

УДК 550.834

**А.К. Логинов, Л.И. Беляева, С.Н. Мулев**

**РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ  
НА ШАХТЕ «КОМСОМОЛЬСКАЯ»  
ОАО «ВОРКУТАУГОЛЬ»**

*Разработан аппаратно- программный комплекс GITS, предназначенный для регистрации и непрерывного контроля сейсмической активности, предложен к применению комплексный прогностический параметр, оценивающий удароопасность массива по суммарному количеству событий и суммарному энерговыделению.*

*Ключевые слова: сейсмический контроль, геодинамическая безопасность, пункт наблюдения, удароопасность.*

**Семинар № 15**

**A.K. Loginov, L.I. Belyava, S.N. Mulev**

**THE RESULTS OF SEISMIC  
CONTROL AT THE UNDERGROUND  
PIT "KOMSOMOLSKAYA" JSC  
"VORKUTAUGOL"**

*The hardware and software complex GITS is developed and is designed for registration and continuous controlling of seismic activity. The complex forecast parameter is proposed; the parameter estimates the danger of mass fall by the total amount of events and total emission of energy.*

*Key words: seismic control, geodynamic safety, survey point, bump hazard.*

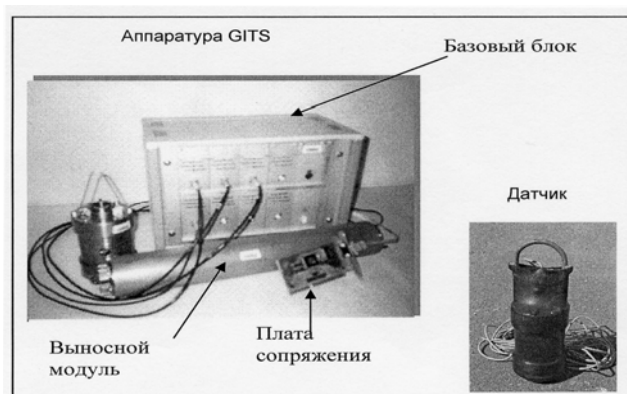
**П**ринципы сейсмического контроля базируются на кинематических и динамических параметрах упругих сейсмических волн. Использование кинематических параметров (направление и скорость распространения упругих волн) позволяет определить координаты очага сейсмического явления. Динамические параметры (амплитуда, длительность сейсмического пакета) используются для расчета сейсмической энергии динамического явления и оценки механизма действующих сил и разрывов в очаге.

Для практической реализации метода регионального контроля геодинамической безопасности, между ОАО «Воркутауголь» и институтом ВНИМИ был заключен договор о разработке и утверждении «Технического проекта системы геодинамического и сейсмического контроля (РЦГСК) для исследования и последующего контроля горных кадров в районе шахтных полей ОАО «Воркутауголь». Разработаны полигоны шахт: «Комсомольская», «Северная», «Воркутинская», «Заполяряная».

В качестве системы сбора и передачи информации используется разработанный аппаратно-программного комплекс GeoInfoTransSistem (GITS) (рис. 1), предназначенный для регистрации и непрерывного контроля сейсмической активности на Воркутском угольном месторождении.

Разработанная система направлена на своевременный прогноз и предотвращение аварийных ситуаций, путем своевременного проведения необходимых профилактических мероприятий.

Данные работы выполнялись в соответствии с требованиями актов «Правительственных комиссий по расследова-



**Рис. 1. Аппаратно-программный комплекс GeoInfoTransSistem (GITS)**

нию аварий на шахтах ОАО «Воркутауголь».

Блок-схема регистрирующего комплекса представлена на рис. 2.

