

УДК 550.3

*А.М. Мухаметшин, И.Р. Камалдинова, А.С. Ведерников,
С.С. Панфилов, В.М. Анисимов, М.В. Яковлев,
В.М. Крупнов, В.И. Сафьянов*

**ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОГО
ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВОВ
НА ОБЪЕКТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Семинар № 2

Исторически так сложилось, что в основном горнодобывающие предприятия являются одновременно и градообразующими. Инфраструктура горнодобывающего предприятия представлена сетью горных выработок, а на поверхности – рядом жилых, производственных и социальных зданий и сооружений самого различного назначения. Поэтому вновь становится актуальной задача обеспечения их сейсмобезопасности от технологических и массовых взрывов, в том числе и подземных, несмотря на то что масса инициируемых зарядов оказывается ныне значительно ниже, чем проводившихся ранее. Зато изменились как геологические условия, так и уровень социальной безопасности. А в последние годы ставятся еще и задачи обеспечения экологической безопасности, из чего следует, что с целью их решения прежде всего следует вести непрерывные, т. е. мониторинговые сейсмометрические исследования. Без подобных исследований обеспечение экологической безопасности взрывных работ для объектов окружающей промышленной и социальной инфраструктур год от года становится все более сложной научно-технической задачей.

Для решения технических и методических задач при исследовании сейсмического влияния взрывных работ предложена компьютеризованная портативная геоинформационная система. В техническом плане система содержит 3 стандартных компонента (блока) (см. рис. 1):

1) первичные преобразователи сейсмических колебаний в электрические сигналы, в качестве которых используются стандартные сейсмоприемники типа СМ-3, GS-20 DX,

2) внешний модуль аналого-цифрового или цифро-аналогового преобразования электрических сигналов. Здесь нами использованы платы L-Card типа L-1250, или E-330, которые обеспечивают многоканальный (до 32 каналов) прием и преобразование сейсмических сигналов с частотой до 500 Гц. Данные устройства передают преобразованные ими электрические сигналы через принтер-порт в режиме EPP или Bidirectional прямо на входную шину компьютера.

3) в качестве регистратора используется notebook, который осуществляет сбор данных через цифровой выход внешнего модуля и одновременно служит блоком его питания. В данном случае это был Rover book – Explorer – FT. 4. Такой вы-

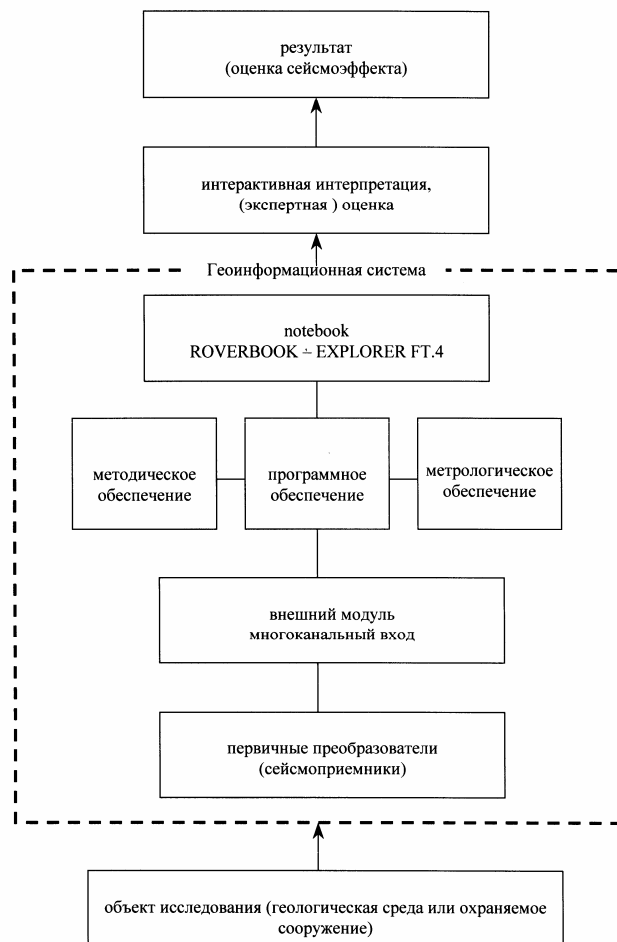


Рис. 1. Схема геоинформационной системы и ее связей с объектом и результатом исследования

ра, которое является средством сбора, преобразования, систематизации и переработки первичной информации. Для этого в основном служит блок № 2, т. е. внешний модуль E-330. Программное обеспечение этого блока содержит до 10 специализированных программ со специальными и вспомогательными функциями. С их помощью сигналы от всех сейсмоприемников группируются, преобразуются и в заданном порядке передаются на вход notebooka. Последний регистрирует полученные данные и позволяет оператору, практически в реальном масштабе времени, осуществлять визуальный контроль зарегистрированных сигналов в приемлемом, например, графическом виде.

Под сейсмическим эффектом взрывов понимается процесс нагружения объекта упругими волнами, распространяющимися в среде при взрыве. Результат нагружения определяется интенсивностью, временем и напряженным состоянием, обусловленным этим процессом.

Интенсивность сейсмического воздействия взрывов оценивается скоростью колебаний, возбуждаемых при прохождении сейсмических волн. При этом берутся в расчет два основных фактора: масса взрываемого вещества и расстояние удаления источника взрыва от охраняемого объекта.

Зависимость скорости колебания от массы заглубленного заряда и расстояния от места взрыва можно определить из выражения

числитель соответствовал компьютерам типа Pentium – II.

Таким образом, из минимального числа стандартных изделий создана портативная автономная компьютеризованная измерительная система, содержащая до 16 каналов (дифференцированных и электрически независимых) или до 32 каналов (с общей «землей»). Система вместе с тем является в полном смысле слова геоинформационной. Докажем это следующим образом.

Вышеописанные блоки соединены в виде технического средства непрерывных во времени (т. е. мониторинговых) измерений конкретного физического парамет-

Назначение выработок	Допустимая скорость колебаний v , см/с	
	многократных	однократных
Лечебные стационары	0,8	1,5
Крупнопанельные жилые здания: детские и лечебные учреждения	1,5	3
Жилые и общественные здания всех типов, кроме крупнопанельных	3	6
Административно-бытовые и промышленные здания, промплощадки, высокие трубы, транспортные эстакады	6	12
Особо ответственные выработки (срок службы более 10 лет): метро, железнодорожные, гидротехнические и иные тоннели, стволы шахт, капитальные штольни	6	12
Ответственные выработки (срок службы до 10 лет): околоствольные дворы, главные квершлагги и штреки	12	24
Выработки эксплуатируемые кратковременно (срок службы до 3 лет): откаточные орты и штреки	24	48
Неответственные выработки (срок службы до 1 года): промежуточные и скреперные штреки, выпускные дучки	48	96

$$v = K \sqrt{\frac{Q}{r^3}}, \quad (1)$$

где v – скорость колебания, см/с; Q – масса одновременно взрываемых зарядов, кг; r – расстояние до места взрыва, м; K – коэффициент, учитывающий влияние различных, в том числе геологических, факторов.

При определении сейсмобезопасных расстояний в различных зонах интенсивного сейсмического воздействия при массовых взрывах рекомендуется считать в качестве критерия сейсмической опасности скорость смещения в основании сооружения с учетом классификации группы зданий и сооружений по допустимому для них уровню сейсмического воздействия, а также выделить зоны действия взрыва и для каждой из них факторы, в наибольшей степени влияющие на уровень сейсмического воздействия.

Допустимая скорость $|v|$ может быть определена из таблицы.

Закономерности распределения параметров сейсмического воздействия проявляются зонально с удалением от взрыва, что связано со сменой волн основных энергоносителей. Различаются в первую очередь ближняя и дальняя зоны сейсми-

ческого действия. В ближней зоне решающий энергетический вклад принадлежит продольной объемной волне. В дальней зоне сейсмическое действие определяется в основном поверхностными волнами.

Ближняя зона сейсмического действия по особенностям распространения в ней волн – основных энергоносителей может быть разделена на две подзоны. В подзоне 1 наиболее интенсивные продольная объемная и поверхностная волны интерферируют, суммируясь со сдвигом фаз, меньшим или равным $0,5\pi$. Внешняя граница подзоны 1 проходит от границы очага взрыва на расстоянии

$$r_1 = \frac{0.25\lambda_p}{\frac{c_p}{c_R} - 1}$$

(2)

где λ_p – длина продольной волны, м; c_R – распространения поверхностной волны, м/с.

В подзоне 2 продольная и поверхностная волны существуют раздельно во времени, причем продольная волна преобладает по интенсивности. Положение

внешней границы подзоны (и ближней зоны сейсмического действия) соответствует условию

$$\left(\lambda_p / r_2\right)^{3/2} e^{\alpha_p r_2 (\alpha_R / \alpha_p - 1)} > 2 c_R / c_p, \quad (3)$$

где λ_R - длина поверхностной волны, м; α_p и α_R - показатели затухания соответственно продольной и поверхностной волны; r_2 - расстояние от очага взрыва до границы зоны, м.

В ближней зоне максимальная скорость смещения имеет место на ближней к взрыву по радиальному направлению стенке выработки. Полученную зависимость изменения нормальной к поверхности выработки составляющей скорости смещения v_{\perp} (ответственной за ее нарушение) вдоль выработки выражается формулой

$$v_{\perp} = 0,5 v_{\alpha} (1 - R) \cos^2 \alpha \quad (4)$$

где v_{α} - скорость смещения по радиальной компоненте на данном расстоянии, см/с; R - коэффициент отражения, определяемый в рамках упругих деформаций; α - угол выхода сейсмического луча по отношению к нормали.

Под дальней зоной сейсмического действия взрыва понимается область преобладающего (по энергии) проявления поверхностной волны Релея.

Дальняя зона характеризуется величиной показателя затухания скорости и амплитуды смещения с увеличением расстояния, равной 1-2, в среднем 1,5. Определяется скорость смещения (м/с) от взрыва зарядов рыхления в дальней зоне для усредненных геологических условий по формуле:

$$v_R = 2 \left(\sqrt[3]{Q_c} / r \right)^{1.5} \quad (6)$$

В качестве обобщающей зависимости для определения максимальных значений скорости смещения (м/с) при различных физико-механических свойствах среды дается формула

$$= v_R = 750 \sqrt{\frac{q}{\rho c_p T_R}} \left(\frac{\sqrt[3]{Q_c}}{r} \right)^{1.5} \quad (7)$$

где T_R - период колебаний для волны Релея (с) и все прочие показатели в системе СИ.

Приведенная методика позволяет теоретически рассчитать сейсмический эффект, если известны необходимые параметры. Результаты вышеприведенных исследований позволяют утверждать, что наиболее достоверной и объективной оценкой сейсмического воздействия взрывных работ является скорость смещения части грунта в точке определения. При этом возможно определение данной скорости как теоретически, так и практически. На мой взгляд, наиболее предпочтительны экспериментально измеренные величины данной скорости в связи с их наибольшей достоверностью, конкретностью и возможностью численного определения разного рода коэффициентов для последующих расчетов. Далее будут приведены экспериментальные данные, полученные при исследовании влияния массовых промышленных взрывов в шахте «Магнетитовая» на здание Высокогорского Рудоуправления и на жилое здание № 49 на ул. Высокогорской.

Результаты регистрации сейсмического эффекта на участке здания Высокогорского рудоуправления

При расстоянии от эпицентра взрыва выше тысячи метров на участке здания Высокогорского рудоуправления значительных сейсмических колебаний при взрыве любой ступени данного взрыва ожидать не следовало. Тем не менее, для документально достоверных результатов были выполнены исследования, описание которых следует ниже.

Сейсмоприемники И001 устанавливались в следующем порядке.

