

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОТХОДОВ СУМСАР-ШЕКАФТАРСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Жакыпбекова А., Токторалиев Б.А., Кабаева Г.Д.

На территории Кыргызской Республики разведаны и разрабатываются месторождения золота, ртути и сурьмы, редкоземельных элементов, различных видов нерудного сырья. Горнодобывающая отрасль относится к производствам, интенсивно загрязняющим окружающую среду, которые требуют постоянного контроля ее состояния, особенно в районах добычи полезных ископаемых.

В настоящее время отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана приводят к загрязнению окружающей среды, к опасностям негативного воздействия природно-техногенных процессов на экологию регионов. Причем, в этих районах возможны образования оползней, разрушения отвалов, промышленных, социальных и гражданских объектов, прилегающих к горным предприятиям, загрязнения грунтовых и поверхностных вод, изменения состояния атмосферы и т.п. [1]. Все это в конечном итоге может привести к экологической катастрофе.

К одним из основных экологически уязвимых территорий на юге республики относится Сумсар-Шекафтарский горнопромышленный район. Эта местность интенсивно загрязняется отходами горнопромышленного комплекса, которые в большинстве своем являются отходами горнодобывающей и перерабатывающей отрасли. Причем, в результате интенсивного освоения Сумсар-Шекафтарского горнопромышленного района накопилось огромное количество отходов

в виде хвостохранилищ, отвалов, пустых пород, некондиционных руд, оказывающих вредное влияние на состояние окружающей среды [2].

На хвостохранилищах, размещенных на территории данного горнопромышленного района собраны мелкодисперсные отходы переработки и обогащения, в которых содержатся радионуклиды, опасные для здоровья людей соединения тяжелых металлов, различные токсичные вещества, используемые в качестве реагентов при извлечении полезных компонентов минерального сырья. Например, только на руднике Сумсар хвосты обогащения складировались в трех крупных хвостохранилищах. При этом, общий объем отходов обогащения полиметаллических руд составил порядка 3,65 млн.м³. На основе проведенной оценки геомеханического состояния хвостохранилищ Сумсар-Шекафтарского горнопромышленного комплекса показано, что некоторые хвостохранилища полностью размыты (хвостохранилище № 1 Сумсарского рудника) или продолжают размываться (хвостохранилище № 2 Сумсарского рудника), а некоторые устойчивы к механическим воздействиям [2].

На территории Сумсар-Шекафтарского горнопромышленного района наряду с хвостохранилищами образовалось значительное количество отвалов – раздробленных пустых горных пород и некондиционных руд, которые также являются мощными источниками загрязнения окружающей среды. При этом ряд отвалов в п. Шекафтар размещены непосредственно в русле реки Сумсар-Сай, что еще больше усугубляет экологическую обстановку в регионе, вследствие постоянного обрушения откосов водами реки и переносов загрязняющих элементов вниз по течению реки. Некоторые отвалы размещены возле автомобильных дорог. Движение транспорта по ним могут нарушить их устойчивость и привести к разрушению.

За длительное время наземного существования этих отвалов на территории данного промышленного комплекса постоянно происходит

негативное воздействие на окружающую среду. Некоторые отвалы размещены на слабоустойчивых горных склонах, а отвалы некондиционных радиоактивных руд закладированы в пойме рек и на первой надпойменной террасе непосредственно в жилой зоне [3,4].

Анализ геомеханического состояния отвалов Сумсарского, Шекафтарского и Терексайского рудников показал, что устойчивость их, прежде всего, зависит от угла падения поверхности земли, на которых размещены отвалы пород, толщины и влажности прослоев между отвалом и поверхностью земли, на котором он закладирован.

Для оценки напряженно-деформированного состояния отвалов, размещенных на склонах при различных углах ее падения и наличии увлажненного слоя, проведено их численное моделирование на основе метода конечных элементов. При применении метода конечных элементов, рассматриваемая область представляется в виде совокупности дискретных плоских или пространственных элементов. При этом, в отличие от других численных методов, соблюдается ясная физическая трактовка решаемых задач. Вместе с тем необходимость определения свойств каждого элемента в отдельности дает возможность учитывать неоднородность свойств деформируемой области, а также рассчитывать области сколь угодно сложной конфигурации, без принципиальных изменений путей решения [5,6].

Метод конечных элементов позволяет оперировать с элементами различной формы. Однако, для практических задач наиболее удобными оказались треугольные элементы, позволяющие легко оконтуривать расчётные области и сгущать сетку в местах ожидаемых концентраций напряжений или деформаций.

Достоинствами метода конечных элементов являются:

- простота получения конечных решений;

- возможность сгущения сетки элементов, в ожидаемых местах высоких градиентов исследуемого параметра (напряжений или деформаций);
- возможности задания граничных условий в перемещениях или усилиях по какому-либо закону их распространения;
- принципиальная возможность задания в любом элементе модели упругих констант среды, моделирования любой последовательности образования отработанных пространств и схем нагружения модели и т.д.

