

УДК 622.83

Т.В. Лобанова, Е.В. Новикова

GPS-МОНИТОРИНГ СМЕЩЕНИЙ ПОРОДНОГО МАССИВА В РАЙОНЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ ТАШТАГОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Описан процесс GPS-съемки, приведены результаты GPS-мониторинга смещений породного массива в районе тектонических разломов.

Ключевые слова: спутниковая геодезия, активность разломов, GPS-наблюдения, смещения разломов.

Семинар № 11

T.V. Lobanova, E.V. Novikova
**GPS-MONITORING OF ROCK MASS
MOTION IN THE AREA OF TECTONIC
FRACTURES OF "TASHTAGOLSKOE"
DEPOSIT**

The process of GPS-survey is described; the results of GPS-monitoring of rock mass motion in the area of tectonic fractures are given.

Key words: satellite geodesy, fault activity, GPS surveying, fault displacement.

Исследованиями институтов «ВНИМИ», «КузПИ» [1, 2] и «МГУ» [3] на основе геодинамического районирования и геоморфологических данных в районе Таштагольского месторождения выявлена система глубинных разломов, большая часть которых в настоящее время находится в зоне влияния горных разработок Восточного участка, и на которых зафиксирован более высокий, чем на соседних участках, уровень сдвижений и деформаций. Наличие выявленных тектонических структур подтверждено институтом «ВостНИГРИ» инструментальными наблюдениями за сдвижением горных пород [4, 5].

С появлением новых измерительных технологий в институте «Вос-

тНИГРИ» поставлена задача оценки активности тектонических разломов в районе Таштагольского месторождения методами спутниковой геодезии. Для ее решения на базе уже существующей наблюдательной станции, заложеной для изучения процессов сдвижения земной поверхности традиционными геодезическими методами, был запроектирован специальный геодинамический полигон (рис. 1). Наблюдательная станция представляет собой систему точек, объединенных в профильные линии и закрепленных на местности с помощью забивных и бетонированных металлических реперов. Количество профильных линий – двенадцать, число реперов – более 300. Станция охватывает как зону влияния горных разработок, в которой расположены основные охраняемые и подрабатываемые объекты месторождения: стволы «Северный», «Ново-Капитальный», «Западный» и «Южный», сооружения их на шахтных комплексов, административно-бытовой комбинат шахты, река «Кондома», так и область далеко за ее пределами.