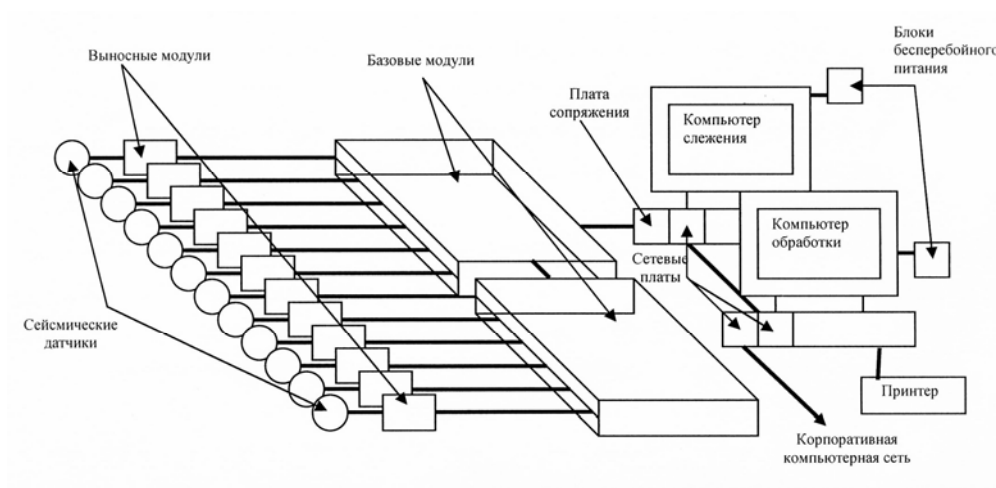
Регистрирующая аппаратура системы GITS расположена в специальном помещении административного комплекса ш. «Комсомольская». Информация с 12-ти сейсмодатчиков, установленных в специально пробуренные 7-ми метровые скважины, поступает в компьютерную базу данных SQL. Обработка ведется операторами посмен-

но. Компьютер-сервер имеет доступ в корпоративную компьютерную сеть ОАО «Воркутауголь». Что позволяет иметь доступ к базе данных удаленным зарегистрированным пользователям.

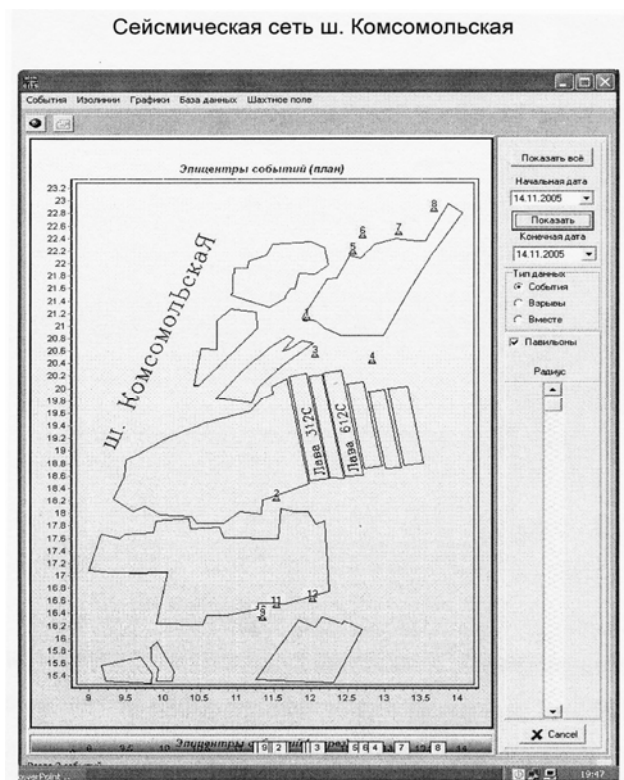
Основной задачей системы GITS, установленной на ш. «Комсомольская» является: — обеспечение непрерывного контроля за поведением зон повышенной интенсивности сейсмических явлений с целью прогноза и оценки возможных динамических

проявлений движения горного массива, выявление связи между геодинамической активностью (горных ударов) с технологическими работами. Что позволит выбрать наиболее благоприятные с точки зрения горной геомеханики направления ведения очистных работ и проведения профилактических мероприятий по разгрузке напряженных участков шахтного поля.

