

УДК 622.831

Гасанова Н.Ю., ст. преподаватель

*Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент,
Узбекистан*

Саямова К.Д., вед. научн. сотрудник, д.т.н.

*Институт сейсмостойкости сооружений АН Республики Узбекистан, г.
Ташкент, Узбекистан*

Меликулов А.Д., зам. генерального директора, к.т.н., доцент,

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

ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ БАЗАМИ ДАННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ВЛИЯНИЯ НА СОСТОЯНИЕ БОРТОВ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ

Обширные районы Центральной Азии, богатые полезными ископаемыми, характеризуются активным проявлением современных сейсмотектонических процессов, что является дополнительным осложняющим фактором при решении вопросов геомеханического обеспечения горных работ.

Кызылкумский регион является одним из наиболее сейсмоактивных регионов Центральной Азии, где сильные землетрясения происходили в далеком прошлом (942 г.), происходят в наши дни (Газлийские 1976 и 1984 гг. с магнитудой $M > 7,0$, т.е., интенсивностью $J_0 = 9-10$ баллов) и по всей вероятности будут происходить и в дальнейшем.

Начало надежной регистрации землетрясений было обеспечено работой сети из 11 сейсмических станций, которые с 1969 г. действуют на территории Западного Узбекистана. Анализ результатов сейсмических исследований показал, что, начиная с 1969 г., для всей территории Западного Узбекистана землетрясения с магнитудой $M \geq 2,8$ регистрируются этими станциями без пропусков. Дополнительные расчеты по оптимизации сети сейсмических станций подтвердили представительность землетрясений с $M_{\min} \geq 2,8$ в рассматриваемом регионе [1,2].

Массивы горных пород обладают свойствами с весьма широким диапазоном показателей, сочетающими в себе характеристики анизотропных твердых, как упругих, так и пластических тел, включая свойства ползучести. Эти массивы способны в своем объеме накапливать потенциальную энергию упругого деформирования с последующим высвобождением части этой энергии в виде хрупкого быстротекущего (динамического) разрушения [10,11]. Одновременно массивы горных пород обладают способностью пластического формоизменения (текучести, ползучести), что в практике горно-добычных предприятий, при строительстве гидротехнических и различных подземных сооружений в значимых масштабах проявляется в виде смещений пород, либо локальных вывалов, оседания кровли, смещения боков, пучения почвы

выработок, горных ударов и т.д. [4,13].

Золотодобывающий карьер Мурунтау с размерами в плане 3,3x2,5 км, достигнутой глубиной более 600 м является в настоящее время крупнейшим по объемам и глубине выемки горной массы. За время разработки этого карьера в течение пяти десятилетий извлечено 1,5 млрд м³ горной массы при максимально достигнутой годовой производительности 53,6 млн м³. Проектом следующей очереди намечается довести глубину карьера до 950 м, суммарная площадь поверхности породных обнажений оценивается более 10 кв.км.

В геолого-структурном отношении условия расположения карьера определяются сетью тектонических разломов, пронизывающих месторождение в субширотном направлении и играющие определенную роль в формировании напряженно-деформированного состояния массива в региональном масштабе. Значительную роль в современной геодинамической активности района играет участие Южного разлома, о чем свидетельствуют дифференцированные смещения породных масс (блоков) в горизонтальном и вертикальном направлениях, а также сейсмическая активность. Длинная ось карьера совпадает с осью синклинали складки, крылья которой имеют падение в сторону выработанного пространства. Район месторождения относится к семи-восьмибальной сейсмической зоне.

В геомеханике в последнее время развиваются методы оценки влияния воздействующих факторов через вероятности событий [3,6,7,12]. Особенно актуален вероятностный подход при оценке случайных событий, сильно рассеянных в пространстве и во времени, какими являются землетрясения. Кроме того, землетрясения существенно различаются по интенсивности, глубине проявления, расстоянием от эпицентра до объекта, инженерно-геологическими условиями среды и т.д.

Для вероятностной оценки влияния сейсмических явлений выполнены статистические исследования поля событий, в качестве последнего взят регион Центральной Азии и Казахстана, расположенный в пределах параллелей 35–45 градусов северной широты и меридианов 63–82 градуса восточной долготы. Информация о происшедших в этом регионе землетрясениях с магнитудой $M \geq 2,8$ собрана и оформлена в качестве электронной базы данных на основе ежегодников по землетрясениям.

Сформированная база данных характеризуется следующим: охватывает в среднем более 2800 событий (землетрясений), происходящих ежегодно, каждое из которых представлено 7 основными признаками: дата, время, географические координаты, глубина очага, класс точности определения координат эпицентра, энергетический класс. Обработка организованной базы данных выполняется с использованием современных компьютерных программных средств – систем управления базами данных (СУБД). Значение этой «компоненты» нагрузки на прибортовой массив пород возрастает с увеличением глубины карьеров и связанным с этим параметром возрастом техногенных породных обнажений, что является предпосылкой роста

деформаций и дезинтеграции породного массива, а также постоянным возрастанием количества периодических импульсных нагрузок, приводящих к накоплению разрушений разного масштаба. Положительным с геомеханической точки зрения эффектом является возможность в некоторых зонах массива процесса релаксации напряжений.