На грунте, перед зданием рудоуправления (на расстоянии ~15 м) установлена группа из трех сейсмоприемников, измеряющих две горизонтальных (X и Y) и вертикальную Z - компоненту вектора смещения, обусловленные сейсмическим действием

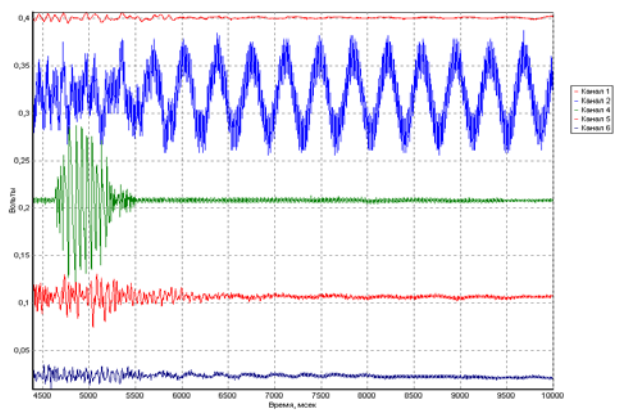
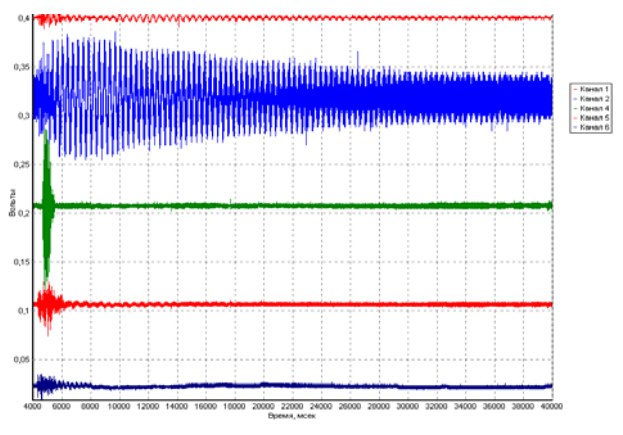


Рис. 2. Результаты регистрации упругих колебаний в здании рудоуправления и на грунте в течении 5 с

Рис. 3. Результаты регистрации упругих колебаний в здании рудоуправления и на грунте в течении 35 с



составляет до 30 с. Следовательно, отмечаем, что каркасное здание рудоуправления очень чутко реагирует на низкочастотные (2-3 Гц) колебания и, несмотря на относительно небольшие амплитуды колебания (от 19 до 32 мкм по смещениям и от 4 до 9×10^{-3} см/с по скорости смещения) довольно продолжительное время испытывает колебательные нагрузки.

Результаты регистрации сейсмического эффекта на участке жилого здания № 49 на ул. Высокогорской

взрыва в данном районе. Одновременно регистрировались вертикальные смещения на 4^м и 3^м этажах здания.

Анализ результатов регистрации сейсмического эффекта от массового взрыва (08 ноября 2004 г.) на участке «Рудоуправления ВГОКа»

На 4^м и 3^м этажах получены записи вертикальной Z – составляющей. При этом отмечено, что (см. рис. 2 и 3) после окончания взрыва (1,7 с. от нуля) на записи Z компоненты на грунте видны низкочастотные обменные волны, а в самом здании наблюдается рост амплитуды колебаний, причем на 3^м этаже, при гораздо меньшем росте таких же вертикальных колебаний на 4^м этаже. При этом продолжительность и тех и других

В связи с тем, что на данном участке сейсмический эффект от массового взрыва ожидается более значительным, вследствие более близкого расположения к его эпицентру, а также в связи с наличием практически вертикальной трещины по всему зданию с обеих его сторон и на высоту всех трех его этажей была выполнена регистрация сейсмических колебаний в 4^х точках.

Первая точка расположена практически на борту предполагаемой зоны разлома в сторону взрыва и на расстоянии ~ 7 м от здания. Здесь измерялись все три компоненты сейсмических колебаний: две горизонтальных, ортогональных друг к другу (X и Y) и одна вертикальная (Z).

Вторая точка расположена на грунте за разломом от эпицентра взрыва на расстоянии 5 м от стены здания и примерно в 30 м от первой точки. Здесь также измерялись все три компоненты: X , Y , и Z .

Третья точка регистрации выбрана внутри здания, и на бетонном основании первого этажа (подсобное помещение). Данная точка здания расположена непосредственно в зоне разлома, который предположительно является причиной видимой с наружи трещины в здании. Здесь также измерялись все три компоненты сейсмических колебаний: X , Y , и Z .

Четвертая точка расположена в середине здания на бетонном полу здания, примерно в той его части, которая находится за границей разломной зоны. Здесь регистрировались две компоненты: X и Z .

Анализ результатов регистрации сейсмического эффекта от массового взрыва (08 ноября 2004 г.) на участке жилое здание № 49 по ул. "Высокогорская".

Запись колебаний, возбуждаемых массовым взрывом от 08 ноября 2004 г. в районе жилого дома № 49 по ул. Высокогорская, ведется для трех компонент: одной вертикальной, горизонтальной ориентированной по радиусу от эпицентра взрыва – X , и второй горизонтальной (Y), ортогональной X – компоненте.

Записи внутри здания, полученные также в зоне влияния границы разлома (подсобное помещение) и после этой зоны (считая от эпицентра взрыва), т. е. в складском помещении, позволяют утверждать следующее:

а) Сейсмические колебания от массового взрыва в самом здании в значительной мере ослаблены;

б) амплитуды максимальных смещений меньше чем на грунте, в несколько раз в зо-

не разлома, а за разломом практически не отличаются;

в) максимальные скорости смещения имеют существенные различия:

- на границе разлома в несколько раз меньше, чем на грунте, что может быть обусловлено нарушенной связью здания с грунтом;

- за разломом в три с лишним раз больше, что возможно, обусловлено влиянием самого здания.

Полученные и приведенные параметры негативного влияния горных работ являются еще одним наглядным подтверждением ранее разработанных рекомендаций по обеспечению сейсмобезопасности буровзрывных работ на шахте "Магнетитовая".

Промышленные взрывы оказывают сейсмическое влияние на объекты инфраструктуры, это влияние различно в зависимости, прежде всего, от геологических условий, массы одновременно взрывааемых зарядов, расстояния до места взрыва. Оценить это влияние возможно исходя из описанной методики по скорости смещения части грунта в определяемой точке наблюдения.

Экспериментальные данные подтверждают эффективность оценки сейсмического влияния на основе измерения скорости смещения части грунта. Для наиболее точного определения сейсмического воздействия (при экспериментальном его определении) необходимо хорошее техническое обеспечение. Таким образом геоинформационная система для регистрации и оценки сейсмического эффекта должна отвечать следующим требованиям: быть многоканальной, иметь возможность контроля режимов функционирования, возможности по преобразованию, систематизации и переработки первичной информации.

Коротко об авторах

Мухаметшин А.М., Камалдинова И.Р. Ведерников А.С., Панфилов С.С., Яковлев М.В. – ИГД УрОРАН,
Анисимов В.М – УрГУПС,
Крупнов В.М., Сафьянов В.И. – ОАО "Высокогорский ГОК".

УДК 622.831.32:538

О.А. Хачай, О.Ю. Хачай

**ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ САМООРГАНИЗАЦИИ
В МАССИВАХ УДАРОПАСНЫХ ШАХТ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКТИВНОГО
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОНИТОРИНГА ***

Семинар № 2

В настоящее время накоплено достаточно сведений, свидетельствующих о двух важнейших особенностях современной эволюции геологической среды: - механические перемещения вещества Земли происходят на любых пространственных и временных масштабах; - доступное изучению вещество земной коры образует блочно-иерархическую структуру, являющуюся результатом процессов деструкции или разрушения [1].

Важную роль для понимания формирования и развития иерархии структурных уровней деформации в твердых телах играют теоретические и экспериментальные результаты, полученные на образцах [2]. С их помощью развит подход, использующий представления о диссипативных структурах в неравновесных системах [3], для которых имеют место процессы самоорганизации на каждом из иерархических уровней. Как показано в [4], самоорганизация возникает при наличии иерархической структуры. Этот подход может быть применен к изучению таких природно-техногенных систем, как массивы горных пород, находящихся в процессе отработки. Для их описания применима модель открытой динамической системы [5]. Анализ проявлений процессов самоорганизации может дать представление об устойчивости системы и способствовать разработке критериев устойчивости состояния массива в целом относительно динамических

явлений заданного энергетического класса. Это перекликается с постановкой, высказанной в работе [1], заключающейся в гипотезе о делимости масштабов среды. Для всякой области размера l_0 существует акт разрушения определенного энергетического класса (и выше), подготовка которого может рассматриваться с позиций, где детерминистические представления играют важную роль и предсказание которого с некоторой степенью неопределенности (в отношении и времени и места) возможно. Тогда как разрушение меньших масштабов укладывается в концепцию нестационарного случайного процесса, для которого предсказание индивидуальных событий не возможно.

В работах [6, 7] с использованием 3D электромагнитного индукционного пространственно-временного мониторинга [8] удалось установить, что строение массива горных пород различного вещественного состава описывается моделью иерархической дискретной среды. В рамках конкретной модификации метода удалось проследить два иерархических уровня. Зоны дезинтеграции [9] в околорудном пространстве расположены несимметрично в почве и кровле, что может быть свидетельством неравновесного состояния системы. Эти зоны располагаются дискретно, т.е. имеются интервалы их полного отсутствия в околорудном пространстве. Максимальные изменения в

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 02-05-64229

массиве, находящемся под техногенным влиянием, проявляются именно в изменении со временем морфологии пространственного положения этих зон.

Результаты

Настоящая работа посвящена натурному изучению процессов самоорганизации в массиве горных пород, находящемся под техногенным влиянием и разработке критериев устойчивости на основе предложенной методики классификации. Проанализируем результаты нескольких циклов электромагнитного мониторинга массива удароопасного железного подземного рудника, проведенных в 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 гг. в ряде выработок, расположенных на четырех горизонтах на глубинах от 540 до 750 м, с целью выявления морфологии зон дезинтеграции в около-выработочном пространстве в массиве горных пород, находящемся под интенсивным техногенным воздействием и влиянием естественного поля напряжений.

Система многоуровневых электромагнитных индукционных частотно-геометрических исследований, проведенных в шахте в 2000-2004 гг., имела вид:

Схема 1

Горизонт	Выработки			
-140	3			
-210	2	4	8	
-280			8	
-350				18 19 20

С использованием математического аппарата интерпретации данных электромагнитных исследований [6–8] была проведена количественная интерпретация. В результате построена объемная геоэлектрическая модель массива на четырех горизонтах, которая представляет собой блоковый разрез с неоднородностями меньшего ранга. Эти неоднородности описываются параметром $M_0^{\%}$, который явля-

ется эквивалентным моментом сингулярного источника электрического типа (токовая линия). Он пропорционален контрастности проводимости в локальной зоне неоднородности и во вмещающей среде, длине токовой линии и зависит от частоты в случае вложенности строения выделенной локальной зоны.

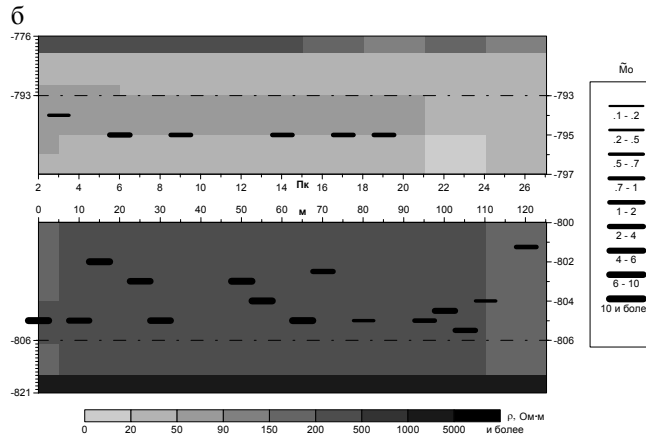
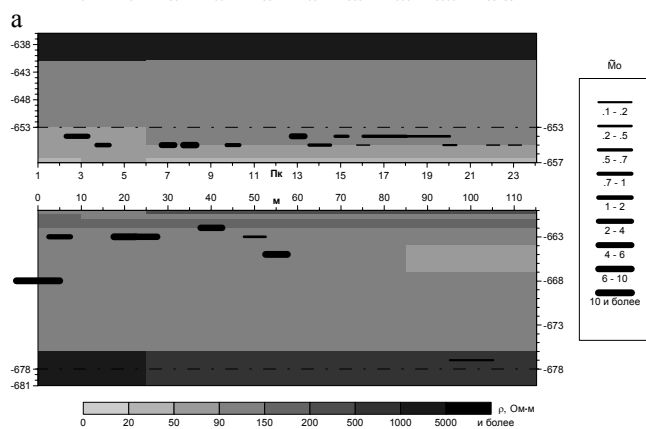
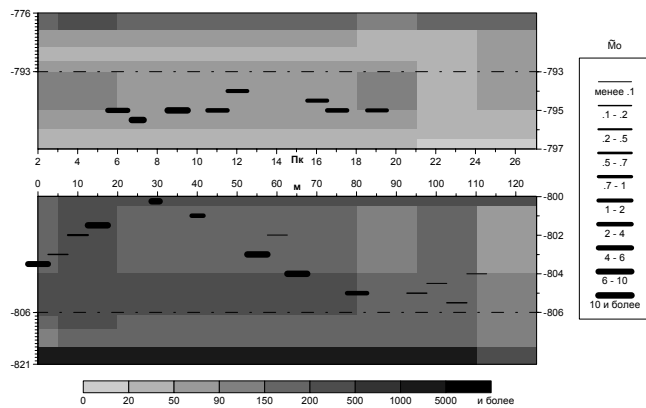
На рис. 1 анализируется морфология зон дезинтеграции в почве массива, выявленная по данным электромагнитного индукционного мониторинга в разные годы и в разных выработках. Они разнесены по вертикали на 140 м и по горизонтали на 330 м. Изучение установления устойчивого подобия структур позволит понять процессы, происходящие в массиве, которые можно зафиксировать по данным геофизического мониторинга.