За базовую точку геодинамического полигона, относительно которой

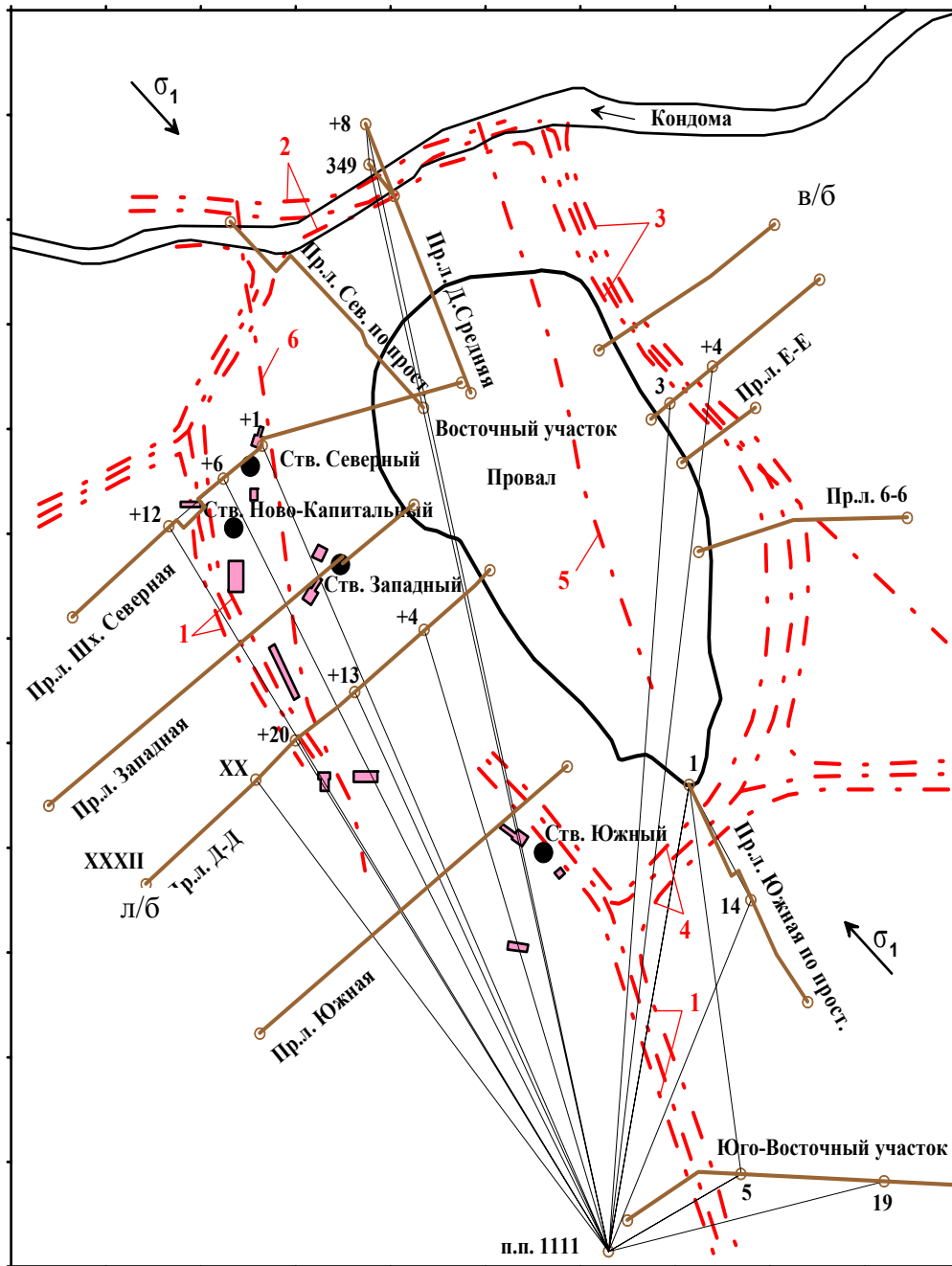


Рис. 1. Схема геодинамического полигона для наблюдения активности разломов в районе Таштагольского месторождения: 1, 2, 3, 4, 5 – разломы, соответственно, Холодный, Кондомский, Нагорный, Шахтерский лог, Диагональный; 6 – субмеридиональное тектоническое нарушение; л/б – лежащий бок, в/б – висячий бок рудной зоны

выполнялись наблюдения, был взят пункт полигонометрии 1111, находящийся в Юго-Восточном геодинамическом блоке вне зоны влияния горных разработок. Наблюдаемые пункты располагались в районе разломов в лежачем и висячем боках рудной зоны, в северном и южном торцах воронки обрушения Восточного участка. Длины базовых линий колебались от 70 до 2200 м.

Измерения были выполнены комплексом спутниковой геодезии, состоявшим из четырех одночастотных приемников фирмы Trimble серии 4600LS. Базовый (неподвижный) приемник был установлен на п.п 1111, мобильные приемники (роверы) перемещались по измеряемым пунктам.

За период 2005 – 2006 гг. были выполнены два вида спутниковых наблюдений за смещением породного массива:

1. в период проведения массовых взрывов:

- наблюдения за процессами сдвига в районе тектонических разломов;

2. в период ведения очистных работ:

- наблюдения за процессами сдвига в районе тектонических разломов;

- наблюдения за процессами сдвига вне зоны разломов.

