

УДК 622.83

Садинов Ш.М., гл. маркшейдер

*Навоийский горно-металлургический комбинат, г. Навои, Узбекистан,*

Меликулов А.Д., канд. техн. наук, доцент, зам. генерального директора

*ООО «Спецуправление № 75», г. Ташкент, Узбекистан*

## **МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТРЕЩИНОВАТЫХ СКАЛЬНЫХ ПОРОД ПРИБОРТОВЫХ МАССИВОВ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ**

В Узбекистане заметным горнодобывающим объектом по своим масштабам и имеющим широкую известность, является золотодобывающий карьер Мурунтау, глубина разработки которого превысила 600 м, и проектом намечается довести глубину карьера до 900-950 м.

Закономерное увеличение глубины и объемов горных работ и связанные с этим естественные процессы осложнения инженерно-геологических и геомеханических условий разработки карьера Мурунтау определяют качественно новый подход к обеспечению устойчивости бортов глубокого карьера. Объективно меняется концептуальный подход к целому ряду взаимосвязанных технологических решений, включая главные параметры карьера, технологию взрывных работ, выемку и управление качеством рудного сырья, транспортировку горной массы и т.д.

На рубеже XXI-века передовой опыт проектирования и разработки месторождений открытым способом в странах с развитой горнодобывающей промышленностью достиг значимых рубежей: глубина действующих карьеров превысила 800 м и реально ориентируется на 1100 м, высота отвалов – 600 м, высота дамб хвостохранилищ превысила 250 м [12,13]. Горные работы в таких условиях выполняются с применением высокопроизводительной техники, постоянно совершенствуется технология [2]. Современный уровень мощного энергоемкого высокотехнологичного производства требует обеспечения соответствующих условий надежности и безопасности. Поэтому все горнодобывающие предприятия, как правило, имеют регламент по вопросам технологии и безопасности различного уровня охвата вопросов, причем, часто эти требования носят по форме и содержанию строго обязательный характер нормативного документа международного [1], либо общегосударственного значения [4,5,11].

В Республике Узбекистан в качестве нормативного документа утверждена и введена в действие «Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости», утвержденная коллегией Государственной инспекции по надзору за геологическим изучением недр,

безопасным ведением работ в промышленности, горном деле и коммунально-бытовом секторе при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Деформирование массивов горных пород и возможная потеря устойчивости (сдвигание) бортов и уступов в карьерах связаны главным образом с нарушением естественного равновесного напряженно-деформированного состояния нетронутого массива пород в результате проведения открытых горных выработок.

Разработка полезных ископаемых карьерами, особенно большой глубины, увеличивает неравномерность всестороннего сжатия пород, что приводит к росту касательных напряжений в прибортовой зоне горного массива, часто достигающих предельных значений, следствием чего является появление различного рода деформаций в виде оползней и обрушений бортов карьеров [3,6].

Изменение касательных напряжений в горном массиве, прилегающем к открытой выработке (обнажению), захватывает довольно широкую зону и, конечно, неодинаково в различных ее точках. При разработке месторождений полезных ископаемых карьерами массивы горных пород разгружаются от давления лежащих выше толщ, в результате чего изменяется их естественное напряженное состояние, и в приоткосной зоне карьера формируется зона разуплотнения. В процессе выемки горной массы постепенно высвобождается упругая энергия, накопившаяся под воздействием геостатической нагрузки и тектонических сил. Эта энергия расходуется на деформацию массива в зоне разуплотнения, образуя трещины бортового и донного отпора за счет раскрытия тектонических трещин, трещин выветривания и появления новых. Идет непрерывный процесс деформирования массива пород, который обычно носит неравномерный характер, как по величине, так и по направлению вектора деформаций, а также имеет свойства нестационарных во времени событий [7].

По расчетам специалистов горизонтальные напряжения  $\sigma_x$  в верхней части борта иногда в 20÷25 раз больше вертикальных  $\sigma_y$ , а в его основании в 3÷5 раз превышают вертикальные, причем отношение  $\sigma_x/\sigma_y$  возрастает с увеличением высоты борта. Очаги концентрации напряжений примыкают к участкам границы массива, обладающим наибольшей кривизной, и именно они определяют местоположение наиболее опасных, с точки зрения потери прочности и устойчивости, зон в горном массиве [8].

Распространенное выражение «разгрузка» в случаях выемки больших объемов породы при отработке карьера не соответствует основным геомеханическим процессам, которые происходят в массиве. При сравнении распределения напряжений в массивах горных пород до и после выемки оказывается, что уменьшаются в основном нормальные напряжения  $\sigma_y$ , остальные компоненты напряжения могут увеличиваться и привести к образованию зон концентрации напряжений и, как следствие, пластического

деформирования пород (течения), т.е. фактически происходит заметный процесс дополнительного нагружения, а не разгрузки [9].

В зонах разуплотнения формируются поверхности ослабления большой протяженности, снижается сопротивляемость горных пород сдвигу в зонах разгрузки, смещаются борта и дно карьера. Значительную роль начинают играть процессы, связанные с дилатансией пород, особенно в зонах, прилегающих к поверхности откосов и уступов, расположенных на нижних горизонтах.