Введен интегральный параметр поинтервальной интенсивности зон дезинтеграции, выявленных по данным электромагнитного индукционного мониторинга:

$$S_{p \text{ int}} = \sum_{i=1}^K M_0^{\%}$$

где N - номер интервала, на которые разбивается подпочвенное выработочное пространство: N = 1 (0-1 м), N = 2 (от 1 до 2 м), N = 3 (от 2 до 3 м), N = 4 (от 3 до 4 м), N = 5 (от 4 до 5 м), N = 6 (от 5 до 6 м), N = 7 (от 6 до 7 м), N = 8 (от 7 до 8 м), N = 9 (от 8 до 12 м), N = 10 (от 12 до 17 м), T - циклы измерений: T = 1 (2000 г.), T = 2 (2001 г.), T = 3 (2002 г.), T = 4 (2003 г.), T = 5 (2004 г.) K = k_N. – количество выделенных неоднородностей в пределах интервала N по всей длине выработки.

№	1-я группа	2-я группа	3-я группа
1	Горизонт – 140, орг 3	Горизонт – 210, орг 2	Горизонт – 210, орг 8
2	Горизонт – 350, орг 20	Горизонт – 350, орг 18	Горизонт – 280, орг 8
3	Горизонт – 210, орг 4		Горизонт – 350, орг 19



В

Обсуждение результатов и выводы

Анализируя результаты полученные согласно схеме 1 для трех частот 20, 10, 5 кГц, можно разбить эти орты на три группы, обращая внимание только на количе-

Рис. 1. Проявление процесса самоорганизации в морфологии зон дезинтеграции, выявленной по данным электромагнитного индукционного мониторинга:

- а) Геоэлектрический разрез по орту 19, горизонт –350, частота 20 кГц, наблюдения 2003 г.
- б) Геоэлектрический разрез по орту 8, горизонт –210, частота 10 кГц, наблюдения 2002 г.
- в) Геоэлектрический разрез по орту 19, горизонт –350, частота 20 кГц, наблюдения 2002 г.
- г) Геоэлектрический разрез по орту 8, горизонт –210, частота 10 кГц, наблюдения 2003 г.

ственные значения $S_{pint}(NT)$:

1-я группа – до 30, 2-я группа от 30 до 40, 3-я группа – более 40.

Структура массива 1-й группы, не зависимо от глубины залегания орта, характеризуется установлением устойчивой упорядоченности распределения параметра $S_{pint}(N, T)$ от контура вглубь почвы, особенно это характерно для 4 орта –210 горизонта, где были предприняты повторные измерения в течение трех последних лет, а для 2003 г., измерения проводились до и после массовых взрывов. В свою очередь 4-ый орт проходит по охранному целику, наши результаты исследования свидетельствуют об устойчивости его состояния. Распределение параметра $S_{pint}(N, T)$ для массива вто-

рой группы характеризуется ежегодным изменением своей упорядоченности по интервалам от контура выработки вглубь почвы, при этом имеет место частотная несогласованность этих изменений, однако амплитуда изменений ограничена.

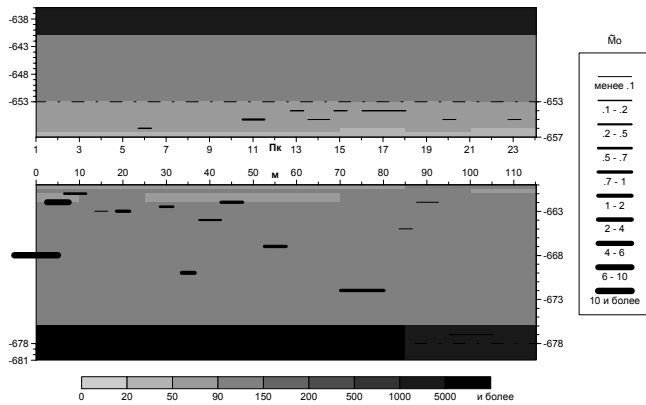


Рис. 1, 2

По всей вероятности состояние этого массива можно характеризовать как квазиустойчивое. Для массива третьей группы особенности распределение параметра $Spint(N, T)$, указанного для массива второй группы только увеличиваются по своей амплитуде, а массив можно характеризовать как потенциально неустойчивый.

Следует отметить, что в 2002, 2003 гг. наиболее сильные динамические проявления имели место именно вблизи 8-х ортов -210 и -280 горизонтов, орт 19 горизонта -350 также выделяется как аномальный.

Представляет интерес проанализировать динамику параметра $Spint(N, T)$ в течение года за все 5 циклов наблюдения для массива из ортов, принадлежащих различным группам устойчивости. В

качестве одного из устойчивых рассмотрим массив орта 4, горизонта -210 (рис. 2, а-б).

Так, в 2000 г. мы видим, что максимальное значение параметра $Spint$ приходится на первый интервал от 0 до 1 м,

Горизонт -210, орт4, частота 20 кГц 2000-2001гг.

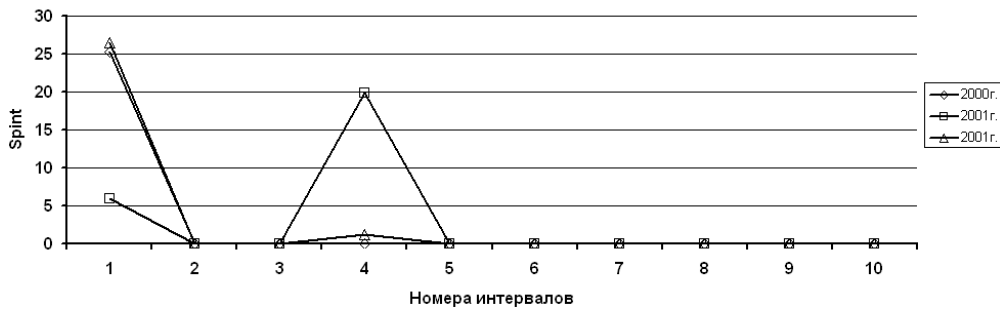


Рис. 2, а: Распределение поинтервальной интенсивности для массивов различной степени устойчивости

Горизонт-210, орт 4, частота 20 кГц, 2001-2002гг.

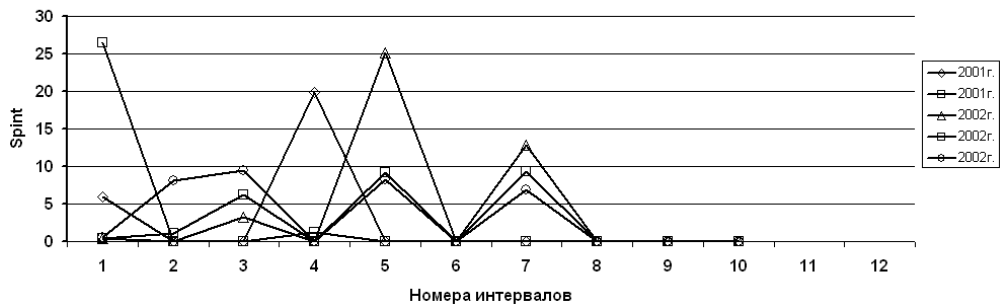


Рис. 2, б

Горизонт -210, орт 4, частота 20 кГц, 2002-2003гг.



Рис. 2, в

Горизонт -210, орт4, частота20 кГц, 2003-2004гг.

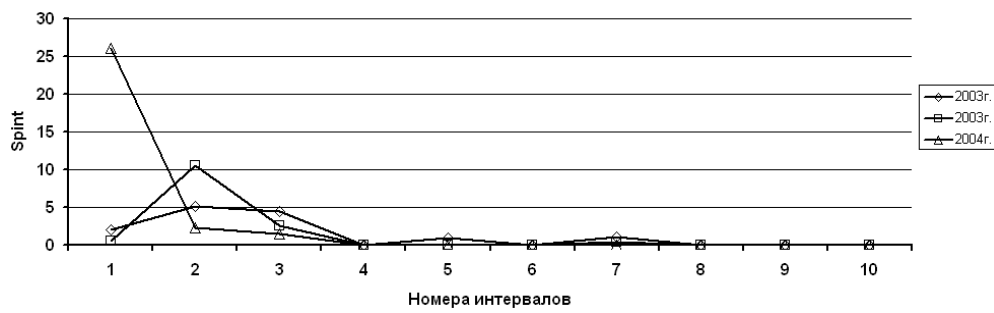


Рис. 2, з

Горизонт -210, орт8, частота20 кГц, 2000-2001гг.



Рис. 2, д

Горизонт -210, орт8, 20 кГц, 2001-2002гг.

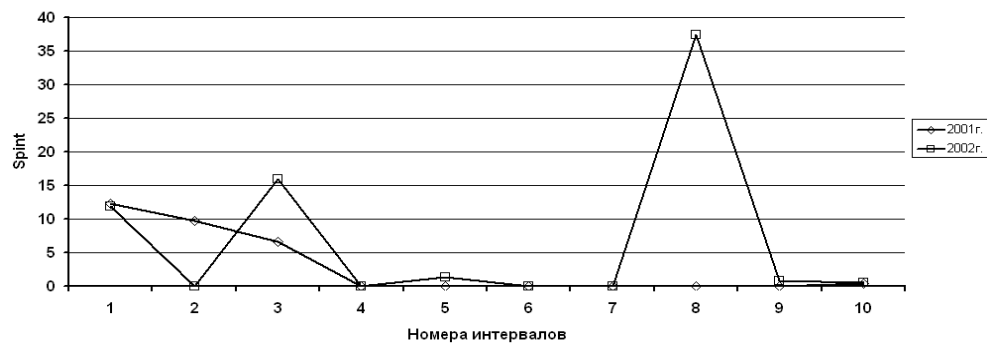


Рис. 2, е



Рис. 2, б



Рис. 2, в

в 2001 г. максимум параметра $Spint$ перемещается на 4-й интервал.

В 2003 г. максимальное значение параметра $Spint$ перемещается еще глубже в массив.

В 2004 г. максимальное значение параметра перемещается снова на контур выработки.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что имеет место циклическое перемещение зон дезинтеграции, проявляемое в положении максимального значения параметра $Spint$. На частотах 5 и 10 кГц имеет место аналогичная картина, однако цикличность смещена на один год в сторону запаздывания.

Представляет интерес проанализировать динамику параметра $Spint(N, T)$ в течение года за все 5 циклов наблюдения для массива из ортов, принадлежащих группе неустойчивых массивов. К ним

принадлежит орт8, горизонта -210 (рис. 2, б-в).

Резкие изменения в максимальных значениях параметра $Spint$ проявляются в 2002 г., причем от 8 до 9 м от контура выработки вглубь почвы.

В 2003 году проявляется резкое уменьшение параметра $Spint$ и оно сохраняется и в 2004 г. Массив орта 8 находится в стадии сильного разрушения.

Надо сказать, что для этого орта динамика распределения параметра $Spint$ идентична для всех частот.

Отмеченное проявление цикличности морфологии распределения параметра $Spint$ во времени также характеризует устойчивость массива относительно сильно энергетических динамических проявлений. В то время как циклическая перестройка структуры массива может сопровождаться слабыми динамическими проявлениями.