В процессе GPS-съемки на каждом пункте производилось накопление данных от спутников в течение 3 – 9 часов в один файл данных в быстростатическом режиме с периодичностью съема показаний 15 секунд. Полученные многочасовые файлы данных при постобработке с помощью специальной утилиты Convert to RINEX программного обеспечения Trimble Geomatics Office были преобразованы в Rinex-файлы и разбиты на файлы по 20 минут, каждый из ко-

торых был обработан в Trimble Geomatics Office. В результате обработки вычислены координаты X, Y, Z, расстояния и превышения между реперами. После уравнивания установлено, что ошибка определения положения реперов не превышает 2 мм в плане и 3 мм по высоте.

Наблюдения за процессами сдвига породного массива в районе тектонических разломов в период проведения массовых взрывов

Выполнены три серии инструментальных наблюдений до и после массовых взрывов (МВ): (таблица):

1. II слоя разрезного блока 17 в этаже (-350) – (-280) м, проведенного 26.06.05 г;

2. блока 30 в этаже (-280) – (-210) м, расположенного в предохранительном целике под ствол «Южный», проведенного 02.10.05 г.;

3. блока 9 в этаже (-280) – (-210) м, проведенного 18.06.06 г.

GPS-съемка выполнялась для оценки активности зон тектонической нарушенности: зоны в районе разлома «Нагорный» и зоны в районе административно-бытового комбината шахты, представленной сочленением разлома Холодного и субмеридионального тектонического нарушения.

В первых двух сериях наблюдения проводились по 3 направлениям: пункт полигонометрии 1111 – репер +20 линии «Д-Д» – репер +13 линии «Д-Д» - пункт полигонометрии 1111 (рис. 1) в течение 9 часов в день взрыва (до, в момент и после взрыва). Базовая линия между реперами +20 и +13 линии «Д-Д» заложена в зоне тектонической нарушенности и расположена в Восточном геодинамическом блоке. А базовая станция – п.п. 1111 – в соседнем Юго-Восточном блоке, которые разделены между собой разломом по Шахтерскому логу и

Результаты GPS-наблюдений в районе тектонических разломов в периоды массовых взрывов по Восточному участку Таштагольского месторождения

Базовая линия Д-Д	Максимальные абсолютные величины горизонтальных ($\Delta\ell$) и вертикальных (Δh) смещений (мм) в периоды наблюдений																	
	26.06.05 г.				02.10.05 г.				17.06.06 г.		18.06.06 г.				19.06.06 г.		Состояние на 22.09.06г	
	МВ - 12:00				МВ - 12:00						МВ - 12:00							
	до взрыва		после взрыва		до взрыва		после взрыва		до взрыва				после взрыва					
	$\Delta\ell$	Δh	$\Delta\ell$	Δh	$\Delta\ell$	Δh	$\Delta\ell$	Δh	$\Delta\ell$	Δh	$\Delta\ell$	Δh	$\Delta\ell$	Δh	$\Delta\ell$	Δh	$\Delta\ell$	Δh
Реперы +20 - +13	8	22	13	27	10	11	14	15	18	31	7	19	7	19	9	15	14	17
п.п.1111- репер +20	7	30	19	23	-	-	-	-	19	39	14	21	15	22	27	22	29	34
п.п.1111- репер +13	7	15	14	25	-	-	-	-	24	29	16	17	16	25	26	24	38	28
п.п.1111- репер +4 в/б	-	-	-	-	-	-	-	-	28	85	26	24	33	31	54	34	37	108
Реперы +13 л/б - +4 в/б	-	-	-	-	-	-	-	-	19	60	10	29	27	24	33	52	42	106