Интенсивность процессов разуплотнения возрастает с глубиной карьера, при этом верхняя часть поверхности бортов смещается вниз и в сторону выемки, а нижняя их часть – вверх и в сторону выемки [9,13].

На практике отыскание наиболее слабой поверхности выполняется через маркшейдерские наблюдения за сдвижением и деформациями бортов и откосов. Потенциальную поверхность скольжения получают, используя векторы полных смещений и горизонтальные компоненты деформаций.

В международной практике мониторинга состояния бортов крупнейших карьеров в Чили (Chuquicamata, Eskondida, Ujina), Австралии (Big Open Pit, Laverton), Южной Африке (Palabora. Orapa), Северной Америке (Canyon Mine, Betze-Post, Goldstrike, Flinkote, Cleveland Cliffs, Westfrob, Jeffrey), Испании (Aznacollar), Швеции (Aitik) отмечается достаточно высокая фактическая точность маркшейдерских инструментальных замеров: при измерении расстояний – 4,8 мм/км (0,30 in/mi), при измерении углов – 19 мм/км (1,20 in/mi). Приведены результаты замеров скорости деформаций, составляющих от 0,1 до 4 мм в сутки, более 1,5 in/yr (35 мм/год). При длительных наблюдениях в течение 20–30 лет измеренные деформации достигли 200–300 мм [10,12,13].

Инструментальные наблюдения за деформациями откосов карьера проводят с целью установления количественных показателей развития деформаций отдельных участков бортов с течением времени в зависимости от геологических условий и развития горных работ [12,14]. Наиболее полные данные о характере деформаций откосов получают путем наблюдения за смещением реперов, заложенных по профильным линиям, расположенным в направлении наибольшего наклона борта, т.е. вкrest его простиранья.

В этой связи геомеханическим бюро карьера Мурунтау реализуется комплекс мероприятий, направленный на прогноз и предотвращение самопроизвольных деформаций и уменьшение их вредного воздействия на работу карьера и содержащий в том числе выполнение долгосрочного мониторинга Восточного борта карьера, на котором расположен уникальный конвейерный комплекс КНК-270. Наблюдательная сеть вдоль профильной линии конвейера КНК-270 охватывает 8 уступов (горизонтов) и содержит более 50 реперов, размещенных в обоих (северном и южном) направлениях от створа КНК-270.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безопасность труда и здоровья при работе в открытых разработках. – Safety and health in opencast mines. (Инструкция Международной организации труда). Женева, Международное бюро труда, 1999. – 61 с.
2. Кучерский Н.И. Современные технологии при освоении коренных месторождений золота. – М.: Руда и металлы, 2007. – 696 с.
3. Маркшейдерская энциклопедия / Под ред. Пучкова Л.А. – М.: Мир горной книги, 2006. – 605 с.
4. Маркшейдерские работы на угольных шахтах и разрезах. Инструкция. Руководящий нормативный документ министерства топлива и энергетики Украины, утв. 12.12.2000 г. – Киев, 2001. – 126 с.
5. Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. Согласованы Комитетом по государственному контролю за чрезвычайными ситуациями и промышленной безопасностью Республики Казахстан 22.09.2008 г. – Астана, 2008. – 134 с.,
6. Полищук С.З., Лашко В.Т., Шеметов П.А. и др. Прогноз устойчивости и оптимизация параметров бортов глубоких карьеров. – Днепропетровск: Полиграфист, 2001. – 371 с.
7. Рахимов В.Р., Шеметов П.А., Федянин А.С. Прогноз устойчивости бортов глубоких карьеров и организация системы геодинамического мониторинга // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2003. – № 3. – С. 85–87.
8. Салямова К.Д., Султанов К.С., Меликулов А.Д. Решение задачи оценки устойчивости откоса бортов карьера численными методами механики // Материалы научно-техн. конф. «Геотехнология: инновационные методы недропользования в XXI веке». – Москва-Навои, 2007. – С. 480–481.
9. Управление долговременной устойчивостью откосов на карьерах Узбекистана / Силкин А.А., Кольцов В.Н. и др. –Т.: Фан, 2005. –229 с.
10. Cheng Y.M., Lau C.K. Slope stability analysis and stabilization. New methods and insight. – New York, USA. Taylor & Francis, 2008. – 241 pp.,
11. Guide to open pit geotechnical considerations HIF audit 2009. Government of Western Australia. Department of mines and petroleum resources safety. East Perth, 2009. – 22 pp.
12. Slope Stability –2007. International Symposium on rock slope stability in open pit mining and civil engineering. – Perth, Australia, 2007. – 543 pp.
13. Slope stability in surface mining / Ed. W.A. Hustrulid. Published by the Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. – Littleton, Colorado, USA, 2000. – 443 pp.
14. Thomas H. G. Slope stability prism monitoring: a guide for practising mine surveyors. / A research report for the degree of Master of science in mining engineering. – Johannesburg: University of the Witwatersrand, 2011. – 123 pp.