

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ И ВОВЛЕЧЕНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАК СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Гасанова Н.Ю.

Старший преподаватель

Тян А.В.

Шинкаева Д.М.

студенты гр. 26-25 NGI

Ташкентский государственный технический университет

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20623581>

Аннотация: в статье рассматриваются вопросы применения математического моделирования в решении вопросов недропользования, начиная от геолого-разведочных работ и оценки запасов месторождений до полной их отработки. Моделирование в горнодобывающей промышленности играет важную роль при оптимальном проектировании геотехнологий и обеспечении безопасности горных работ.

Ключевые слова: геотехнологии, модель месторождения, процессы горного производства, крепь подземных выработок, погрешность, надежность, сейсмические явления.

APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELING FOR EFFICIENT STUDYING AND INVOLVING INTO OPERATION NEW DEPOZITS AS COMPLEX MINING GEOLOGICAL OBJECTS

Gasanova N. Yu.

Tyan A. V.

Shinkayeva D.M.

Abstract: the article deals with the application of mathematical modeling in solving issues of mineral deposits use, ranging from geological exploration and evaluation of reserves of deposits to their full development. Modeling in the mining industry plays an important role in the optimal design of geotechnologies and the safety of mining operations.

Key words: geotechnologies, field model, mining processes, lining of underground workings, error, reliability, seismic phenomena

В экономике Узбекистана горнодобывающая промышленность является одной из ведущих структурообразующих отраслей, основанной на мощной минерально-сырьевой базе разведанных и разведываемых месторождений различных полезных ископаемых. Республика находится в первой пятерке стран мира по подтвержденным запасам золота и урана, в первой десятке – по добыче золота и урана, а по общему потенциалу запасов и прогнозных ресурсов золота занимает второе место в мире. При этом флагман золотодобычи Узбекистана Навоийский горно-металлургический комбинат входит в десятку лидирующих мировых компаний по производству золота и урана, обладает

развитой промышленной базой и научно-технологическим потенциалом, разрабатывает крупнейшие золоторудные месторождения Мурунтау, Чармитан и др. [1,2,3].

Современный уровень развития горного производства как высокотехнологичной многопрофильной комплексной сферы, объединяющей все этапы поиска, разведки, подготовки месторождений к освоению, добычи и переработки минерального сырья до стадии готовой сертифицированной продукции, включая организацию и строительство развитой современной инфраструктуры такого производства [3].

При известной тенденции естественного увеличения глубины разработки месторождений полезных ископаемых возникают проблемы, связанные с ростом напряжений в массиве горных пород, что характерно для многих рудников [4].

Проявление сейсмотектонических процессов в регионе Центральной Азии является дополнительным осложняющим фактором при решении вопросов геомеханического обеспечения горных работ, что приводит к исследованию задач геомеханики при сочетании тектонических напряжений и сейсмических воздействий [5,6].

В этих условиях необходимо предусматривать разработку и использование таких технологических решений, которые обеспечивали бы не только предотвращение негативного влияния этих факторов, полную или частичную компенсацию отрицательных последствий постоянного увеличения глубины разработки, но и позволили бы интенсификацию горных работ при надежном уровне их безопасности [7,8].

Тенденция на вовлечение в эксплуатацию месторождений, разработка которых может осуществляться в течение длительного периода (десятки лет), предопределяет системный подход к их освоению, ориентированному на полное использование ресурсного потенциала месторождения. Условием обеспечения эффективности работ в этом случае является качество решений, принимаемых на различных иерархических уровнях производственной системы. Особое значение этот фактор принимает в условиях, когда конъюнктура рынка на минеральное сырье может меняться, и предприятие должно приспосабливаться к ней. Основой для разработки стратегии развития предприятия является модель месторождения, для построения которой в современной практике широко применяются математические методы [9,10, 11].

При разработке месторождений полезных ископаемых протекают сложные физические процессы, для изучения которых на всех этапах геологической разведки, оценки запасов и развития технологий используются методы математического моделирования.

Эта процедура обычно позволяет на уменьшенной (или увеличенной) модели провести качественные и количественные исследования интересующих нас объектов и процессов, которые в натуре бывают малодоступны или вовсе недоступны для детального исследования.

В горно-геологической науке основной целью моделирования является познание посредством модели объективных условий проявления того или

иного физического процесса и изучение возможности управления им. Следующими шагами в освоении месторождения являются оценка перспектив применения различных способов (технологических решений) добычи и определение условий их эффективного применения.