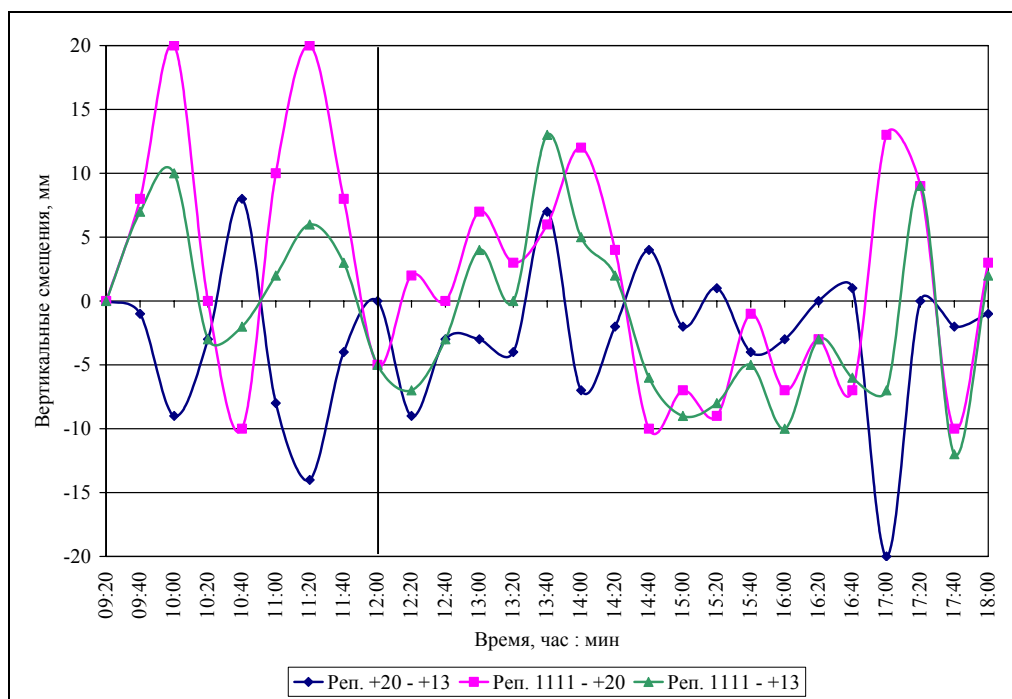


Рис. 2. Изменение вертикальных сдвижений земной поверхности в районе тектонических нарушений в период проведения массового взрыва 26.06.05 г.

нарушением в районе ВГСЧ, что позволило определить движение различных блоков в процессе изменения напряженно-деформированного состояния в районе разработки месторождения.

Полученные данные отображены в графическом виде, наглядно демонстрирующем развитие процессов сдвижения во времени и пространстве (рис. 2, 3). Построенные графики отражают изменчивость расстояний и превышений во времени как в направлении простирания рудной зоны практически параллельно разлому Холодному (линии: п.п. 1111 – репер +20 и п.п. 1111 – репер +13), так и вкрест простирания рудной зоны перпендикулярно разлому (линия: репер +20 – репер +13). Характер изменчивости во времени превышений и расстояний по близким направле-

ниям совпадает (линии: п.п. 1111 – репер +20 и п.п. 1111 – репер +13). Характер изменения во времени расстояний и превышений по перпендикулярному к этим направлениям профилю (репер +20 – репер +13) практически противоположен по знаку, что, с позиций геомеханики, согласуется, ибо поперечная деформация в испытуемых образцах противоположна по знаку. С учетом этих данных можно сделать вывод, что сложный характер изменения деформационных процессов, полученный при GPS-съемке, отражает реальные процессы, происходящие в горном массиве в районе тектонических разломов в период массовых взрывов и после них [6].

Величина максимальных абсолютных вертикальных сдвижений на разломе до массового взрыва достигала