В качестве примеров рассмотрено распределение очагов землетрясений относительно горнодобывающих объектов (карьера Мурунтау, угольного разреза «Ангренский»). Важным по значимости параметром после энергетического класса события является направление воздействия сейсмического эффекта на объект, т.е. с какой стороны и частотой приходят потоки сейсмических возмущений. Для этого поле событий относительно объекта в условных полярных координатах распределили на 8 секторов по 45 градусов и рассчитали статистику событий в каждом секторе. Например, для разреза «Ангренский» среднегодовое распределение землетрясений показало, что 79,05% событий происходило в южном и юго-восточном секторах, в т.ч. 59,15% сейсмических событий воздействуют на объект с южного и 19,9% - с юго-восточного направлений.

Вероятностные оценки сейсмических процессов выполнялись в разное время также другими исследователями. Наиболее широко встречается в литературе оценка сейсмического процесса как Пуассоновского потока событий, описываемого уравнением $P_n(t) = [(n_1 t)^n / n!] e^{-n_1 t}$, где n_1 - среднее число землетрясений в единицу времени, характеризующее интенсивность наступления событий в сейсмическом процессе. Вероятность того, что за промежуток времени t не возникнет ни одного землетрясения, равна $P_0(t) = e^{-n_1 t}$. Соответственно, вероятность возникновения хотя бы одного землетрясения в интервале t будет равна $P_1(t) = 1 - e^{-n_1 t}$, где $t = t_2 - t_1$, $t_2 > t_1$. [5,8,9]

Устойчивость полученных статистических результатов подтверждается практикой и одним из фундаментальных законов сейсмологии – законом повторяемости землетрясений.

Статические методы оценки устойчивости прибортового массива пород либо не принимают во внимание изменчивость состояния во времени с учетом возможных воздействий сейсмических нагрузок переменной величины и направления (знака), если и учитывают, то применением коэффициента запаса, величина которого не всегда отражает возможные изменения физических явлений, а является своего рода коэффициентом неизученности вопроса или «платой за риск». В некоторых условиях при действии сейсмических нагрузок деформационные характеристики проявляют нелинейный характер, и это свойство нелинейности выражается через модуль сдвига и коэффициент демпфирования, величина которых значительно изменяется в зависимости от амплитуды деформации сдвига при циклических нагрузках. Еще одна неопределенность заложена в природе самого массива горных пород: зачастую невозможно однозначно определить физико-механические характеристики

породных образцов, посредством которых впоследствии интерпретируются свойства массива. Современные методики оценки влияния стохастических событий позволяют определить расчетным путем возможный вероятностный диапазон значений искомой величины с некоторой определенной степенью надежности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Быковцев А.С., Прохоренко Г.А., Сытенков В.Н. Моделирование геодинамических и сейсмических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых. – Ташкент: Фан, 2000. – 271 с.
2. Силкин А.А. и др. Управление долговременной устойчивостью откосов на карьерах Узбекистана. – Ташкент: Фан, 2005. – 229 с.
3. Шашенко А.Н., Майхерчик Т., Сдвижкова Е.А. Геомеханические процессы в породных массивах. – Днепропетровск: Национальный горн. ун-т, 2005. – 320 с.
4. Яковлев А.В., Ермаков Н.И. Методика изучения прибортовых массивов для прогнозирования устойчивости бортов карьеров. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2008. – 78 с.
5. Agterberg F. Geomathematics: Theoretical Foundations, Applications and Future Developments. – Heidelberg –New York – London: Springer International Publishing, 2014. – 553 pp.
6. Aydan O. Time-Dependency in Rock Mechanics and Rock Engineering. – London, UK: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017. – 240 pp.
7. Beer T. Geophysical Hazards. Minimizing risk, Maximizing Awareness. – Dordrecht – New York – London: Springer Science, Inc., 2010. – 262 pp.
8. Biswas S. Statistical Physics of fracture, breakdown and Earthquake. Effects of Disorder and Heterogeneity. – Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2015. – 326 pp.
9. D'Amico S., ed. Earthquake and Analyses – Seismology, Seismotectonic and Earthquake Geology. – Croatia, Rijeka: InTech, 2012. – 402 pp.
10. Everett M.E. Near-Surface Applied Geophysics. – Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2013. – 441 pp.
11. Hudson J.A., Feng X.-T. Rock Engineering Risk. – London– New York: Taylor & Francis Group, 2015. – 572 pp.
12. Moczo P., Kristek J., Galis M. The Finite-Difference Modelling of Earthquake Motions. Waves and Ruptures. – Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2014. – 365 pp.
13. Wang S., Hagan P.C. Advances in rock-support and Geotechnical Engineering. – Amsterdam – New York – Oxford – London: Tsinghua University Press Ltd. Published by Elsevier Inc., 2016. – 410 pp.