

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ**МОДЕЛИРОВАНИЕ И УСТАНОВЛЕНИЕ КООРДИНАТОВ ЦЕНТРА МАСС ОТВАЛА
И ХВОСТОВ ТЮБЕГАТАНСКОГО КАЛИЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Латипов Зухриддин Ёкуб угли

старший преподаватель
Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши
E-mail: zuhriddin.latipov@mail.ru

Каримов Ёкуб Латипович

зав. кафедрой, Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши

Шукуров Азамат Юсупович

ассистент,
Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши

Худойбердиев Ойбек Джумабоевич

старший преподаватель,
Навоийский государственный горный институт,
Республика Узбекистан, г. Навои

Норкулов Наврузбек Мирсалим угли

магистрант,
Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши

**MODELING AND ESTABLISHING THE COORDINATES OF THE CENTER OF MASS
OF THE DUMP AND TAILINGS OF THE TYUBEGATAN POTASH DEPOSIT**

Zukhriddin Latipov

Senior lecturer
of Karshi engineering and economics institute,
Uzbekistan, Karshi

Yokub Karimov

Head of engineering and economics institute,
Uzbekistan, Karshi

Oybek Xudoyberdiyev

Senior Lecturer of Navoi state mining institute,
Uzbekistan, Navoi

Azamat Shukurov

Assistant engineering and economics institute,
Uzbekistan, Karshi

Navruzbek Norqulov

Master student of engineering and economics institute,
Uzbekistan, Karshi

АННОТАЦИЯ

В работе разработана моделирование и установление координат центра масс отвала и хвостов Тюбегатанского калийного месторождения, позволяющая снизить негативное воздействие на окружающую среду и грунтовые воды.

ABSTRACT

The paper describes modeling and establishing the coordinates of the center of mass of the dump and tailings of the Tyubegatan potash deposit, which makes it possible to reduce the negative impact on the environment and groundwater.

Ключевые слова: Тюбегатанское калийное месторождение, каменная соль, солеотвал, солеотход, Дехканабадский завод калийных удобрений, противοфилтратионная защита, хвостохранилище, негативное воздействие на окружающую среду и грунтовые воды.

Keywords: Tyubegatan potash deposit, rock salt, salt dump, salt waste, Dekhkanabad potash fertilizer plant, anti-seepage protection, tailing dump, negative impact on the environment and groundwater.

В Республике Узбекистан калийные удобрения производятся в горнодобывающем комплексе Дехканабадского завода калийных удобрений, который введен в эксплуатацию в июле 2010 г. с производственной мощностью 1200 тыс. т сильвинитовой руды в год при содержании KCl в руде 27% [1-6].

При разработке месторождений калийных руд выявлен ряд проблем, важнейшими из которых являются нарушения геолого-структурных строений обрабатываемых территорий при использовании подземного способа добычи полезных ископаемых и образование огромного количества отходов, которые формируются при обогащении калиевых солей и водорастворимых соединений [1-7]. В настоящее время в мире крупные месторождения калийных руд расположены в районах с континентальными и умеренно-континентальными климатами, в связи с этим в данных территориях годовые количества осадков превышают возможное испарение.

Для математического моделирования рационального использования внешнего пространства Тюбегатанского калийного месторождения рассмотрим следующие задачи:

- 1) определить оптимальную форму котлована для хранения хвостов;
- 2) определить устойчивую конфигурацию для хвостов;
- 3) найти координаты центра масс отвала;
- 4) установить условия минимизации оползней отвалов.

В Дехканабадском заводе калийных удобрений добывается руда, содержащая калий, соль и т.д. После переработки добытой руды отходы составляют в основном соль. Этот остаток вывозят в отвал для хранения. Отвал, состоящий в основном из соли, при различных природных условиях (дождь, снег, ветер, солнечный нагрев и т.д.) растворяется или опылается. В результате сильно разрушается экология местности в виде соленой воды или пыли. Из визуального наблюдения замечено, что в окружности 50 км от отвала вся территория засолена и происходит засорение почвы и растительности [1-9].

Изучение научных литератур по хранению хвостов, визуальное наблюдение космических фотографий, маркшейдерских чертежей отвалов Дехканабадского завода калийных удобрений дают следующие представления рассматриваемой задачи:

1) нет четкой геометрической формы хранения хвостов;

2) объемы хвостов занимают очень большую территорию;

3) отвалы накапливаются в зависимости от местного рельефа.

Далее задача устойчивости отвалов, причины их оползней изучены только локально, причем изучение ведется, в большинстве случаев, с точки зрения физико-механических свойств отвала, а математическое обоснование и моделирование хранения карьерных хвостов мало изучены. Ниже будут рассмотрены решения вышеназванных вопросов с помощью математических аппаратов.

