблюдаются сотрясения массива на расстояниях до 100 м с выходом колебаний на земную поверхность (см. рисунок).




Количество динамических проявлений горного давления

**Организация прогноза и предотвращения горных ударов.** Общее руководство всеми вопросами по прогнозу и предотвращению горных ударов на месторождении «Антей» осуществляется комиссией по горным ударам под председательством директора по производству объединения. Комплекс работ по прогнозированию и предотвращению горных ударов включает в себя:

- проведение научно-исследовательских и опытно-промышленных работ по разработке и внедрению новых (совершенствованию существующих) средств, способов и методов прогнозирования и предотвращения горных ударов;
- разработку технологических регламентов, рекомендаций, нормативно-технической документации на проектирование и ведение горных работ;
- перспективное (ежегодное) и текущее (ежемесячное) планирование работ по прогнозированию и предотвращению горных ударов;
- региональный и локальный прогноз удароопасности;
- разработку проектно-технической документации на подготовку и отработку участков месторождений;
- реализацию проектов (мероприятий) по предотвращению горных ударов;
- оценку эффективности выполненных мер по предотвращению горных ударов;
- контроль за выполнением мероприятий по предотвращению горных ударов;
- анализ, рассмотрение и принятие решений по результатам работ по прогнозированию и предотвращению горных ударов.

**Методы прогноза удароопасности, применяемые на ОАО ППГХО.** Для реализации метода регионального прогноза удароопасности на месторождении создана автоматизированная система контроля горного давления, разработанная ИГД ДВО РАН (АСКГД «Prognoz-ADS»).

Региональный прогноз удароопасности включает:

• регистрацию количества сейсмических явлений за определенный промежуток времени (час, сутки, неделю, месяц) в фиксированном объеме массива, определение их координат и энергетических классов;

• составление карт сейсмической активности (в виде изолиний плотности пространственного распределения очагов событий акустической эмиссии), совмещенных с планами горных работ (карты регионального прогноза удароопасности);

• определение и уточнение зон, опасных по горным ударам.

Автоматизированная сейсмоакустическая система контроля горного давления состоит из подземной и поверхностной частей.

Подземная часть АСКГД включает в себя подземную аппаратную и систему цифровых приемных преобразователей (цифровых датчиков), установленных в скважинах. Цифровые датчики соединены с основными блоками аппаратуры с помощью специальных высокочастотных симметричных кабелей и настроены на регистрацию акустических импульсов в частотном диапазоне 0,5-15 кГц, возникающих при трещинообразовании в массиве. В аппаратной размещаются источник питания и многопортовые расширители сигналов RS-485 (подземные ретрансляторы), усиливающие потоки сигналов от цифровых датчиков.

Поверхностная часть АСКГД представляет собой измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) на базе современного, высокопроизводительного компьютера IBM – совместимого типа, работающего со специальным программным обеспечением адаптированном, к среде Windows XP. Для обработки цифровых потоков данных из подземной аппаратной используются программы приема данных, программы записи и фильтрации локационных серий, программы расчета параметров акустической эмиссии и программы графического представления результатов контроля.

Управление АСКГД осуществляется оператором, в обязанности которого входит:

• задание и корректировка конфигурации системы (выбор и уточнение зон контроля), режимов локации источников акустической эмиссии;

• настройка аппаратуры и выбор оптимального режима приема сигналов акустической эмиссии;

• подключение АЭ-каналов к интерфейсу, запуск компьютера и программы ввода и регистрации локационных серий;

• обработка файлов исходных данных (в которые записываются все локационные серии, зарегистрированные системой в течение суток) с выделением корректных локационных серий;

• расчет параметров источников акустической эмиссии;

• ведение журналов наблюдений и периодического тестирования сети;

• графическое представление результатов сейсмоакустического контроля горного массива;

• информирование руководителя службы ППГУ при усилении сейсмоакустической активности.

По результатам сейсмоакустического контроля формируется банк данных о параметрах сейсмоакустической активности разрабатываемого массива горных пород, где содержится информация о зарегистрированных системой импульсах акустической эмиссии в зоне контроля, местоположении источников и энергии импульсов.

На основе измерений строятся карты изолиний акустической активности, отражающие процесс перераспределения напряжений в массиве под влиянием горных работ.

Анализ пространственно-временных закономерностей распределения очагов акустической активности дает возможность оценить особенности и общий характер геомеханических и геодинамических процессов в разрабатываемом массиве горных пород. Участки массива с высокой плотностью пространственного распределения очагов акустической эмиссии, так называемые акустически активные зоны, после дополнительного исследования (в том числе локальными методами) дифференцируют по степени потенциальной удароопасности. Состояние массива в пределах акустически активных зон достаточно объективно отражает совокупность таких прогностических признаков, как концентрированность очагов и степень локализации источни-

ков акустической эмиссии, повторяемость периодов акустической активности и ее незатухающий характер, скорость и направление миграции очагов, близость очаговой зоны к обнажению и др., качественно-количественные значения которых экспериментально устанавливаются для условий конкретного месторождения или его части.

Оценка геомеханического состояния и удароопасности горного массива по данным сейсмоакустического контроля производится с привлечением сотрудников специализированной научно-исследовательской организации (ИГД ДВО РАН, ВНИМИ).

Непосредственное обслуживание и функционирование станции АСКГД осуществляет Участок прогноза и предупреждения горных ударов (УППГУ) рудника «Глубокий». Непрерывный сейсмоакустический мониторинг позволяет выделять в массиве пород очаги повышенной напряженности. Визуализация очагов и мест проявления сейсмоакустической активности производится на горно-геологической модели месторождения.

Доведение результатов геомониторинга до технического руководства рудника и руководства управления осуществляется на основе «Регламента работы станции АСКГД». Регламентом определяется:

- порядок, способы регистрации, обработки и интерпретации полученных результатов акустической эмиссии в процессе непрерывного мониторинга станцией АСКГД;
- доведение до лиц технического руководства УГРУ результатов мониторинга;
- накопление полученной информации в базе данных;
- оконтуривание зон с повышенной акустической эмиссией, выявление закономерностей геомеханического поведения, контролируемого участка месторождения.

Локальный прогноз удароопасности осуществляется геомеханическим методом (станком кернового бурения ОНРАМ-100) и геофизическим методом (прибор СБ-32М).

Применяемый комплекс мер по предупреждению и прогнозу удароопасных ситуаций позволил снизить количество проявлений динамических форм горного давления, несмотря на более чем трехкратное увеличение интенсивности отработки месторождения.