Основой сейсмического контроля является правильно рассчитанная сейсмическая сеть. Детальность изу-



**Рис. 2. Блок-схема системы GITS установленной на ш. «Комсомольская»**



**Рис. 3. Сейсмическая сеть ш. «Комсомольская»**

чения сейсмической активности в пределах шахтных полей зависит от энергетического уровня сейсмических явлений, которые могут быть зарегистрированы определенным количеством сейсмических пунктов, входящих в сеть наблюдений. Расчет сети наблюдения являлся определяющим этапом работ при проектировании системы на объекте. Плотность сети зависит от минимальной энергии сейсмического события и реальной чувствительности каждого сейсмического пункта, входящего в рассматриваемую сеть.

Реальную чувствительность — характеризует радиус сферы  $R$ , в пределах которой данный сейсмический пункт может уверенно зарегистрировать сейсмическое событие определенного энергетического уровня.

Иначе говоря, реальная чувствительность сейсмопункта, при наличии постоянного фона микросейсм (помех) в рабочем диапазоне частот, ограничивается определенным энергетическим уровнем, т. е. все события, обладающие энергией ниже этого уровня, будут находиться за пределами реальной чувствительности и их выделение на фоне помех будет затруднительно.

Уровень помех не остается постоянным во времени. При уменьшении амплитуды помех радиус реальной чувствительности увеличивается, а при увеличении — уменьшается. При уровне помех, близком к нулевому значению, реальная чувствительность определяется максимально возможной чувствительностью аппаратуры и уровне полезного сигнала. Отсюда вытекает

необходимость установки пунктов наблюдения в местах с наименьшим уровнем помех.

Таким образом, для уверенной регистрации сейсмических событий необходимо были выполнены следующие требования:

1. Все интересующие нас участки массива, прежде всего места ведения горных работ, должны находиться в зоне уверенной регистрации 5-тью и более сейсмопунктами.

Пункты наблюдений должны располагаться, с учетом горно-технической обстановки, вокруг контролируемой площади, как можно более равномерно. Например, при  $R=1000$  м это означает, что среднее расстояние между сейсмопунктами в местах ведения горных работ должно составлять приблизительно 500—700 м.

График повторяемости сейсмических событий

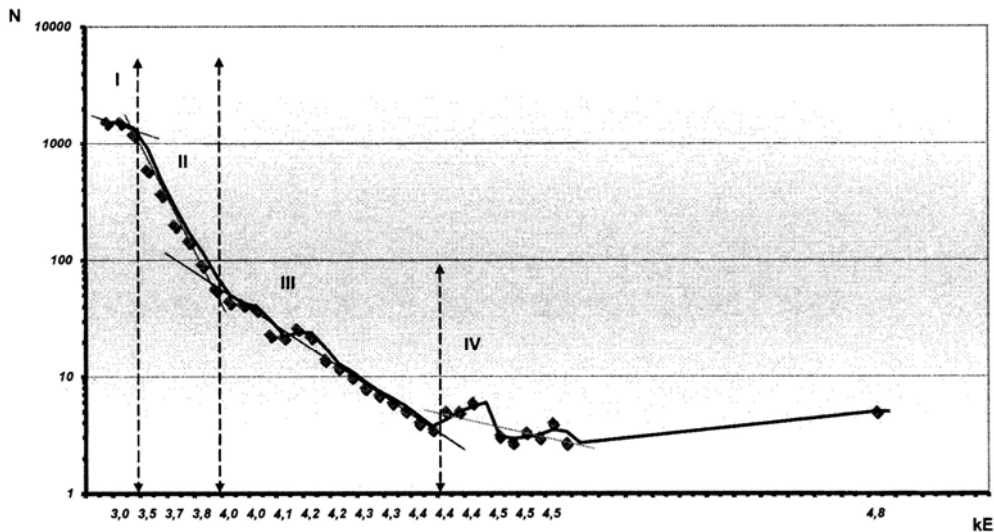


Рис. 4. График повторяемости сейсмических событий на ш. «Комсомольская»