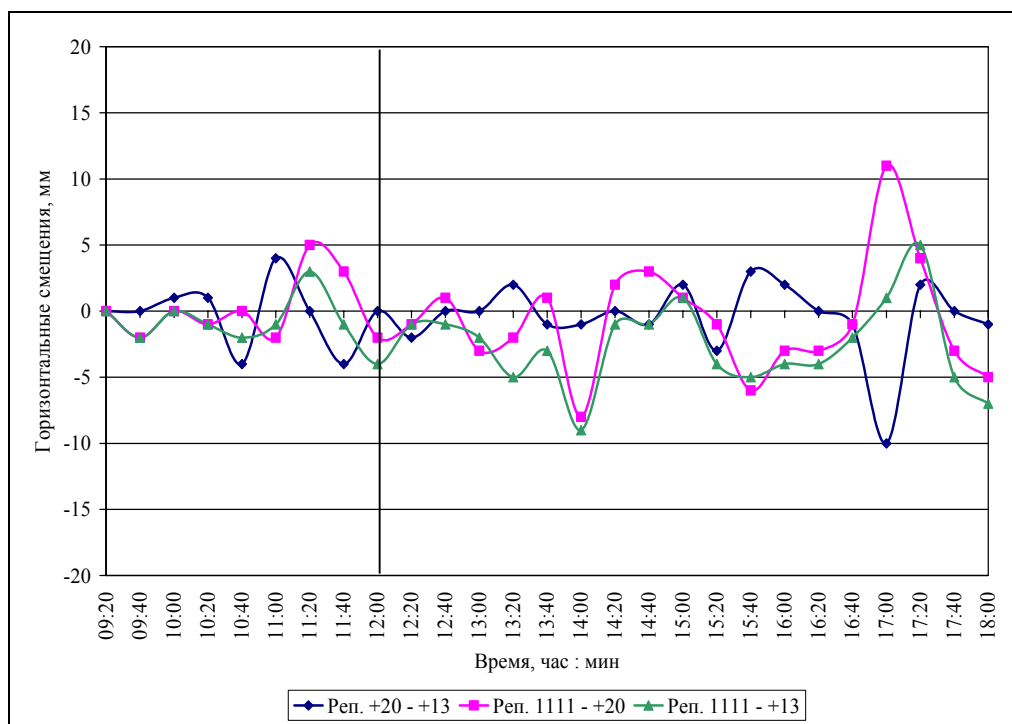


Рис. 3 Изменение горизонтальных сдвижений земной поверхности в районе тектонических нарушений в период проведения массового взрыва 26.06.05 г.

30 мм, горизонтальных – 7 мм. После взрыва максимальные абсолютные величины сдвижений составляли соответственно 23 и 19 мм (рис. 2, 3).

В третьей серии наблюдения проводились по 6 направлениям. В полигон был включен репер +4 линии «Д-Д» в висячем боку, находящийся в зоне влияния разлома «Нагорный». Съёмка осуществлялась в течение трех дней (за день, в день взрыва и в день после взрыва) по 9 часов в сутки.

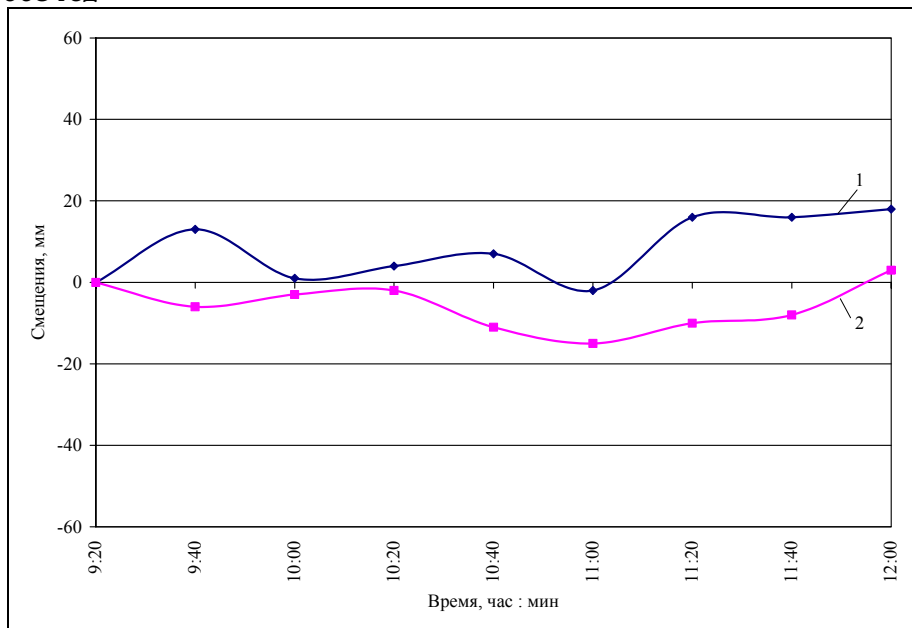
Установлено, что величины смещений на разломе «Нагорный» в 2 – 3 раза выше, чем на разломе «Холодный» (таблица). Максимальные вертикальные смещения на Нагорном разломе были зафиксированы 17.06.06 г. перед массовым взрывом блока 9 в этаже (-280) – (-210) м и достигли 85 мм. В то время как максимальные

вертикальные смещения по разлому «Холодный» за тот же период составили всего 27 мм, что говорит о его меньшей тектонической активности.