Одновременный анализ положения
максимума (N - номер интервала) распре-
деления параметра *Spint* вглубь

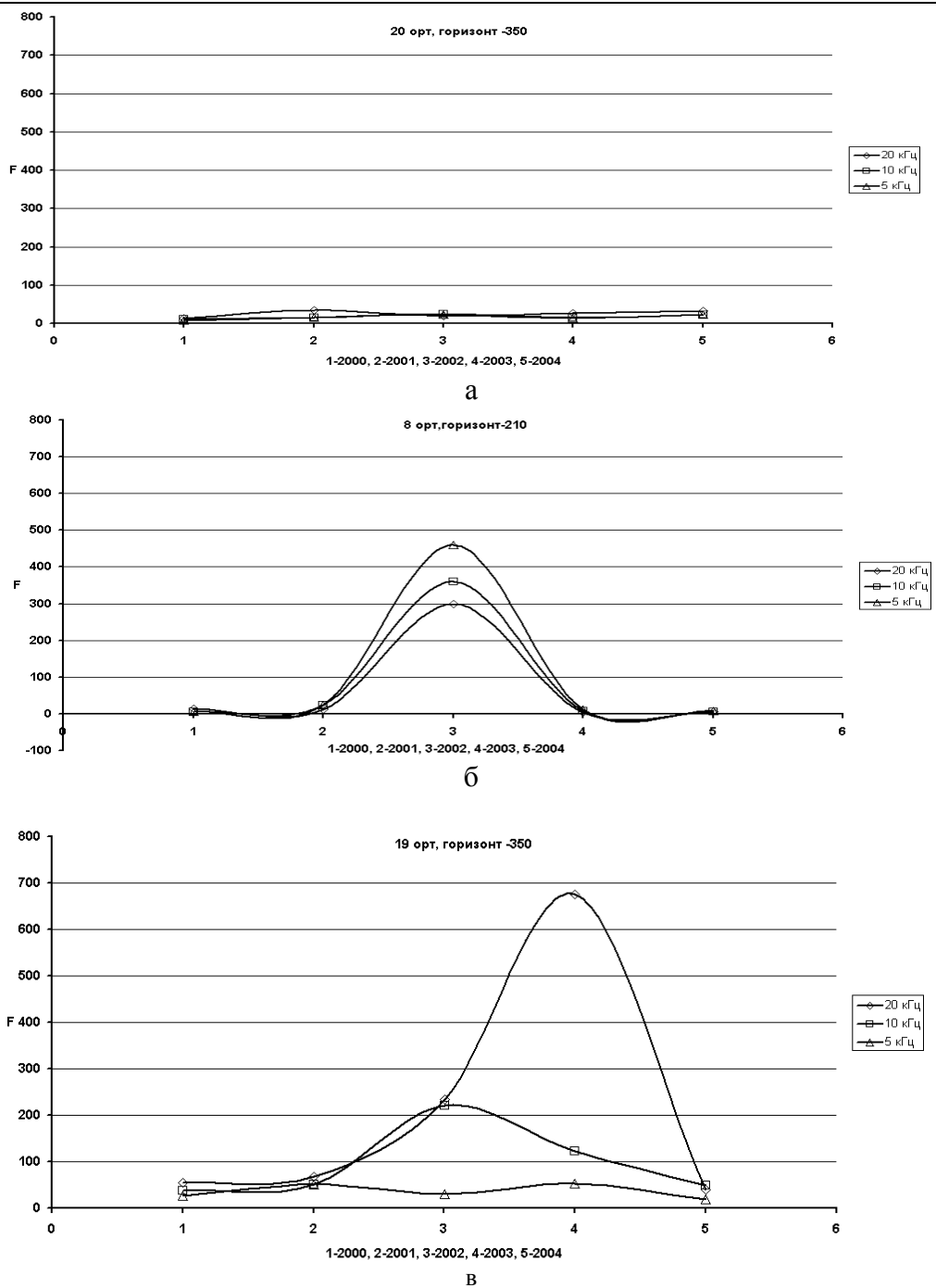


Рис. 3. Изменение параметра F , характеризующего структурные изменения в массиве по данным электромагнитного мониторинга. По оси абсцисс отложены номера циклов наблюдения: 1 - август 2000 г., 2 - август 2001 г., 3 - август 2002 г., 4 - август 2003 г., 5 - июль 2004 г.

массива (в почву массива) и его значения в виде зависимости параметра $F(T) = Sp \int^{\max}(T, N_0) \times N_0(T)$ от цикла наблюдения T позволяет установить четкие классификационные границы между массивом, находящемся в устойчивом состоянии (рис. 3, а) и массивом, находящемся в состоянии разрушения (рис. 3, б). Так, для устойчивого массива значения параметра $F(T)$ ограничено величиной 100, для массива, претерпевшего резкие структурные изменения, связанные с фазовым переходом, в течение пяти циклов наблюдения параметр $F(T)$ ведет себя подобным образом для всех частот и имеет четко выраженный максимум как функции T , превышающий величину 100 в 3 раза и более. Для массива, в котором происходят сильные структурные изменения вблизи контура выработки, не затрагивая его глубинные части, параметр $F(T)$ ведет себя не согласованно по частоте (рис. 3, в). В результате можно считать, что массив нахо-

дится в состоянии развивающейся неустойчивости.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы: массив горных пород представляет многогранговую иерархическую структуру. Изучение динамики состояния, его структуры и явлений самоорганизации массива можно вести геофизическими методами, настроенными на такую модель среды. Использование попланшетной многоуровневой индукционной электромагнитной методики с контролируемым источником и соответствующей методики обработки и интерпретации позволило выявить зоны дезинтеграции, являющиеся индикатором устойчивости массива. Введение нового интегрального параметра – поинтервального распределения интенсивности зон дезинтеграции, позволяет перейти к детальной классификации массива по степени устойчивости и ввести для этого количественные критерии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдин С.В. Деструкция литосферы и физическая мезомеханика // Физическая мезомеханика, т.5, №5, 2002, 5-22.
2. Панин В.Е., Лихачев В.А., Гриняев Ю.В. Структурные уровни деформации твердых тел. Новосибирск СО АН СССР Наука.1985. 226 с.
3. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир. 1979. 300 с.
4. Николис Г. Динамика иерархических систем. – М.: Мир, 1989. 486 с.
5. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. – М.: Мир, 1990, 344 с.
6. Хачай О.А. К вопросу об изучении строения и состояния геологической гетерогенной нестационарной среды в рамках дискретной иерархической модели // Российский геофизический журнал, 2004, № 33-34, С. 32-37.
7. Хачай О.А., Новгородова Е.Н., Хачай О.Ю. Новая методика обнаружения зон дезинтеграции в околывыработочном пространстве массивов горных пород. // Информационный горно-аналитический бюллетень №11, – М.: Изд-во МГГУ. 2003. – С. 26-29.
8. Хачай О.А., Влох Н.П., Новгородова Е.Н., Хачай А.Ю., Худяков С.В. Трехмерный электромагнитный мониторинг состояния массива горных пород // Физика Земли, 2001, №2. – С. 85-92.
9. Шемякин Е.И., Фисенко Г.Л., Курленя М.В., Опарин В.Н. и др. Эффект зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок // ДАН СССР. 1986. Т. 289, №5.

Коротко об авторах

Хачай О.А. – доктор физико-минералогических наук, главный научный сотрудник, Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург.
Хачай О.Ю. – магистрант математико-механического факультета, Уральский государственный университет.

© А.И. Бабкин, А.Е. Ахматов,
2005

А.И. Бабкин, А.Е. Ахматов

**ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ШАХТНЫХ
СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ЗОНАХ
ТРЕЩИНОВАТОСТИ***

Семинар № 2

Оbjectами поисковых сейсморазведочных исследований являются сложные геологические структуры, характеризующиеся множеством параметров, каждый из которых в той или иной степени влияет на особенности формирования и распространения упругих волн. В подобной ситуации отождествление изменения сейсмической записи с определенными геологическими объектами невозможно без набора диагностических признаков. Моделирование влияния различных неоднородностей геологической среды на характеристики регистрируемых волновых полей позволяет в дальнейшем с высокой степенью достоверности выявлять искомые объекты при сейсморазведочных работах.

Наиболее развитым и распространенным методом моделирования является математическое. Несмотря на высокий теоретический уровень современных подходов к решению прямых задач, при расчете синтетического волнового поля допускаются определенные упрощения. Для сложных геологических объектов не всегда возможно получение точного сейсмического образа.

В отличие от математического, физическое моделирование позволяет напрямую оценить закономерности в распространении упругих волн, связанные с изменениями физических и структурных параметров породных объектов. Но при этом, обычно ограничиваются изучением,

либо влияния тех или иных горных пород на динамические характеристики проходящих волн (на образцах), либо особенностей формирования отраженных волн в упрощенных моделях из композиционных материалов, по своим упругим характеристикам недостаточно соответствующим реальным горным породам [1]. Полученные результаты достаточно сложно применить в практических исследованиях, как вследствие масштабного эффекта, так и по причине упрощенной имитации полевых систем наблюдений. В этой связи несомненный теоретический и практический интерес представляет физическое моделирование современных сейсморазведочных технологий, к которым следует отнести методику многократных перекрытий по общей глубинной точке (ОГТ).

К одной из наиболее важных задач малоглубинной сейсморазведки ОГТ, применяемой в пределах Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС), следует отнести выявление дизъюнктивных нарушений и зон трещиноватости в продуктивной толще. Перераспределение опорного горного давления в процессе разработки месторождения при наличии подобных геологических объектов может привести к нарушению целостности водо-защитной толщи (ВЗТ).

Наибольшей информативностью при локализации неоднородностей горного массива характеризуются шахтные сейсморазведочные исследования, базирующие

*Работа выполнена при поддержке фонда РФФИ (грант № 04-05-96011)

щиеся на интерференционных системах приема [4].

В рамках решения представленной задачи нами выполнено физическое моделирование одиночного разрывного нарушения. В качестве используемого материала взят блок сильвинита с прослоями каменной соли (рис. 1). Его размеры: длина – 32 см, ширина – 12 см, высота – 16,5 см. В пределах горизонтальной плоскости имитирована интерференционная система наблюдений методики многократных перекрытий со следующими параметрами: 15-ти канальная центральная с раскрытием и закрытием системы на концах профиля; шаг пунктов возбуждения ($dX_{пв}$) равен шагу пунктов приема ($dX_{пп}$) – 2 см; точечный источник упругих волн (удары молоточка по болту малого диаметра). Параметры регистрации: $dt = 2$ мкс; ФВЧ – 500 Гц; ФНЧ – 20 кГц; количество воздействий – 9.

Для оценки влияния разрывного нарушения на параметры волнового поля модельное профилирование МОГТ проведено в два этапа: 1) по ненарушенному блоку и 2) с пропилом крутопадающей трещины. Отображение наклонного дизъюнктивного нарушения в волновой картине возможно при определенных соотношениях размеров нарушенной зоны и оценок вертикальной и горизонтальной разрешенности сейсмической записи.

Критерием вертикальной разрешенно-

сти является отношение преобладающей длины сейсмической волны (λ) к толщине исследуемого объекта. Временное разделение двух последующих друг за другом сигналов, в классическом представлении, начинается при $T/2$, т.е. при мощности объекта $\geq \lambda/4$ [5]. Рядом авторов доказана возможность выделения тел меньших размеров - $\Delta h \geq \lambda/8$ [7].

В качестве оценки горизонтальной разрешенности используются размеры первой зоны Френеля [5]. Размер и форма первой зоны Френеля для конкретного объекта зависит от его удаления относительно линии наблюдений и длины отраженной волны: $R_{фр.} = \sqrt{D\lambda/2}$ [6], где $R_{фр.}$ – радиус первой зоны Френеля и D – удаление от линии наблюдений до исследуемого объекта. Существует ряд общих положений в определении предельных размеров поисковых объектов при наблюдениях по методике многократных перекрытий. В литературе обычно упоминаются значения, равные $1/4$ первой зоны Френеля [5]. При этом основываются на эффективном размере первой зоны Френеля, который в $\sqrt{2}$ раз меньше реального радиуса [7].

Пространственные параметры разрывного нарушения на модели выбраны исходя из масштабного соответствия длин волн при моделировании ($\lambda = 15$ см) и реальных сейсморазведочных исследованиях в горных выработках ($\lambda = 5$ м). Толщина пропила в блоке составляет 3 мм, что при учете масштабного коэффициента соответствует мощности зоны трещинообразования – 10 см. Таким образом, с учетом наклонного падения сейсмического луча к плоскости разрыва, вертикальный размер нарушения составляет не бо-



Рис. 1. Общий вид породного блока для физического моделирования

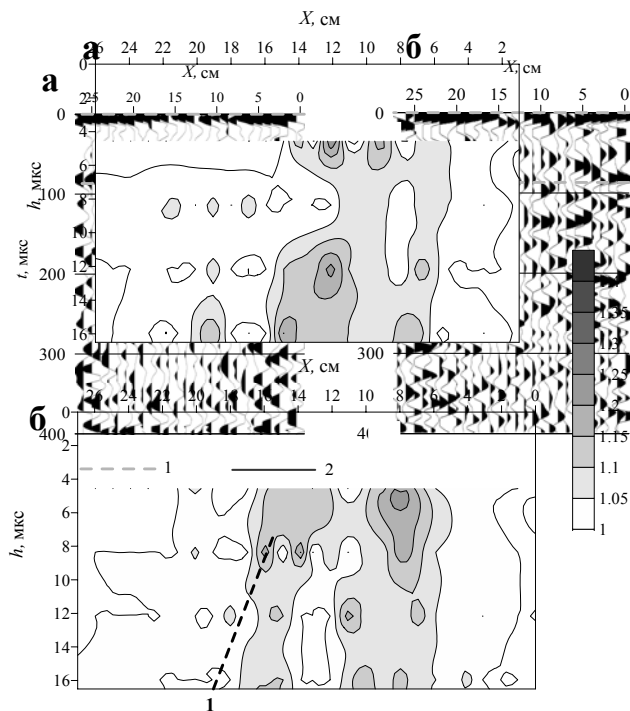


Рис. 2. Временные разрезы МОГТ при моделировании по цельному блоку (а) и с разрывом (б): 1 – границы блока; 2 – разрывное нарушение

лее $\lambda/30$. В подобных условиях плоскость нарушения может проявляться в волновом поле как интерференционный отражающий элемент, что отчетливо наблюдается на волновой картине физического моделирования (рис. 2, б).