Предварительные критерии	Породы кровли и почвы	
	Тройной	Четвертый
Нижний энергетический порог сейсмического события	3500 Дж	2500 Дж
Верхний энергетический порог сейсмического события	15000 Дж	1000 Дж
Период накопления событий	7 суток	7 суток
Критерий удельной суммарной энергии сейсмических событий в блоке 120×120×800 м.	500 кДж	500 кДж

2. Для получения удовлетворительной точности (+/-25 м) определения координаты Z — глубины гипоцентров сейсмических событий разнос глубин сейсмопунктов по высоте должен составлять не менее половины разнosa в горизонтальной плоскости. По возможности необходимо добиваться равномерного распределения сейсмопунктов вокруг зоны регистрации сейсмических событий по всем трем координатам.

3. Для увеличения реальной чувствительности сейсмопунктов сейсмодатчики должны устанавливаться в скважины, пробуренные в стенку выработки глубиной 7 м (за зону дезинтегра-

ции), где амплитуда микросейсм (помех) минимальна.

По выше описанной методике смонтирована и введена в опытную промышленную эксплуатацию сейсмическая сеть на шахте «Комсомольская», рис. 3.

Опытная эксплуатация системы геодинамического мониторинга GITS началась в октябре 2005 года.

В период опытной эксплуатации системы геодинамического мониторинга зарегистрировано 8500 сейсмических событий, сформирован каталог сейсмической активности массива.

Разносторонний анализ предварительных результатов работы системы

GITS опытного периода выявил прямую зависимость сейсмической активности массива шахтного поля от техногенного воздействия на него ведением очистных работ.

На картах сейсмической активности расположение гипоцентров сейсмических событий имеет определенную упорядоченность в пространстве и во времени. Обобщенный анализ циклов горных работ и сейсмичности показал наличие их тесной взаимосвязи. По оценке количественного влияния горных работ, установлено, что в пределах разрабатываемых участков шахтного поля происходит всех событий до 50 %, 33 % — на прилегающих к горным работам зонам до 200 м вглубь массива. Остальные 17 % можно отнести к различным динамическим процессам, происходящим в массиве.

На графике повторяемости сейсмических событий (рис. 4) за весь период наблюдений представлены четыре энергетических уровня сейсмических проявлений. Данные уровни отражают следующие формы деформационных процессов, происходящих в пределах горного массива шахтного поля:

I — естественная фоновая активность с энергией  $E < 1000$  Дж;

II — динамические явления, связанные с разрушениями в при контурном массиве горных выработок, с энергией  $E > 3500$  Дж;

III — динамические явления, связанные с влиянием очистных работ при выемке угля, с энергией  $E > 6000$  Дж;

IV — динамические проявления, вызванные литолого-тектоническими особенностями участков шахтного поля), с энергией  $E \gg 10000$  Дж.

На основании данного анализа, были получены распределения сейсмической активности, позволившие выделить прогностические критерии удароопасности массива, (таблица) в виде:

- ежемесячных сводных карт с периодом наблюдений 14 дней зон акти-

вации геомеханических процессов, обусловленных сейсмобъятиями первого уровня;

- карт удароопасного состояния массива по данным третьего и четвертого уровней с периодом наблюдений 7 дней;

Выделенные на картах зоны, по предварительным данным, являются, возможно, только «предвестниками» удароопасного состояния (по предварительным данным ВНИМИ). Кроме того, совместный анализ сейсмического и геологического материала позволил выявить корреляционную связь аномальных зон сейсмической активности с наличием в кровле и почве пластов мощных пачек песчаника. Подвижки, происходящие в крепких песчаниках, под действием поля напряжений (вызванных также и очистными работами) вызывают упругую реакцию массива в виде высокоэнергетических сейсмических толчков.