Наблюдения за процессами сдвижения породного массива в районе тектонических разломов в период ведения очистных работ

За 2005 – 2006 гг. на Таштагольском месторождении выполнено две серии GPS-наблюдений за процессами сдвижения в районе тектонических разломов в периоды ведения очистных работ. Съёмка велась по шестнадцати направлениям, охватывающим разломы: Холодный, Кондомский, Нагорный, Шахтерский лог, Диагональный, субмеридиональное тектоническое нарушение (рис. 1).

а) 2005 год



б) 2006 год

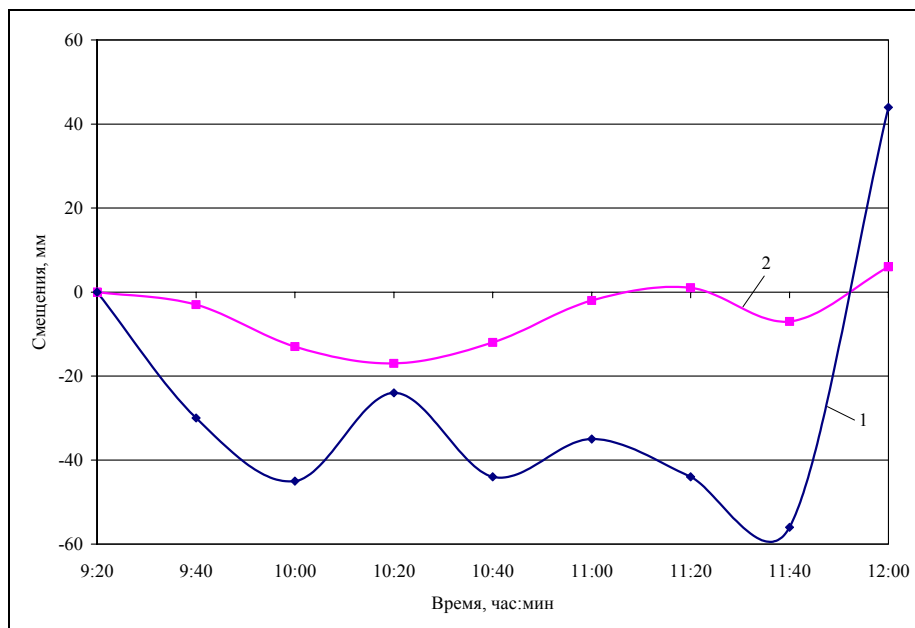
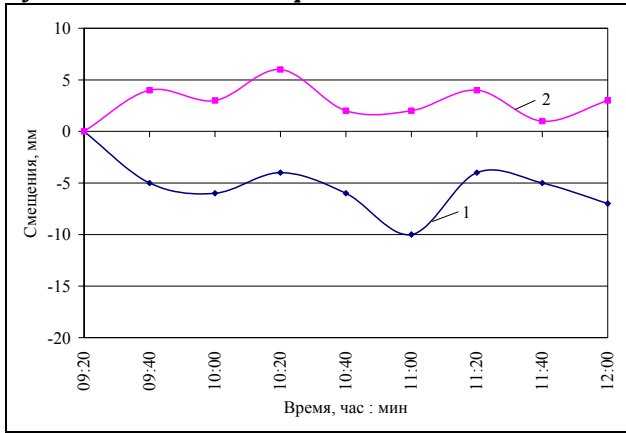
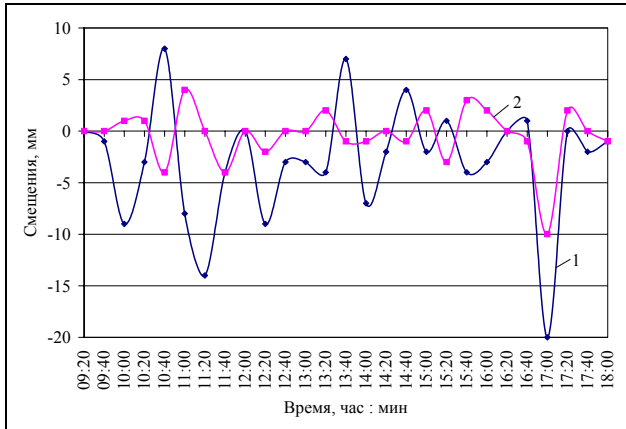