На рис. 2 представлены временные разрезы, полученные при модельном профилировании МОГТ по цельному блоку (а) и с разрывом (б). Для обоих разрезов на времени ≈ 87 мкс отчетливо проявляется отражение от нижней грани блока, что соответствует скорости распространения продольных волн 3800 м/с. В соответствующей интервалу исследуемого блока области сейсмической записи, на фоне общей выдержанности волнового поля, в пределах пикетов 5-13 наблюдается сложная интерференционная картина, вызванная дифракционными явлениями на складке прослая каменной соли (рис. 1). Точка дифракции пространственно соответствует положению оси складки, где происходит уменьшение мощности про-

пластков с выклиниванием одного из них. При наличии разрыва блока, в регистрируемом поле появляется дополнительное отражение в виде непродолжительной оси синфазности сигнала, совпадающей с его положением. Размеры проекции нарушения на линию наблюдения составляют 3,5 см, что при сопоставлении с эффективным размером первой зоны Френеля (5 см) удовлетворяет условию ее проявления в волновом поле - $L \geq R_{\text{Фр}}/4$. Погрешность в определении положения начала разрыва в пространстве зависит от величины зоны Фре-

неля [2].

Отображение разрывного нарушения в сейсмической записи физического моделирования при незначительных соотношениях его размеров с длиной волны и зоной Френеля не может интерпретироваться явно. Отождествление аномалии волнового поля с разрывом в данном случае в большей степени основано на знании фактического его расположения. Следовательно, появление только дополнительных отражающих и дифракционных элементов на временном разрезе не может выступать достаточным диагностическим признаком при картировании единичного разрывного нарушения. В этой связи необходим анализ закономерностей изменения всех параметров регистрируемого волнового поля, таких как: скорости распространения упругих колебаний, их амплитудные и спектральные характеристики.

Известно, что в пределах разрывного нарушения происходит понижение скоро-

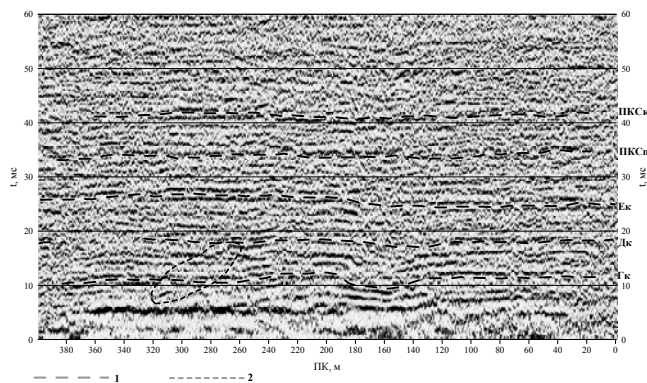


Рис. 3. Распределение комплексного параметра при физическом моделировании по цельному блоку (а) и с разрывом (б): 1 - положение разрыва

стей, заметное затухание интенсивности амплитуд и поглощение высокочастотной составляющей сейсмических колебаний. Совокупность аномалий всех перечисленных характеристик может быть представлена в виде комплексного параметра (рис. 3) [3]. Как видно из рисунка, распределение комплексного параметра в блоке значительно различается для случая нетронутого массива (рис. 3, а) и нарушенного разрывом (рис. 3, б).

Повышение значений комплексного параметра происходит на участках разреза, которым соответствуют аномальные изменения расчетных характеристик поля. Чем больше параметр, тем выше вероятность ослабленности массива на этом участке разреза. В ненарушенном блоке аномалия комплексного параметра связана со складкой, которая нашла свое проявление в виде усложнения волновой картины вследствие деструктивной интерференции в пределах ее расположения.

В нарушенном блоке изменения комплексного параметра согласуются с наличием разрывного нарушения (рис. 3, б). Наблюдается выделение дополнительного участка понижения прочностных свойств, пространственно тяготеющего к разрыву. Узкая и вытянутая вкрест залегания пропластков форма аномалии комплексного параметра указывает на его приуроченность именно к разрывному нарушению. Взаимное расположение нарушения с выделенным на основе анализа характери-

стик волнового поля ослабленным участком укладывается в пределы горизонтальной и вертикальной разрешающей способности.

Представленные результаты физического моделирования позволяют сформулировать набор дополнительных признаков для картирования единичного разрывного нарушения, на основании которых возможна интерпретация практических исследований горного массива в рамках стандартных шахтных сейсморазведочных работ по методике ОГТ.

В этой связи проведены опытно-методические работы в одной из горных выработок. Изучалось строение ВЗТ с целью выявления потенциально опасных геологических неоднородностей, которые в дальнейшем могут повлиять на ее целостность.

Объект исследований расположен в сложном в геологическом отношении участке шахтного поля. В непосредственной близости от него по данным наземной сейсморазведки предполагается тектоническое нарушение в продуктивной толще, а в 100 метрах к юго-западу проходит граница региональной выбросоопасной зоны. С подобными участками могут быть связаны различные ослабленные зоны и происходить трещинообразование.

При проведении полевых работ применялась центральная 64^х канальная система наблюдений со следующими параметрами: $dX_{пв} = dX_{пп} = 2$ м; минимальное удаление ПВ-ПП = 2 м; максимальное удаление ПВ-ПП = 62 м; кратность – 32. Возбуждение производилось в кровлю ударами кувалды. Число накапливаний составляло 6 ударов. Регистрация сейсмической запи-

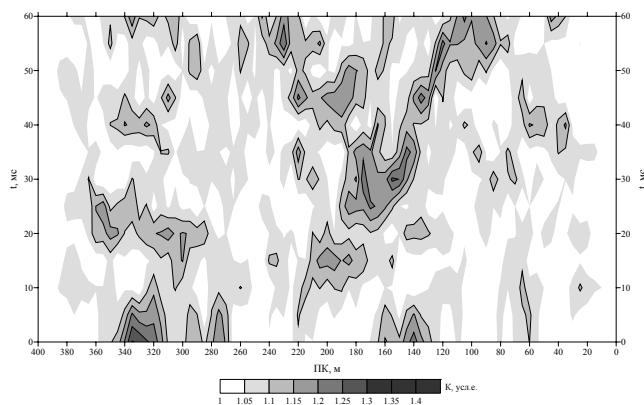


Рис. 4. Временной разрез МОГТ: 1 – отражающие горизонты; 2 – область предполагаемой трещины

Наибольший интерес в рамках представленной работы имеет второй аномальный участок (ПК.260-320, ОГ Г_к-Д_к), который по виду волновой картины соответствует разрывному нарушению на модели. Наблюдается ана-

логичное усложнение сейсмической записи в виде непродолжительных отражающих элементов с дифракционными проявлениями, секущих под углом интервал пластов от ОГ Г_к до ОГ Д_к.

Оба аномальных участка временного разреза нашли свое проявление в динамических и кинематических атрибутах волнового поля, которые представлены в виде комплексного параметра (рис. 5). Распространение крупной складки по разрезу отчетливо картируется повышенными значениями комплексного параметра. Область возможного трещинообразования проявляется аналогично разрыву при физическом моделировании и пространственно совпадает с выделенной на временном разрезе. Взаимное расположение нарушения с выделенным на основе анализа характеристик волнового поля ослабленным участком также укладывается в пределы горизонтальной и вертикальной разрешающей способности.

Результаты представленной работы позволяют на основе физического моделирования сформулировать набор дополнительных признаков для картирования разрывного нарушения и участков развития трещин при проведении сейсморазведочных исследований МОГТ во внутренних точках среды.

си осуществлялась цифровой компьютеризированной станцией – “IS-32” (Латвия). Параметры регистрации: $dt = 100$ мкс; ФВЧ – 500 Гц; ФНЧ – 2500 кГц.

Процесс цифровой обработки сводился к стандартным процедурам полосовой, обратной и верной фильтрации, коррекции формы сигнала, фазовых сдвигов и уточнению скоростей ОГТ. Результатом обработки является временной разрез, который представляет собой исходный материал для интерпретации.

На окончательном временном разрезе (рис. 4) выделен ряд отражающих горизонтов (ОГ). Они, в соответствии с результатами скоростного анализа, приурочены к кровле пластов «Г» (ОГ Г_к), «Д» (ОГ Д_к), «Е» (ОГ Е_к), а так же к подошве и кровле покровной каменной соли (ОГ ПКС_п и ОГ ПКС_к соответственно).

В пределах верхней части продуктивной толщи (ОГ Г_к – Е_к) наблюдается значительная складчатость. В интервале пикетов 120–180 в районе одной из наиболее выраженных синклинальных складок нарушается корреляция отражающих горизонтов, вплоть до ПКС_п. Потеря корреляции для данного интервала временного разреза связана с деструктивной интерференцией сигнала в условиях резкого изменения гипсометрии ОГ и, возможно, наложения влияния перпендикулярной профилю выработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берзон И.С., Епинатьева А.М., Парийская Г.Н., Стародубровская С.П. Динамические характеристики сейсмических волн в реальных средах. Москва, изд.-во АН СССР – 1962. 511 с.
2. Гурвич И.И., Боганик Г.Н. Сейсмическая разведка: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: Недра, 1980, 551 с.
3. Пригара А.М., Санфиоров И.А. Использование динамических характеристик сейсмических записей для уточнения прочностных характеристик массивов горных пород // Горное эхо, №3 (9). 2002, с. 31-33.
4. Санфиоров И.А. Рудничные задачи сейсморазведки МОГТ. Екатеринбург:

Рис. 5. Распределение комплексно-го параметра по профилю МОГТ

- УрО РАН, 1996.
5. Шериф Р., Гелдарт Л. Сейсморазведка: В 2-х т. Т.1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1987, 448 с.
 6. Ralpf W. Knapp and Don W. Steeples. High-resolution common-depth-point reflection profiling: Field acquisition parameter design. Geophysics, Vol. 51, No. 2 (February 1986); P. 283-294.
 7. Richard D. Miller, Victor Saenz and Robert J. Huggins. Feasibility of CDP seismic reflection to image structures in a 220-m deep, 3-m thick coal zone near Palau, Coahuila, Mexico. Geophysics, Vol. 57, No. 10 (October 1992); P. 1373-1380.

Коротко об авторах

Бабкин А.И., Ахматов А.Е. – Горный институт УрО РАН, Пермь.



© В.Д. Борисов, 2005

УДК 622.02:531

В.Д. Борисов

**О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ РАЗРУШЕНИЯ
ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД ПО РЕГИСТРАЦИИ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ***

Семинар № 2

При разрушении горной породы часть потенциальной энергии, приложенной извне, преобразуется в упругую энергию, которая рассеивается в виде поверхностных волн, акустической эмиссии (АЭ) и электромагнитного излучения (ЭМИ). В ИГД СО РАН в лаборатории механики горных пород ведутся исследования процесса разрушения образцов

горных пород на лабораторном стенде. Возникающие при этом сигналы ЭМИ оцифровываются и вводятся в память компьютера с целью последующего анализа. Для этого используются датчики электрического поля емкостного типа, а так же автоматизированная измерительная система АСИ – 2 [1].

В формировании ЭМИ принимают участие многие факторы, а именно: разрыв межатомных, междоузельных связей, появление свободных электронов и вакансий, движение зарядов на берегах и в вершинах образующихся трещин разных масштабных уровней. Этими факторами определяется то, что в составе ЭМИ имеется информация о параметрах процесса разрушения. Одним из методов извлечения информации из сигналов ЭМИ таких параметров является спектрально – временной анализ [1]. В качестве развития этого метода автором данного доклада разработана методика построения спектрально – временных таблиц, позволяющая оценить динамику каждого акта процесса разрушения, как локального, так и глобального [2, 3]. Суть ее заключается в следующем.