Изучение начнем из формы котлованов для хранения карьерных отвалов. Можно предложить различные геометрические формы котлованов в зависимости от рельефа местности. Наиболее приемлемыми считаются трапециевидная призма, параболическая, эллипсоидальная и дуговая формы. Каждую из этих форм можно считать эффективной, если строго соблюдать процесс накопления отвалов при транспортировке. Но, так или иначе, мы вынуждены иметь вид тот факт, что в процессе накопления хвостов почти невозможно соблюдать строгую геометрическую форму хранилища. Учитывая это, выбирают наиболее простую, но одновременно эффективную форму.

Далее для оптимальной вместимости объема отвала, обратимся к аппарату высшей математики. Для этой цели используем двойной и двукратный интегралы, которые используются для вычисления объемов некоторых тел, которые явно не являются элементарными геометрическими фигурами. Для вычисления объема хранилища хвостов предварительно вводим некоторые понятия. Предположим, что тело (хранилище хвостов) ограничено следующим образом: нижняя часть является некоторой правильной областью D , которая расположена в декартовой системе координат плоскости Oxy . Верхняя часть описывается некоторой поверхностью, которая задается уравнением

$$z = f(x, y). \quad (1)$$

Будем считать, что функция $z = f(x, y)$ является непрерывной и определенной в каждой точке области D .

Для решения этой задачи применим известную формулу из курса высшей математики, т.е. этот объем будет равен двойному интегралу от функции $z = f(x, y)$ по области D :

$$\iint_D f(x; y) dx dy = \lim_{\Delta S_i \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n f(P_i) \Delta S_i, \quad (2)$$

где $P_i = P(x_i; y_i)$ – произвольная точка из элементарной площади ΔS_i , полученная при разбиении произвольным образом в области D .

Теперь, сводя двойной интеграл к двукратному, можно вычислить требуемый объем тела по формуле

$$V = \iint_D f(x; y) dx dy = \int_a^b \left[\int_{y_1(x)}^{y_2(x)} f(x; y) dy \right] dx. \quad (3)$$

Далее, вопрос о решении поставленной задачи сводится к тому, как определены область D и поверхность $z = f(x, y)$. А именно, выбор определения области D , которая задается с помощью некоторых уравнений и уравнение поверхности $z = f(x, y)$, которая зависит от вида поверхности хранилища хвостов, делает данную задачу актуальным, а ее решение универсальным.

Исследуя маркшейдерские чертежи или сделанную космическую фотографию можно написать уравнение области поверхности $z = f(x, y)$ хранилища хвостов. Далее требуется определить уравнения области D и поверхности исходя из вышеприведенного.

Когда определены уравнения области и поверхности хвостов, то можно приступать к нахождению координаты центра масс тела. Эти координаты выражаются следующими формулами:

$$\begin{aligned} x_c &= \frac{\iiint_V x \gamma(x; y; z) dx dy dz}{\iiint_V \gamma(x; y; z) dx dy dz}, \\ y_c &= \frac{\iiint_V y \gamma(x; y; z) dx dy dz}{\iiint_V \gamma(x; y; z) dx dy dz}, \\ z_c &= \frac{\iiint_V z \gamma(x; y; z) dx dy dz}{\iiint_V \gamma(x; y; z) dx dy dz}, \end{aligned} \quad (4)$$

где $\gamma(x; y; z)$ – плотность вещества.

При изучении литературных данных по устойчивости хвостов и отвалов, этот вопрос решается как следствие деформации хвоста или отвала. Например, согласно [4, 5], после складирования отвалов происходит их деформация, которая зависит от многих факторов. Характер деформации тщательно изучен в работах [4, 5]. Также вопрос деформации отвала и её последствия рассмотрены в работе [6]. Но в обоих случаях не изучен вопрос о смещении центра тяжести хвоста или её части при неизбежной деформации, следствие которой приводит к оползням или оплыванию.

Используя полученные результаты работ [4-6], определим центр тяжести хвоста или отвала и её перемещение в зависимости от их деформации. Как известно из курса высшей математики, центр тяжести определяется с помощью координаты центра масс, которые были приведены выше.

Таким образом, центр масс хвоста определим в двух случаях.

Первое – определяем центр масс плоской фигуры, т.е. рассмотрим задачу на плоскости.

Второе – этот же вопрос рассматривается в пространстве.

В процессе определения координаты центра масс плотность $\gamma(x, y, z)$ берем постоянной, т.е.

$$\gamma(x, y, z) = const, \quad (5)$$

т.к. в большинстве случаев плотность хранимого вещества является известной величиной.

Для нахождения координаты центра масс плоской фигуры используем сведения из курса высшей математики, согласно [7]. Координаты центра масс системы материальных точек P_1, P_2, \dots, P_n с массами m_1, m_2, \dots, m_n определяются с помощью формул:

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^n x_i m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad y_c = \frac{\sum_{i=1}^n y_i m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}. \quad (6)$$

Для определения координат центра масс плоской фигуры D поступим следующим образом.