Для решения двумерной задачи выполняется процесс дискретизации поверхности, который состоит из разбиения на треугольные элементы и нумерации элементов и узлов. Предполагается, что элементы связаны между собой в узловых точках, расположенных на их границах. Основными неизвестными будут перемещения этих узловых точек. Выбирается система, функция, однозначно определяющая перемещения внутри каждого конечного элемента через перемещения узловых точек. Функции перемещений однозначно определяют деформации внутри элемента через узловые перемещения. Эти деформации при известных начальных деформациях и упругих свойствах элемента позволяют определить напряжения как внутри элемента, так и на его границах. Определяется система сил, сосредоточенных в узлах и уравнивающих напряжения на границе и некоторые распределенные нагрузки, а затем записывается соотношение для жесткостей.

Определение значений деформаций $\{\epsilon\}$ и напряжений $\{\sigma\}$ в элементах осуществляется с помощью уравнений

$$\{\epsilon\} = [B] [A]^{-1} \{u\} \quad (1)$$

$$\{\sigma\} = [E][B] [A]^{-1} \{u\}. \quad (2)$$

Где

$$[B] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}; \quad [A] = \begin{bmatrix} 1 & x_i & y_i & 0 & 0 & 0 \\ 1 & x_j & y_j & 0 & 0 & 0 \\ 1 & x_k & y_k & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_i & y_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_j & y_j \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_k & y_k \end{bmatrix} - \text{координатная}$$

матрица;

$x_i, y_i, x_j, y_j, x_k, y_k$ – координаты узлов;

$$\{u\} = \begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \\ u_k \\ v_i \\ v_j \\ v_k \end{Bmatrix} - \text{вектор узловых перемещений;}$$

Для случая плоской деформации матрица $[E]$ представляется в виде

$$[E] = \frac{E}{(1-2\mu)(1+\mu)} \begin{pmatrix} 1-\mu & \mu & 0 \\ \mu & 1-\mu & 0 \\ 0 & 0 & (1-\mu)/2 \end{pmatrix},$$

E – модуль упругости; μ - коэффициент Пуассона .

Деформация элемента, характеризуемая вектором перемещений, обусловлена действием приложенных в узлах сил

$$\{F\} = \begin{Bmatrix} X_i \\ X_j \\ X_k \\ Y_i \\ Y_j \\ Y_k \end{Bmatrix} - \text{вектор узловых сил.}$$

Взаимосвязь векторов перемещений и узловых сил $\{F\} = [K]\{u\}$, определяет матрица жесткости системы – $[K]$.

Расчеты напряженно-деформированного состояния массива отвалов, размещенных на склонах при различных углах ее падения и

наличия увлажненного слоя были первоначально выполнены на основе метода конечных элементов с помощью программы «Stress», разработанной сотрудниками КРСУ им. Б.Ельцина.

С целью повышения достоверности результатов исследований, аналогичные расчеты были проведены с использованием вычислительного комплекса MatLab, позволяющего реализовать сложные инженерные задачи геомеханики с применением встроенных средств конечно-элементного вычисления, с возможностью графического представления результатов [7].

В результате выполненных исследований установлено, что увеличение крутизны склона, на которой расположен отвал пустых пород от 15° до 45° приводит к появлению под отвалом зоны сжимающих напряжений. При этом размер зоны растягивающих напряжений, расположенный выше отвала снижается в 4,5-5 раз, а значения растягивающих напряжений в данном случае снижается от 0,23 МПа до 0,091 МПа, т.е. уменьшается в 2- 2,5 раза. При наличии увлажненного слоя концентрация горизонтальных напряжений, наблюдаемая в нижних слоях снижается до 4,5-5 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошоев М.К. Опасные природные явления Кыргызстана - Бишкек: Илим, 1996.
2. Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Справочник-словарь –Бишкек: 2009 – 240 с.
3. Жакыпбекова А., Токторалиев Б.А., Кожогулов К.Ч. Геомеханическое состояние отходов Сумсар – Шекафтарского горнопромышленного комплекса.//Современные проблемы механики сплошных сред, выпуск 19, 2013. С.

4. Камчыбеков Д.К. Состояние хвостохранилищ и радиоактивных отвалов, вопросы обеспечения экологической безопасности // Вестник КРСУ, - Бишкек, 2007 – С. 108-111.
5. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М. Мир, 1975 - 395с.
6. Фадеев А.В. Метод конечных элементов в геомеханике. М. Недра, 1987, -224с.
7. A.J.M. Ferreira. MATLAB Codes for Finite. Solids and Structures.: Springer Science+Business Media B.V. 236 pp.