Рис. 4. Изменение вертикальных (1) и горизонтальных (2) смещений земной поверхности Таштагольского месторождения в районе разлома «Нагорный»

а) реперы XXXII - XX линии «Д - Д» на границе мульды сдвига вне разломов



б) реперы +20 - +13 линии «Д - Д» на участке разломов



в) реперы +13 - +4 линии «Д - Д» в зоне опасных сдвигов вне разломов

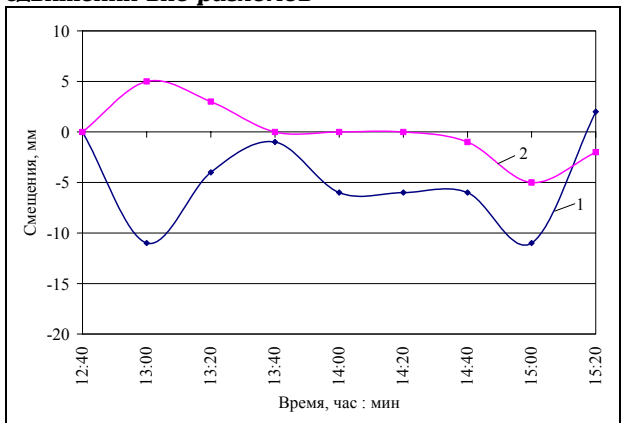


Рис. 5. Изменение вертикальных (1) и горизонтальных (2) смещений земной поверхности Таштагольского месторождения в зоне разломов (б) и за ее пределами (а, в)

Сопоставление результатов съемки 2005 и 2006 гг. показывает, что величина как горизонтальных, так и вертикальных смещений на разломах возросла с 3 – 35 мм в 2005 г. до 14 – 108 мм в 2006 г., что свидетельствует о повышении их активности, и выразилось в проявлении серии микроударов в шахте Таштагольского филиала.

Максимальные величины смещений зафиксированы в 2006 г. в период динамической активности на месторождении на разломах «Нагорный» висячем боку и «Шахтерский лог» в южном торце воронки обрушения на границе участков «Восточный» и «Юго-Восточный». На разломе «Нагорном» вертикальные смещения достигали 108 мм, а на разломе «Шахтерский лог» - 74 мм. Наибольшие величины смещений в сопоставлении их за 2005 и 2006 гг. зафиксированы на участке разлома «Нагорный» висячем боку (рис. 4). При этом следует отметить, что горизонтальные смещения и в 2005, и в 2006 гг. сопоставимы, а величины вертикальных смещений в

2006 г. существенно выше, чем в 2005 г. Так если максимальные абсолютные вертикальные смещения в 2005 г. составляли 20 мм, то в 2006 г. они достигли 100 мм и в 5 раз превысили смещения 2005 г. Характерно, что и крупные толчки, и микроудары, произошедшие в шахте Таштагольского филиала в 2006 г., зарегистрированы висячем боку рудной зоны. Высокие величины смещений на уровне 40–50 мм зафиксированы также на разломе по реке «Кондома».

Минимальные величины как горизонтальных, так и вертикальных смещений были отмечены в районе разлома «Холодный» на Юго-Восточном участке (репер п.п 1111 – репер 5 (рис. 1)) в 2005 г. и составляли 3 и 7 мм соответственно. В 2006 г. они возросли в 2–3 раза, но, несмотря на это, остались наименьшими по сравнению со смещениями на других разломах.