В условиях рыночной экономики особое значение приобретает динамическое проектирование горных работ. Предприятие должно составлять план горных работ таким образом, чтобы своевременно реагировать на изменение цены полезного компонента (например, золота), горно-геологических и горнотехнических условий ведения работ.

Моделирование даёт возможность абстрагироваться от множества несущественных характеристик объектов, изменить пространственно-временные масштабы протекающих в них процессов, что позволяет изучать такие объекты, прямой эксперимент над которыми затруднён, экономически невыгоден, либо вообще невозможен в силу различных причин: напряженно-деформированное состояние крепи подземных выработок и окружающего массива пород, взрывное разрушение массива и т.п.

Методы моделирования базируются на теории подобия, вместе с тем должны также решать прикладную задачу, а именно: установить, каким требованиям должна удовлетворять модель, чтобы процессы, рассматриваемые в ней, были подобны процессам, протекающим в натуре.

Предметное (физическое) моделирование предполагает построение моделей, отражающих основные геометрические, физические, динамические и функциональные характеристики оригинала. На таких моделях, например, изучаются процессы, протекающие в вентиляционных, электрических и пневматических сетях шахт при добыче полезных ископаемых из недр. Решение, полученное методом моделирования, обычно является приближенным, т. е. содержит некоторую погрешность. Источниками погрешности могут являться: несоответствие математической модели изучаемому реальному явлению, погрешность исходных данных (входных параметров), погрешность метода, погрешности округлений при расчетах и др.

Вопрос, насколько удовлетворительно математическая модель описывает исследуемое явление, проверяется путем сравнения результатов экспериментов и решений при некоторой совокупности значений исходных параметров. Влияние погрешности исходных данных часто удается оценить, варьируя исходные данные в пределах их погрешностей и фиксируя решения. Если исходных данных много, и их погрешности носят случайный характер, то используют также статистические методы оценки [12].

Математическое моделирование горного производства совершенствуется в направлении динамизации моделей и введения в них обратных связей, определения рациональной математической формы моделей, разработки методов их адекватного исследования на ЭВМ, определения необходимой степени детализации моделей, учёта принципов системного подхода и фактора надёжности при моделировании.

В горно-технологических задачах часто бывает необходимо дать оценку уровня надежности горных машин, устойчивости бортов карьеров, подземных выработок и т.п. [13].

В качестве примера можно привести задачу оценки влияния сейсмических явлений на объекты горных предприятий. Для этого выполнены статистические исследования поля событий, в качестве которого взят регион Центральной Азии и Казахстана, расположенный в пределах 35÷45 градусов северной широты и 63÷82 градусов восточной долготы. Информация о зарегистрированных в этом регионе землетрясениях за несколько лет собрана в качестве базы данных на основе сейсмологических ежегодников [14].

Сформированная база данных характеризуется следующим: статистическая выборка охватывает ежегодно в среднем более 2800 событий (землетрясений), каждое из которых характеризуется 7 основными признаками: дата, время, координаты, глубина очага, класс точности определения координат эпицентра, энергетический класс. Обработка организованной базы данных, заложенных в ЭВМ, выполняется с использованием СУБД.

Рассмотрено распределение очагов землетрясений относительно объекта (угольного разреза «Ангренский»). Весьма важным показателем для нас является направление воздействия сейсмического события на объект, т.е. с какой стороны и частотой приходит возмущение. Для этого поле событий относительно объекта разделили на 8 секторов по 45 градусов каждый и рассчитали статистику событий в каждом секторе. Среднегодовое распределение землетрясений по секторам показало, что 79% событий расположено в южном и юго-восточном секторах, в т.ч. 19,9% расположено только в южном секторе. Это означает, что 59,15% сейсмических воздействий ежегодно на наш объект приходит с южного направления и 19,9% – с юго-восточного направления.

Аналогичные вероятностные оценки сейсмических процессов выполнялись в разное время также другими исследователями, в том числе сейсмологами. Наиболее широко используется оценка сейсмического процесса как Пуассоновского потока событий, описываемого уравнением

$$P_n(t) = [(n!t)^n / n!]e^{-n_1 t},$$

где n_1 - среднее число землетрясений в единицу времени, характеризующее интенсивность наступления событий.

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 во временном интервале t будет равна

$$P_1(t) = 1 - e^{-n_1 t}, \text{ где } t = t_2 - t_1, t_2 > t_1.$$

Устойчивость полученных статистических результатов подтверждается практикой и одним из фундаментальных законов сейсмологии – законом повторяемости землетрясений [15].