В качестве исходных данных берется графический образ сигнала ЭМИ, представленный эквидистантной последовательностью цифровых отсчетов $A(t_i) \equiv A_i$ на выходе аналого–цифрового преобразователя (АЦП), полученных после преобразования сигнала ЭМИ. На этом образе выбирается интересующая нас область для исследования. В этой области производится визуальная (приблизительная) оценка параметров сигнала, например таких, как максимальная амплитуда, частотный диапазон, количество экстремумов, точек переходов через нуль, интервалы времени между ними и т. д., в соответствии с которыми производится выбор параметров.

Для преобразования одномерной последовательности отсчетов в двумерную, была предложена модель, замещающая одно АЦП на N элементарных АЦП, запускающихся со сдвигом во времени ΔT и каждый из которых имеющий память, в которой количество ячеек n соответствует числу точек быстрого преобразования Фурье (БПФ). После преобразования сигнала ЭМИ каждым из элементарных АЦП, в памяти каждого из них хранится информация

об n отсчетах сигнала, где n – i отсчет N -го АЦП, сдвинут на время ΔT относительно $n - 1$ отсчета $(N - 1)$ – го АЦП. Затем, информация из памяти каждого из N АЦП подвергается процедуре БПФ. После процедуры БПФ получаем $N \times k$ – мерных последовательностей спектральных амплитуд, каждая из которых будет относиться к интервалу времени, сдвинутому на ΔT относительно предыдущей. По этим данным строится СВТ путем поочередного занесения каждой из N последовательностей в строки СВТ, начиная с младшего номера. Таким образом мы получаем таблицу, число строк которой равно N , а число столбцов равно k . Следовательно, информация, соответствующая строкам таблицы, относится к определенному моменту времени, а информация, соответствующая столбцам - относится к определенным частотам спектральных составляющих.

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 04-05-64863), интеграционных проектов СО РАН № № 73, 129.

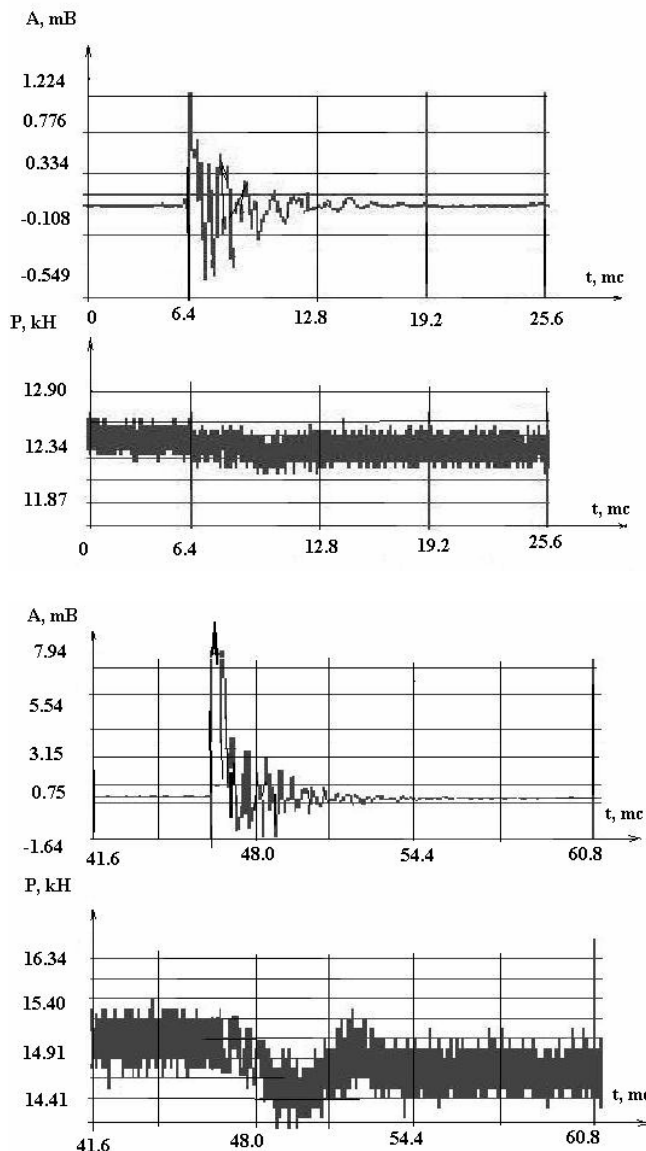
Рис. 1. Графики сигналов ЭМИ (верхний), и нагрузки (нижний) для первого акта локального разрушения

Рис. 2. Графики сигналов ЭМИ (верхний), и нагрузки (нижний) для второго акта локального разрушения

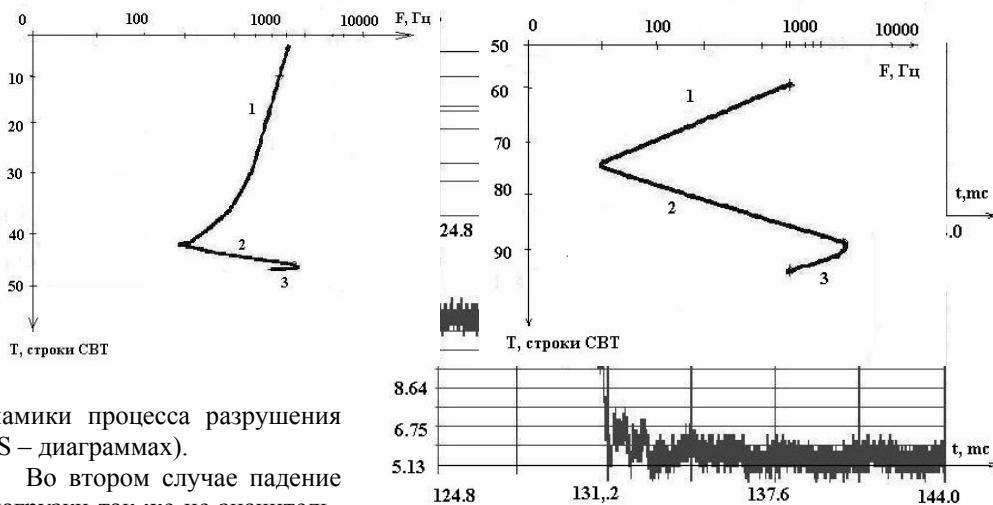
В качестве примера ниже рассматривается эксперимент с нагружением образца белого мелкозернистого мрамора Искитимского месторождения. В процессе нагружения сигналы ЭМИ и нагрузки отображаются на экране монитора в виде отдельных участков осциллограмм и записываются в память компьютера. На рис. 1–3 изображены сигналы ЭМИ и нагрузки для трех наиболее интересных случаев, возникших в процессе нагружения образца, а именно: двух актов локального и одного акта глобального разрушения.

Как видно из рис. 1, падение нагрузки для данного акта незначительно, примерно от 12,6 кН, до 12,3 кН, что составляет 0,3 кН. Амплитуда сигнала

ЭМИ так же не велика и составляет примерно 1,8 мВ. Длительность интересующей нас области сигнала для обработки составляет ориентировочно 9 мс. Наличие высокочастотных шумов на осциллограмме нагрузки объясняется высокой чувствительностью данного усилительного канала и его шумовыми свойствами. Визуальная оценка формы сигнала ЭМИ позволяет судить о том, что в спектре данного сигнала присутствуют в основном низкочастотные и среднечастотные компоненты, а высокочастотные



составляющие имеют крайне низкую амплитуду. Причем, на начальном этапе падения нагрузки в сигнале ЭМИ появляются как среднечастотные, так и высокочастотные компоненты, затем частота сигнала сдвигается в низкочастотную область. Более подробные спектрально – временные характеристики будут представлены ниже на соответствующих графиках ди-



намики процесса разрушения (S – диаграммах).

Во втором случае падение нагрузки так же не значительно, как и в первом и составляет примерно от 15,3 кН до 14,7 кН в среднем, что составляет 0,6 кН, а в максимуме – до 14,4 кН (разница 0,9 кН). Однако, амплитуда сигнала ЭМИ здесь составляет примерно 8,5 мВ, что примерно на порядок больше, чем в первом случае. Длительность интересующей нас области сигнала ЭМИ здесь так же больше, чем в первом случае и составляет примерно 15 мс. Визуальная оценка частотных параметров данного сигнала говорит о том, что на начальной стадии паления нагрузки в спектре сигнала ЭМИ присутствуют среднечастотные компоненты, затем, по мере падения нагрузки, появляются низкочастотные составляющие, после этого появляются среднечастотные, а затем опять низкочастотные малой амплитуды.

Параметры сигналов ЭМИ и нагрузки для данного акта разрушения существенно отличаются от параметров сигналов для двух предыдущих актов. Как видно из рис. 3, диапазон изменения нагрузки здесь существенно больше и составляет 6,67 кН. Нагрузка здесь падает от 11,8 кН до 5,13 кН, причем, падение происходит практически мгновенно за десятые доли миллисекунды. Амплитуда сигнала ЭМИ здесь так же существенно больше, чем для пер-

вого и второго случаев и составляет примерно 16,5 мВ. Длительность интересующей нас области исследования, как и во втором случае равна примерно 15 мс. Здесь форма сигнала несколько сложнее, чем в первых двух случаях. Из осциллограммы видно, что в спектре сигнала присутствуют как низкочастотные, среднечастотные, так и высокочастотные компоненты.

По методике, описанной кратко в начале статьи, для каждого из трех актов разрушения были построены спектрально – временные таблицы. Далее, путем выделения областей, содержащих максимумы спектральных амплитуд, и нормирования значений спектральных амплитуд в каждой из выделенных областей на свой локальный максимум были построены локальные спектрально – временные таблицы (ЛСВТ). Затем, в соответствии с направлением хода времени, точки локальных максимумов соединяются линией. Эта линия носит название S – диаграммы т. к. по форме напоминает букву S и отображает динамику процесса разрушения. Ниже, на рис. 4–6 изображены такие S – диаграммы для каждого из трех случаев.

Таблица 2

	КРИВАЯ 1			КРИВАЯ 2			КРИВАЯ 3			КРИВАЯ 4		
	Участ.1	Участ.2	Участ.3	Участ.1	Участ.2	Участ.3	Участ.1	Участ.2	Участ.3	Участ.1	Участ.2	Участ.3
Длительность [стр. СВТ]	6	12	13	3	8	-	8	7	9	8	11	7
Начальная частота [Гц]	98	49	244	293	195	-	781	342	1611	1367	977	1660
Конечная частота [Гц]	49	244	0	195	146	-	342	1611	244	977	1660	244
Частотный диапазон [Гц]	49	195	244	98	49	-	439	181	1367	390	683	1416
Интервал времени [мс]	240	840	520	120	320	-	320	280	360	320	440	280
Направление движения диаграммы	От ВЧ к НЧ	От НЧ к ВЧ	От ВЧ к НЧ	От ВЧ к НЧ	От ВЧ к НЧ	-	От ВЧ к НЧ	От НЧ к ВЧ	От ВЧ к НЧ	От ВЧ к НЧ	От НЧ к ВЧ	От ВЧ к НЧ

В первую очередь обратим свое внимание на рис. 4 и 5 и проанализируем их. Кривые, изображенные на этих рисунках имеют по три участка. Значения параметров для каждого участка сведены в табл. 1.

Оценим параметры каждого участка и сравним их.

Участок 1. Процесс происходит в направлении от высоких частот в сторону низких. **Длительность:** для акта 1 составляет 46 строк СВТ, что составляет 1840 мс, а для акта 2–15 строк и равна 600 мс. **Частотный диапазон:** для акта 1 верхняя

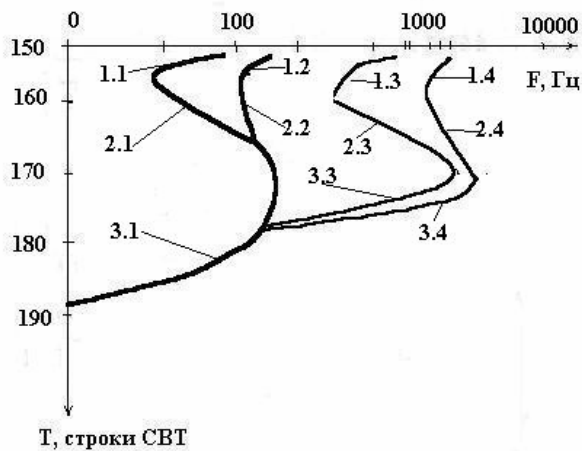
Рис. 5. Линия, отображающая динамику процесса разрушения для второго акта локального разрушения

частота равна 3027 Гц, а нижняя равна 293 Гц, диапазон частот равен 2734 Гц. Для акта 2 верхняя частота равна 1221 Гц, нижняя частота при этом равна 49 Гц, диапазон

частот равен 1172 Гц. В соответствии с трехстадийной интерпретацией процесса разрушения [4], данный участок диаграммы описывает первую стадию и соответствует процессам накопления микротрещин разных масштабных уровней.