Наблюдения за процессами движения породного массива вне зоны разломов в период ведения очистных работ

Для сопоставления вертикальных и горизонтальных смещений на разломах и на относительно ненарушенных участках земной поверхности (на которых нет геологических нарушений) выполнены GPS-наблюдения на базе профильной линии «Д – Д»: реперы XXXII – XX на границе мульды сдвижения, реперы +20 – +13 на участке разлома «Холодный» и субмеридионального тектонического нарушения, реперы +13 – +4 л/б в зоне опасных сдвижений (рис. 1). Установлено, что на ненарушенных участках земной по-

верхности даже в зоне опасных сдвижений величины короткопериодных смещений не превышают 10 – 14 мм (рис. 5 а, в), в то время как смещения реперов той же профильной линии в районе тектонических нарушений достигают 28 мм (рис. 5 б). Это свидетельствует о подвижности зоны тектонических нарушений в районе АБК шахты, а также подтверждает достоверность GPS-наблюдений и короткопериодных деформаций горных пород.

Таким образом, в результате GPS-мониторинга смещений породного массива в районе тектонических разломов Таштагольского месторождения установлено:

1. наличие короткопериодных деформаций крупных разломов: разнонаправленные движения бортов разломов по высоте и чередование сжатий – растяжений в горизонтальной плоскости;

2. возрастание величин короткопериодных смещений на границах разломов в 2006 г. по сравнению с 2005 г., зафиксированное в период динамической активности в шахтном поле, что свидетельствует о геодинамическом взаимодействии блоков и отражает процессы перераспределения напряжений в районе месторождения;

3. определение закономерностей короткопериодных деформаций на границах разломов и выявление цикличности нагружения геодинамических блоков может служить основой для разработки методики оценки влияния короткопериодных деформаций на удароопасность месторождений, расположенных в геодинамически активных регионах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Методические указания по профилактике горных ударов с учетом геодинамики месторождений* / Под ред. И.М. Петухова, И.М. Батугиной. – Л.: ВНИМИ, 1983.
2. *Батугина, И.М., Петухов И.М.* Геодинамическое районирование месторождений при проектировании и эксплуатации рудников – М.: Недра, 1988.
3. *Лукашов А.А.* Геоморфологический анализ при поисках и промышленном освоении рудных месторождений : Автореф. дисс. ... д-ра геогр. наук / М., 1990.
4. *Лобанова, Т.В., Квочин В.А., Воробьева О.Н.* Динамика движения боковых пород / Геодинамическое районирование недр. Сборник науч. трудов – Кемерово: Кузбасс. политехн. ин-т., 1991.
5. *Квочин, В.А., Лобанова Т.В., Скляр Н.И., Климко В.К, Ваганова В.А.* Геодинамические процессы при отработке железорудных месторождений Горной Шории // Труды междунар. конференции “Геодинамика и напряженное состояние недр Земли”. – Новосибирск: Изд. ИГД СО РАН, 1999.
6. *Квочин, В.А., Лобанова Т.В., Клещева А.Ф., Новикова Е.В.* Исследование деформационных процессов горного массива Таштагольского месторождения с использованием GPS-технологий в периоды производства массовых взрывов / Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Сборник материалов междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2006». Т. 5. – Новосибирск: СГГА, 2006. **ИИЛБ**

Коротко об авторах

Лобанова Т.В. – кандидат технических наук, зав. лабораторией, Восточный научно-исследовательский горнорудный институт (ВостНИГРИ), vostnigri@mail.ru
Новикова Е.В. – мл. научный сотрудник, Институт горного дела Сибирского отделения РАН, evg@mysd.nsc.ru



ДИССЕРТАЦИИ

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

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ШАРАЕВ Дмитрий Владимирович	Разработка технологии выемки рудных залежей с учетом закономерности формирования параметров вторичного напряженно-деформированного состояния горного массива	25.00.22	к.т.н.