Разобьем фигуру D на очень малые элементарные площадки ΔS_i , где S – площадь фигуры D . Так как элементарные площадки достаточно малы, то поверхностную плотность можно считать всюду постоянной, а для удобства вычислений, равной единице. Тогда, согласно работе [7] масса площади будет равна её площади. Если приближенно считать, что вся масса элементарной площадки Δ сосредоточена в какой-либо её точки $P_i(x_i; y_i)$, то можно рассматривать фигуру D как систему материальных точек. Тогда по формулам (6), координаты центра масс этой фигуры будут определяться приближенно равенствами

$$x_c \approx \frac{\sum_{i=1}^n x_i \Delta S_i}{\sum_{i=1}^n \Delta S_i}, \quad y_c \approx \frac{\sum_{i=1}^n y_i \Delta S_i}{\sum_{i=1}^n \Delta S_i}. \quad (7)$$

Теперь если переходить к пределу при $\text{diam} \Delta S_i \rightarrow 0$, то интегральные суммы, стоящие в числителях и знаменателях дробей, перейдут в двойные интегралы. В этом случае получим точные формулы для вычисления координат центра масс плоской фигуры

$$x_c = \frac{\iint_D x dx dy}{\iint_D dx dy}, \quad y_c = \frac{\iint_D y dx dy}{\iint_D dx dy} \quad (8)$$

Здесь поверхностная плотность $\gamma = 1$. Если поверхностная плотность переменная, т.е. $\gamma = \gamma(x, y)$ то для фигуры с переменной плотностью соответствующие формулы координат центра масс примут вид:

$$x_c = \frac{\iint_D x\gamma(x,y)dx dy}{\iint_D \gamma(x,y)dx dy}, \quad y_c = \frac{\iint_D y\gamma(x,y)dx dy}{\iint_D \gamma(x,y)dx dy} \quad (9)$$

Теперь рассмотрим задачу определения координаты центра масс тела в пространстве. Аналогично вышеприведенным расчетам, согласно [7], как для плоских фигур, рассматривая пространственную область V , получим формулы

$$\begin{cases} x_c = \frac{\iiint_V x\gamma(x,y,z)dx dy dz}{\iiint_V \gamma(x,y,z)dx dy dz}; \\ y_c = \frac{\iiint_V y\gamma(x,y,z)dx dy dz}{\iiint_V \gamma(x,y,z)dx dy dz}; \\ z_c = \frac{\iiint_V z\gamma(x,y,z)dx dy dz}{\iiint_V \gamma(x,y,z)dx dy dz}, \end{cases} \quad (10)$$

где $\gamma(x, y, z)$ – плотность вещества рассматриваемого тела;

V – область интегрирования.

В правой части равенств (10), границы области V определяются согласно виду данной пространственной области.

Если в равенстве (10) плотность $\gamma(x, y, z)$ постоянная, то вычисление тройных интегралов намного упрощаются.

Таким образом, если известны координаты центра масс каждой области, то сдвигая тем или иным способом хвостов ближе к центру масс можно добиться увеличения срока оползней или оплывания, что экологически и экономически выгодно для горнодобывающей отрасли.

Список литературы:

1. Отчет по панели №1. Пояснительная записка ГДК-26-200917. Горнодобывающий комплекс Дехканабадского завода калийных удобрений. – Дехканабад, 2017. – 104 с.
2. Каримов Ё.Л., Якубов С.И., Муродов Ш.О., Нурхонов Х., Латипов З.Ё. Экологические аспекты Дехканабадского рудного комплекса по добыче калийных руд // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2018. – № 3. – С. 23-27.
3. Каримов Ё.Л., Латипов З.Ё., Жумаев И.К., Шукуров А.Ю., Нарзуллаев Ж.У. Рекомендации по применению технологии прогнитофильтрационной защиты солеотвала и рассолосборника №1 // Universum: технические науки. – Москва, 2020. – №12(81). – С. 34-38.
4. Демин А.М. Устойчивость открытых горных выработок и отвалов. – М.: Недра, 1973. – 232 с.
5. Демин А.М., Шушкина О.И. Напряженное состояние и устойчивость отвалов в карьерах. – М.: Недра, 1978. – 159 с.
6. Наимова Р.Ш. Методы управления техногенными ресурсами при открытой разработке рудных месторождений // Дисс. ... докт. техн. наук. – Навои, 2018. – 220 с.
7. Пискунов С.Н. Дифференциальное и интегральное исчисления для ВТУЗов. – Т. 2. – Москва: «Наука», 2006. – 555 с.
8. Каримов Ё.Л., Латипов З.Ё., Каюмов О.А., Боймуродов Н.А. Разработка технологии закрепления солевых отходов рудника Тюбегатанского горно-добывающего комплекса. // Universum: технические науки. – Москва, 2020. – №12(81). – С. 59-63
9. Каримов Ё.Л., Латипов З.Ё., Хужакулов А.М. Технология проходки выработок на Тюбегатанском месторождении калийных солей. // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики сборник научных трудов 15-й международной конференции. Минск – Тула – Донецк 29-30 октября 2019 г.