Участок 2. Здесь направление движения процесса происходит от низких частот к высоким. **Длительность:** для акта 1 составляет 2 строки СВТ и составляет 80 мс, а для акта 2–17 строк, что составляет 680

Участ.3	Акт 2		
	Участ.1	Участ.2	Участ.3
4	10	12	4
3223	1221	49	4150
2046	49	4150	1270
1177	1172	4101	2880
160	400	480	160
От ВЧ к НЧ	От ВЧ к НЧ	От НЧ к ВЧ	От ВЧ к НЧ



мс. **Частотный диапазон:** для акта 1 верхняя частота равна 3223 Гц, а нижняя равна 293 Гц, диапазон частот равен 2930 Гц. Для акта 2 верхняя частота равна 4150 Гц, нижняя частота при этом равна 49 Гц, диапазон частот равен 4101 Гц. Данный участок описывает вторую стадию процесса разрушения, которая соответствует процессу прорастания магистральной трещины.

Участок 3. Здесь направление движения процесса происходит от высоких частот к низким. **Длительность:** для акта 1 и для акта 2 равна и составляет по 4 строки СВТ, что равно 160 мс. **Частотный диапазон:** для акта 1 верхняя частота равна 3223 Гц, а нижняя равна 2046 Гц, диапазон частот равен 1177 Гц. Для акта 2 верхняя частота равна 4150 Гц, нижняя частота при этом равна 1270 Гц, диапазон частот равен 2880 Гц. Этот участок соответствует третьей стадии процесса разрушения, которая именуется постразрушением.

Теперь обратимся к рис. 6. Здесь наблюдается сложная картина, которую можно интерпретировать, как суперпозицию четырех S – диаграмм. Это можно объяснить иерархической структурой неоднородностей, образующихся в процессе разрушения и формирования поверхностных микротрещин разных масштабных уровней. Для наглядности сравнения па-

раметры каждой из диаграмм рис. 6 сведены в табл. 2.

Сравним параметры кривых, отображающих процессы локальных (рис. 4, 5, табл. 1) и глобального (рис. 6, табл. 2) разрушений. Отсюда видно, что кривая 1, соответствующая процессу глобального разрушения, и кривая, соответствующая второму акту локального разрушения имеют одну общую точку, а именно, точку перегиба, в которой участок 1 переходит в участок 2. Частота спектральной со-

ставляющей, соответствующей этой точке равна 49 Гц.

Теперь сравним параметры кривых глобального разрушения (рис. 6). При этом, на основании того, что линейные размеры микротрещин пропорциональны длительности выделения упругой энергии, в процессе которого и образуются эти микротрещины [5], предполагается, что частоты спектральных составляющих сигнала ЭМИ обратно пропорциональны линейным размерам микротрещин, генерирующих этот сигнал.

Кривая 1 соответствует наиболее низкочастотному процессу и, следовательно, описывает динамику процесса формирования трещины наибольшего размера для данного акта разрушения, а именно – магистральной трещины.

Кривая 2 имеет самостоятельные два участка (1.2, 2.2), а затем сливается с кривой 1. Частоты спектральных составляющих для этой кривой немного выше, чем для кривой 1. Это можно интерпретировать, как ответвление магистральной трещины, состоящее из микротрещин немного меньших размеров, чем в магистральной трещине.

Кривая 3 располагается в более высокочастотной области и имеет три самостоятельных участка и лишь последний фрагмент участка 3 сливается с участком 3 кривой 1. Поэтому, в соответствии с на-

шей интерпретацией, это представляется, как микротрещина меньших размеров, впадающая в магистральную трещину.

Кривая 4 имеет форму, аналогичную кривой 3, однако, участки 1 и 2 располагаются в более высокочастотной области, что соответствует меньшим размерам микротрещин, и лишь точки перегиба (переход участка 2 в участок 3, частоты спектральных составляющих соответственно 1611 Гц и 1660 Гц) имеют близкие частоты. А затем участок 3 этой кривой так же совпадает с участком 3 кривой 1. Следовательно, мы ее интерпретируем, как микротрещину еще меньших размеров, так же впадающую в магистральную трещину.

В соответствии с нашей интерпретацией оценим соотношение средних размеров неоднородностей микротрещин, как отношение частот спектральных составляющих, соответствующих точкам начала кривых и точкам перегиба кривых 1–4 (рис. 6, табл. 2).

Для начальных точек:

1) (кривая 4/ кривая 3): 1367 Гц / 781 Гц = 1,75;

2) (кривая 4/ кривая 2): 1367 Гц / 293 Гц = 4,67;

3) (кривая 4/ кривая 1): 1367 Гц / 98 Гц = 13,95;

4) (кривая 3/ кривая 2): 781 Гц / 293 Гц = 2,67;

5) (кривая 3/ кривая 1): 781 Гц / 99 Гц = 7,97;

6) (кривая 2/ кривая 1): 293 Гц / 98 Гц = 2,99;

Для первых точек перегиба (переход участка 1 в участок 2):

1) (кривая 4/ кривая 3): 977 Гц / 342 Гц = 2,86;

2) (кривая 4/ кривая 2): 977 Гц / 195 Гц = 5,01;

Рис. 6. График, отображающий динамику акта глобального разрушения: 1.1 – 3.1- первая S – диаграмма, 1.2 – 2.2 – фрагмент второй S – диаграммы, 1.3 – 3.3 – третья S – диаграмма, 1.4 – 3.4 – четвертая S – диаграмма

3) (кривая 4/ кривая 1): 977 Гц / 49 Гц = 19,94;

4) (кривая 3/ кривая 2): 342 Гц / 195 Гц = 1,75;

5) (кривая 3/ кривая 1): 342 Гц / 49 Гц = 6,98;

6) (кривая 2/ кривая 1): 195 Гц / 49 Гц = 3,98;

Для вторых точек перегиба (переход участка 2 в участок 3):

1) (кривая 4/ кривая 3): 1660 Гц / 1611 Гц = 1,03;

2) (кривая 4/ кривая 1): 1660 Гц / 244 Гц = 6,80;

3) (кривая 3/ кривая 1): 1611 Гц / 244 Гц = 7,42;

Из приведенных выше расчетов следует, что, например, соотношение размеров неоднородностей микротрещин 3 и 4 (см. рис. 6) лежит в пределах от 1,03 до 1,75, микротрещин 3 и 2 – в пределах от 1,75 до 2,67. А для микротрещины 4 и магистральной трещины 1 такое соотношение располагается в пределах 13,95–19,94.

Выводы

1) Каждому акту разрушения соответствует своя кривая (S – диаграмма), отображающая динамику развития данного процесса:

2) Процесс разрушения описывается тремя стадиями, каждая из которых имеет свои характерные размеры неоднородностей микротрещин.**

**Автор выражает благодарности сотрудникам лаборатории механики горных пород ИГД СО РАН Кулакову Г.И. и Яковицкой Г.Е. за предоставленные данные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Регистрация и обработка сигналов электромагнитного излучения горных пород*/ Курленя М.В., Вострецов А.Г., Кулаков Г.И., Яковицкая Г.Е. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2000. – 232 с.

2. *Борисов В.Д.* Обеспечение надежности разработки удароопасных месторождений на основе спектрально – временного анализа естественного электромагнитного излучения// Научные технологии добычи и переработки полезных ископаемых. Материалы 3-й международной научно – практической конференции. – Новосибирск. – 2003, с. 104–108.

3. *Борисов В.Д., Кулаков Г.И., Яковицкая Г.Е.* Спектрально – временные матрицы сигналов электромагнитного излучения при разрушении образцов мрамора//Физические проблемы разрушения горных пород. Сборник трудов Третьей международной научной конференции 9 – 14 сентября 2002 г. – Абаза (Хакасия), с. 95 –98.

4. *Соболев Г.А.* Основы прогноза землетрясений. – М.: Наука. – 313 с.

5. *Куксенко В.С., Ляшков А.И., Мирзоев К.Н. и др.* Связь между размерами образующихся под нагрузкой трещин и длительностью выделения упругой энергии// ДАН СССР. – 1982.—Т.264, № 4.—с. 846 – 848.

Коротко об авторах

Борисов В.Д. – Институт горного дела СО РАН, Красный г. Новосибирск.

© А.А. Еременко, В.А. Еременко,
В.К. Климов, В.А. Штириц,
В.Н. Филиппов, И.Л. Громова,
В.В. Пивень, 2005

УДК 622.831

*А.А. Еременко, В.А. Еременко, В.К. Климов,
В.А. Штириц, В.Н. Филиппов, И.Л. Громова, В.В. Пивень*

СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД И ПРОГНОЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ТАШТАГОЛЬСКОМ И ШЕРЕГЕШЕВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Семинар № 2

Основным назначением системы контроля является обеспечение безопасного ведения горных работ на глубоких горизонтах за счет более достоверного регионального и локального прогноза динамических явлений в шахтных полях [1].

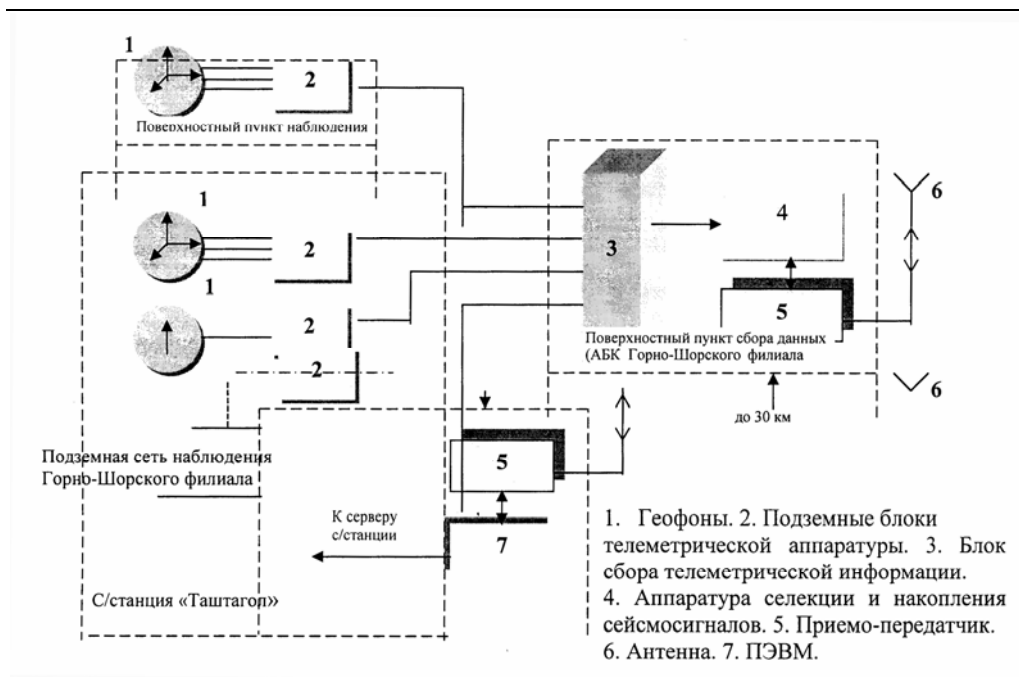
В рамках системы выполняются:

– работы по долгосрочному прогнозу напряженно деформированного состояния и устойчивости массива горных пород с

целью прогнозирования вероятности динамических явлений на различных участках рудной залежи и массива вмещающих пород;

– оперативный контроль на эксплуатируемых участках массива с целью своевременного выявления зон подготовки горных ударов микросейсмическим и сейсмоакустическим методами.

Для обеспечения оперативного контроля состояния массива на руднике соз-



дается двухуровневый микросейсмический и сейсмоакустический мониторинг удароопасности шахтных полей. На Шерегешевском месторождении с центром управления обработки и интерпретации сейсмической информации на сейсмостанции "Таштагол", что позволит объединить сейсмические комплексы Таштагольского и Шерегешевского месторождений в единую систему сейсмических наблюдений и получить качественно новые возможности по сейсмическому контролю потенциально опасной сейсмической зоны в подземных выработках.