Известные методики оценки состояния горного массива не учитывают изменчивость его состояния во времени с учетом возможных воздействий сейсмических нагрузок переменной величины и направления (знака), если и учитывают, то посредством применения некоторого коэффициента запаса, величина которого не всегда отражает возможные изменения физических явлений, а является своего рода коэффициентом неизученности вопроса или «платой за риск». Современные методы оценки влияния стохастических событий позволяют численно определить расчетным путем возможный диапазон значений искомой величины с заранее заданной степенью надежности. В любом случае, принятие инженерных решений должно опираться на надежную оценку стохастического процесса, и проектировщик должен знать, во сколько дополнительных расходов обходится коэффициент запаса (устойчивости, безопасности), в котором заложены, кроме объективного разброса значений параметров физических величин, также и степень субъективной оценки риска, и степень нашего незнания. В условиях рыночных экономических отношений актуально рассчитывать, насколько оправданно платить за незнание, и во что обходится изучение того или иного процесса, определить с возможным рассеянием значений границу целесообразности дополнительных затрат на совершенствование технологии горных работ.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. Константинов М.М. и др. Золоторудные гиганты России и мира./ Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А., Стружков С.Ф. – М.: Научный мир, 2000. – 272 с.
2. Санакулов К.С. Навоийский ГМК – мировой лидер по производству золота и урана. // Горный журнал. – 2010. – № 1. – С. 49–52.
3. Фарманов А.К., Санакулов К.С. Состояние и перспективы добычи драгоценных и цветных металлов в Узбекистане // Горный вестник Узбекистана. – 2010. – № 4. – С. 44–47.
4. Гасанова Н.Ю., Салямова К.Д., Меликулов А.Д. Особенности поведения массивов скальных пород как твердых тел больших объемов в зонах концентрации напряжений. // Сборник докладов XI Всероссийского съезда по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. – Казань: Каз. ун-т, 2015. – С. 906-908.
5. Быковцев А.С., Прохоренко Г.А., Сытенков В.Н. Моделирование геодинамических и сейсмических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых. – Ташкент: Фан, 2000. – 271 с.
6. Гасанова Н.Ю., Салямова К.Д., Меликулов А.Д. Анализ изменчивости деформационных свойств массива горных пород и возможность управления ими при различных геотехнологических процессах. // Вопросы науки и образования, 2018. – № 10(22). – С. 35 – 39.
7. Иконников М.Ю. и др. Математическое моделирование в задачах оценки эффективности и безопасности горных работ./ Иконников М.Ю., Иконников

- Ю.Р., Слащева Е.А., Слащев И.Н., Яланский А.А. – Днепропетровск: Национальный горный ун-т, 2015. – 215 с.
8. Melikulov A.D., Salyamova K.D., Gasanova, N.Yu., Rumi D.F. Analysis of the conditions of effective and safe explosive destruction of rocks during the construction of underground facilities // Polish journal of science. – 2019. – №15. – Vol. 1. – P. 47-51.
9. Васючков Ю.Ф., Брагин Е.П. Численное моделирование задач геотехнологии при разработке угольных месторождений. – М.: МГГУ, 2000. – 131 с.
10. Сытенков В.Н. Системное моделирование объектов исследований в недропользовании // Горный вестник Узбекистана. – 2007. – №1. – С. 16–21.
11. Burd A. Mathematical Methods in the Earth and Environmental Science. – Cambridge University Press, 2019. – 584 p. – DOI: 10.1017/9781316338636.
12. Шаклеин С.В. Количественная оценка достоверности геологических материалов угольных месторождений. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2005. – 243 с.
13. Гасанова Н.Ю., Саямова К.Д. Принципы моделирования распространения технологического раствора в массиве горных пород // Материалы Международной научно-технической конференции «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их решения». – Навои, Узбекистан: Навоийский гос. горный институт, 2010. – С. 82–83.
14. Gasanova, N.Yu. Formation of the earthquake database for evaluation of their influence on the slope stability of deep quarries. // European science, 2017. – № 6 (28). – P. 24-26.
15. Хамидов Л.А. Математическое моделирование и применение его при сейсмологических исследованиях // Проблемы инженерной геологии и оценки сейсмической опасности: Труды Респ. конференции. – Ташкент: Институт сейсмологии АН РУз, 2000. – С.164–176.