Превышение допустимого значения предварительно установленного комплексного критерия опасности в расчетном блоке с поперечными размерами  $L = 120 \times 120$  м, высотой 800 м, шахтного поля и привело к образованию «зон-предвестников» удароопасного состояния участков шахтного поля, приуроченных к сопряжению вент, штрека 312-С пл. Тройного и забоя лавы и впереди забоя лавы 612-С пл. Четвертого. Размеры зон не более 0.5 L лавы;

- установленных зависимостей между периодами посадки основной кровли и сейсмической активностью массива, которые позволят вносить коррективы в геологические и горно-технические прогнозы паспортов отработки очистных забоев, а это в свою очередь, обеспечит более безопасное ведение работ и оптимизирует процесс выемки запасов угля.

Критерием в этой случае может стать количество и энергия сейсмособытий в период, предшествующей посадке основной кровле. Предварительно установлено, что за 1,5—2 суток перед посадкой кровли массив «затихает» — кол-во событий минимально и их энергия ниже фоновых значений на 15—20 %. определения диапазона энергетических характеристик по разрабатываемым пластам, что позволит уточнять в будущем критерии удароопасности: Общий уровень естественного сейсмического фона шахтного поля — 100—1300 Дж.

#### *Выводы*

На основании сейсмического мониторинга был предложен к применению комплексный прогностический параметр, оценивающий удароопасность массива, по параметрам:  $N$  (суммарное количество событий) и  $E$  (суммарное энерговыделение, Дж). Данные величины параметров являются удельными (приходящимися на элемент объема массива (блока) с характерными линейными размерами  $L=120—120$  и высотой 800 м. Получен критический энергетический порог единичного сейсмического события, определяющий удароопасность массива —  $E=35000$  Дж.

Кроме того, данные по отработке лав центрального блока ш. «Комсо-

мольская» в сопоставлении с регистрируемой сейсмической активностью, свидетельствуют о том, что активизация динамической активности, повышение напряжений в их краевых частях и целиках происходит в результате наложения техногенных напряжений на уже существующие в массиве тектонические напряжения. Эти напряжения вызваны зависанием консолей пород основной кровли, как за лавой, так и над монтажными камерами, с пригрузкой вышележащих целиков. Все последующие посадки пород основной кровли также сопровождаются перераспределением напряжений в массиве, что и провоцирует усиление сейсмической активности.

Полученный опыт на стадии адаптации системы GITS к условиям поля шахты Комсомольской при деформировании подрабатываемых массивов, обусловленной выемкой и передвижением значительной горной массы, позволил обозначить направления будущего развития системы: это и определение показателей, базирующихся на оценках кинематических и динамических параметров очага: энергии, сейсмического момента, объема и построение фрактальных, численных моделей прогноза критических деформаций.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Логинов А.К.* Современные технологические и технические решения отработки угольных пластов. — М.: МГТУ, 2006. — С. 13—20.

2. *Николаев А.В.* Проблемы наведенной сейсмичности. — Сб. Проблемы наведенной сейсмичности. — М.: Наука, 1994. — С. 5—15

3. *Дягилев Р.А.* Сейсмологический прогноз на рудниках и шахтах Западного Урала.

Материалы научной сессии Горного институт УрОРАН, Пермь. 1998 г. — С. 98—101.

4. *Козырев А.А., Панин В.И., Мальцев В.А.* Изменение геодинамического режима при ведении крупномасштабных горных работ на Кольском полуострове. Горный институт Кольского научного центра РАН С—Пб. ВНИМИ. 1997. **ИДБ**

#### **Коротко об авторах**

*Логинов А.К.* — кандидат технических наук, генеральный директор,

*Беляева Л.И.* — главный геофизик-начальник сейсмостанции,

ОАО «Воркутауголь», [www.vorkutaugol.ru](http://www.vorkutaugol.ru)

*Мулев С.Н.* — заведующий, сектором геофизического мониторинга ОАО ВНИМИ, [post@vnimi.ru](mailto:post@vnimi.ru)