Динамические проявления горного давления, такие как толчки, микроудары и горные удары, являются заключительными этапами процесса подготовки и развития разрушений значительного масштаба в массиве горных пород. В силу неоднородности прочностных и деформационных свойств массива, на стадии подготовки динамических явлений происходит накопление сравнительно не больших дефектов (трещин), образование которых в хрупких

горных породах сопровождается резким изменением напряженно-деформированного состояния пород вокруг трещин. В результате возникают волны напряжений и деформаций, которые, распространяясь в массиве в виде "пакетов" упругих волн, образуют импульсы акустической эмиссии. В звуковом диапазоне частот эти эмиссии представляют собой характерные щелчки и потрескивания, которые могут быть зарегистрированы и идентифицированы с помощью специальной высокочувствительной автоматизированной аппаратуры. Локация источников этих импульсов обеспечивает выявление зон интенсивного трещинообразования и возможного проявления динамических явлений. Это позволит заблаговременно проводить профилактические мероприятия по предупреждению их и в случае необходимости осуществлять эвакуацию персонала и оборудования с опасных участков.

Структурная схема многоканальной аппаратуры АСНК приведена на рисунке.

Подземная телеметрическая сеть наблюдения (от 8 до 11 сейсмических павильонов) должна осуществлять регистрацию микросейсмических и сейсмоакустических явлений, возникающих в контролируемых участках массивов горных пород шахтных полей Шерегешевского месторождения и обеспечивать непрерывную передачу сейсмической информации по кабельным линиям связи на поверхностный пункт сбора. Поверхностный (низкочастотный) пункт наблюдения обеспечивает регистрацию внешних сейсмических воздействий и телеметрическую передачу сейсмических сигналов на пункт сбора.

Пункт сбора собирает поступающую телесеismicкую информацию, аналого-цифровое преобразования сигналов, распознавание сейсмических явлений на фоне технологических шумов и накопление файлов сейсмических сигналов динамических и сейсмических явлений.

Структурная схема системы микросейсмического и сейсмоакустического мониторинга массива горных пород Шерегешевского месторождения

Цифровые приемопередатчики, установленные на здании Горно-Шорского филиала и сейсмостанции "Таштагол" и их антенно-фидерные устройства обеспечивают организацию двухстороннего интерфейса связи между аппаратурой, установленной на пункте сбора, и ПЭВМ на сейсмостанции "Таштагол".

На сейсмостанции "Таштагол" с помощью ПЭВМ, сервера сейсмостанции и соответствующего программного обеспечения организовано автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора – интерпретатора, где должна производиться автоматизированная обработка зарегистрированных на Шерегешевском месторождении файлов сейсмических событий, с определением координат и энергий произошедших сейсмических явлений, построение карт сейсмических явлений и карт микросейсмической и сейсмоакустической активности шахтных полей, другие виды об-

работки и интерпретации сейсмических сигналов (спектральный анализ, построение гистограмм и др.) а также производится управление режимами работы аппаратуры, установленной на пункте сбора Горно-Шорского филиала.

АСНК Горно-Шорского филиала обеспечивает в рамках единого комплекса аппаратно-программных средств регистрацию широкополосных микросейсмических и сейсмоакустических сигналов, возникающих при динамических явлениях горного давления в массивах горных пород, регистрацию внешних сейсмических воздействий, их селекцию на фоне технологических и электрических помех, а также обеспечивать передачу данных наблюдения по радиоканалу в центр обработки сейсмической информации на сейсмостанцию «Таштагол», где производится автоматизированный расчет характеристик сигналов и параметров сейсмических явлений и автоматизированная обработка информации для оценки и прогнозирования степени удароопасности участков шахтных полей. Управление режимами работы аппаратуры селекции и накопления сейсмических сигналов, установленной на Шерегешевском месторождении, также осуществляется по радиointерфейсу из центра обработки сейсмостанции «Таштагол».

В качестве базовых аппаратно-программных средств использованы шестнадцати канальный автоматизированный сейсмокомплекс двухуровневого микросейсмического и сейсмоакустического мониторинга удароопасности массивов горных пород шахтных полей «Релос-Р/Ш-16» (двухканальная модификация «Релос-Р/Ш») установлена на сейсмостанции «Таштагол»), дополненный цифровым радиointерфейсом и стандартными средствами вычислительной техники.

В сейсмическом комплексе Горно-Шорского филиала установлены:

- подземная телеметрическая сеть наблюдения;

Основные технические характеристики	Кол-во
1. Количество информационных каналов, шт.	16
2. Диапазон энергий регистрируемых микросейсмических явлений, Дж	10^2-10^8
3. Полоса частот сейсмических сигналов, регистрируемых низкочастотной сетью наблюдения, Гц	0,25...100
4. Диапазон энергий регистрируемых сейсмоакустических сигналов, Дж	10^0-10^6
5. Полоса частот сейсмических сигналов, регистрируемых высокочастотной сетью наблюдения, Гц	2...500
6. Динамический диапазон регистрируемых сигналов Дб не менее, (с возможностью расширения до 96 дБ)	50
7. Регулировка чувствительности сейсмических телеметрических каналов в пределах, Дб (с шагом 6 Дб)	40...82
8. Период дискретизации сейсмических сигналов, мс	0,5
9. Время записи предыстории сейсмических сигналов, с	0,7
10. Дальность связи по радиointерфейсу, км, не менее	20
11. Погрешность определения координат гипоцентров микросейсмических и сейсмоакустических явлений, м	10
12. Погрешность определения энергий микросейсмических и сейсмоакустических явлений, %	40*

- поверхностный сейсмический павильон наблюдения за внешними сейсмическими воздействиями;

- аппаратура сбора телеметрической информации;

- аппаратура селекции и накопления сейсмических и сейсмоакустических данных наблюдения;

- приемно-передающая цифровая радиостанция.

На сейсмостанции «Таштагол» установлены:

- приемно-передающая цифровая радиостанция;

- ПЭВМ, обеспечивающая взаимодействие с радиointерфейсом и связь с сервером сейсмостанции.

Учитывая сложный рельеф местности и необходимость обеспечения значительной дальности радиосвязи (20 км), приемопередаточная антенна радиointерфейса сейсмического комплекса установлена на специальной мачте. Приемопередаточная антенна на сейсмостанции «Таштагол» установлена на имеющейся рядом с сейсмостанцией радиовышке.

Основные технические характеристики представлены в таблице:

- каталог зарегистрированных микросейсмических и сейсмоакустических явлений;

- ЭВМ- сейсмограммы по скоростям и смещениям;

- таблицы параметров (время вступления, максимальная амплитуда первой полуволны, длительность сигнала, максимальная амплитуда сигнала и т.д.) зарегистрированных сигналов и явлений;

- спектрограммы и таблицы значений спектральных составляющих;

- карты распределения очагов сейсмоакустической активности;

- карты степени удароопасности участков шахтных полей.

Для организации подземной сети наблюдения за динамической активностью массива горных пород опасного по горным ударам участка Главного Шерегешевского месторождения необходимо смонтировать в горных выработках 6 сейсмопавильонов на следующих горизонтах:

- гор. + 395 м в КРТЗ - один однокомпонентный вертикальный;

- гор. +325 м в аварийной кладовой – два однокомпонентных горизонтальных;
- гор. +255 м в квершлагах 2 и 3ПШ – по одному однокомпонентному горизонтальному;
- гор. +185 м в обгонном штреке и РШ-10 – два горизонтальных и один вертикальный.

Помещение для установки АСН и обрабатывающего ПК оборудуется в здании старого АБК шахты.

Для монтажа подземной телеметрической сети наблюдения кабельные линии монтируются от АБК через ствол Главный до горизонтов +395 м, +325 м, +255 м и +185 м. Далее до местоположения сейсмических павильонов, все эти работы выполняются силами Горно-Шорского филиала. Линии монтируются из кабелей ТРШПВЭ 20×2×0,8 в количестве 2300 м, 10×2×0,8 в количестве 2000 м и 5×2×0,8 в количестве 1800 м. Обслуживание подземных кабельных сетей и сейсмических павильонов должно производиться бригадой электрослесарей 5 или 4 разряда в количестве 2 человек.

Обработка всей получаемой сейсмической информации, поступающей с Шерешевского месторождения производится круглосуточно операторами сейсмического прогноза в количестве 4 человек, работающими по 12-ти часовому графику, и инженером – интерпретатором на отдельном ПК со специализированным программным обеспечением (ПО).

Специальное ПО сейсмического комплекса должно обеспечивать автоматическое функционирование технических средств, установленных на пункте сбора данных сейсмических наблюдений Горно-Шорского филиала, в соответствии с заданными режимами распознавания и накопления сейсмической информации.

Специальное ПО радиointерфейса должно обеспечивать автоматическую двухстороннюю связь аппаратуры селекции и накопления сейсмической информации, установленной на пункте сбора Горно-Шорского филиала и ПЭВМ на сейс-

мостанции «Таштагол» по запросу оператора.

В комплект системы входит:

- техническое обеспечение в виде комплекса технических средств, смонтированных и соединенных в соответствии с рабочими чертежами;
- эксплуатационная документация на технические средства;
- программное обеспечение в виде программ на машинных носителях информации и эксплуатационная программная документация;
- эксплуатационная документация, содержащая все сведения, необходимые для освоения и эксплуатации.

Режим работы системы - непрерывный круглосуточный с остановкой для ремонтных и профилактических работ.

Система должна быть открытой, т.е. содержать в себе эффективные средства расширения возможностей, как на аппаратном, так и на программном уровнях.

Комплекс технических средств системы должен быть достаточным для реализации всех перечисленных выше функций.

Структура и характеристика технических средств должны обеспечивать возможность модернизации и развития системы.

Математическое обеспечение включает совокупность программ, описаний и инструкций, обеспечивающих функционирование системы в соответствии с целевым назначением. Должна быть обеспечена алгоритмическая и программная совместимость всех элементов, входящих в состав математического обеспечения.

Программное обеспечение реализует мультипрограммный режим работ с приоритетной системой прерываний по внешним запросам от входных сигналов, обработку информации в реальном времени, возможность решения в фоновом режиме специальных задач по анализу информации накопленной в запоминающих устройствах.

В состав программного обеспечения входит: общее программное обеспечение; специальное программное обеспечение.

Общее программное обеспечение включает: обслуживающие (служебные) и стандартные программы; операционные системы.

Специальное программное обеспечение, включающее программы, необходимые для реализации всех функций системы, должно обеспечивать:

а) определение параметров сигналов по каждому из каналов (временной сдвиг начала сигнала относительно других каналов, амплитуды длительности колебаний и т.д.);

б) расчет координат источников и оценку энергии сейсмических волн в источнике;

в) создание базы данных: о зарегистрированных микросейсмических событиях, статистические расчеты;

г) вывод на внешние устройства как исходной информации, так и результатов расчетов.

Информационное обеспечение должно быть достаточным для выполнения всех функций системы. Выходные документы и формы предоставления информации не

должны вызывать трудности при их декодировании. Информационное обеспечение должно предусматривать возможность расширения информационных массивов с учетом перспектив развития систем. По мехозащищенности и другим характеристикам информационного обеспечения должны обеспечивать требуемую надежность выполнения функций системы. Предусмотрена возможность внесения изменений и исправлений в ранее переданную информацию.

Экономическая эффективность системы обеспечивается за счет: увеличения достоверности и оперативности прогноза удароопасности, снижение затрат на ликвидацию последствий горных ударов и уменьшение длительности неоправданных простоев, связанных с неверной оценкой состояния массива; повышения эффективности и уменьшения трудоемкости работ по локальному прогнозу и установлению категории удароопасности; снижение подготовительно-восстановительных работ; социальный эффект достигается за счет снижения производственного травматизма, связанного со спрогнозированными динамическими явлениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курденя М.В., Еременко А. А., Никитин В.Н. Технологические основы безопасной отработки месторождений в сейсмоактивном районе Горной Шории // Горн. вестник. — 1995. — № 4.

Коротко об авторах

Еременко А.А. — доктор технических наук, заведующий лабораторией ИГД СО РАН,
Еременко В.А. — кандидат технических наук, старший научный сотрудник ИГД СО РАН,
Климко В.К. — заместитель главного инженера Таштагольского филиала ОАО «Евразруда»,
Штирц В.А. — заместитель начальника участка ППГУ Таштагольского филиала ОАО «Евразруда»,
Филитов В.Н. — главный инженер Горно-Шорского филиала ОАО «Евразруда»,
Громова И.Л. — начальник участка ППГУ Таштагольского филиала ОАО «Евразруда»,
Пивень В.В. — директор ЗАО НТЦ «Автоматика».

ДИССЕРТАЦИИ**ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ
ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ**

<i>Автор</i>	<i>Название работы</i>	<i>Специальность</i>	<i>Ученая степень</i>
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ им. Г.В. ПЛЕХАНОВА			
ГРИДИНА Елена Борисовна	Обоснование параметров складов отходов железорудных карьеров при формировании техногенных месторождений	25.00.21	к.т.н.