

© Н.М. Феофанов<sup>1</sup>, А.Н. Феофанов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Шахта им. К.И. Киселева ГХК «Торезантрацит», Чистяково, Украина

<sup>2</sup> Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененка  
НАН Украины, Киев, Украина

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕРРИКОНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

© N. Feofanov<sup>1</sup>, A. Feofanov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mine named after K.I. Kiselev «Torezanthracite», Chystiakove, Ukraine

<sup>2</sup> Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine  
named after M.P. Semenenko, Kyiv, Ukraine

## CHARACTERIZATION OF WASTE PILES BY SURVEYING AND GEODETIC MEASUREMENTS

**Целью работы** является создание способа определения параметров породного террикона на основании маркшейдерско-геодезических измерений, предполагающего отсутствие человека на склонах террикона.

**Методика исследования.** Анализ существующих способов определения параметров террикона. Разработка эффективного и одновременно малозатратного способа, позволяющего с помощью несложных угловых и линейных измерений, а также их обработки по тригонометрическим формулам определить параметры любого террикона.

**Результаты исследования.** На основании разработанного и предложенного способа, отличающегося тем, что вокруг террикона прокладывают два параллельных замкнутых теодолитных хода: один у самого основания террикона и повторяющий его контур, второй – на расстоянии, при котором обеспечивается видимость с его пунктов на вершину террикона, на точках ходов выполняют угловые измерения, между точками ходов – линейные измерения, по полученным измерениям можно рассчитать его параметры. А именно: площадь территории, занимаемой породным отвалом, длину и уклон его боковой поверхности, высоту террикона, объём хранящейся в нём породы.

**Научная новизна.** Обоснован простой и доступный в реализации способ, позволяющий с достаточной точностью определять параметры породного террикона после проведения маркшейдерско-геодезических измерений в пределах его расположения без нахождения человека на поверхности террикона.

**Практическое значение.** Разработанный способ относится к промышленному и гражданскому строительству и может быть использован при застройке территорий горнодобывающих районов с целью рациональной эксплуатации участков земной поверхности, занятых терриконами действующих и ликвидированных горных предприятий. Способ применим для любых отсыпчных отвалов как гражданского, так и промышленного назначения.

**Ключевые слова:** породный террикон, теодолитный ход, угловые и линейные измерения, высота террикона, площадь боковой поверхности, уклон, объём, площадь занимаемой территории.

**Вступление.** Терриконы являются неотъемлемой частью ландшафта больших и малых городов любого горнопромышленного района. Только в Донцке их количество составляет около 138, а по Донцкому угольному бассейну раз-

бросано свыше тысячи малых и больших терриконов. Многие из них расположены не только в степной зоне, но и в черте промышленных городов, отнимая сотни гектаров земли как у сельского хозяйства, так и у потенциальных застройщиков. Тем самым снижается инвестиционная привлекательность таких территорий. Не стоит забывать, что горящая порода на действующих терриконах и вышедших из эксплуатации десятки, а то и более сотни лет существенно ухудшает экологическую обстановку угледобывающих регионов.

Для решения данной проблемы и минимизации вредного воздействия терриконов на окружающую среду разработан ряд способов, направленных, прежде всего, на рекультивацию поверхности терриконов и их озеленение [1], а также на рациональное использование породы как в строительстве (отсыпка «подушки» дорожного полотна, производство кирпича) [2], так и для дополнительного извлечения угля и редкоземельных элементов: галлия, иттрия, циркония, скандия, германия [3].

**Постановка проблемы.** Осуществление этих проектов, так или иначе, связано с параметрами используемого террикона – занимаемая площадь, площадь боковой поверхности, объём, количество отвальной породы и т. д. Получение таких данных путём проведения тахеометрической съёмки обуславливает обязательное нахождение и перемещение человека по его поверхности, что с учётом длительного горения и выброса в атмосферу газов в большинстве случаев не представляется возможным. На сегодняшний день определение параметров террикона осуществляется, как правило, приближённо, без учёта сложной конфигурации его основания и с большой погрешностью.

**Цель работы.** Создание способа определения параметров террикона, в котором за счёт прокладки вокруг террикона двух параллельных замкнутых теодолитных ходов, выполнения на них угловых и линейных измерений, а также проведения на основе полученных измерений расчётов достигается технический результат – определение параметров террикона без присутствия человека на его склонах.

**Изложение основного материала.** Заявленная в работе цель решается тем, что в разработанном способе определения параметров террикона вокруг террикона прокладывают два параллельных замкнутых теодолитных хода: один у самого основания террикона и повторяющий его контур, второй – на расстоянии, при котором обеспечивается видимость с его точек на вершину террикона, на точках ходов выполняют угловые измерения, между точками ходов – линейные измерения и по полученным данным выполняют расчёт параметров террикона.

Террикон делят условно на несколько пирамид с единой высотой  $H$ , равной высоте террикона. При этом объём террикона  $V_T$  будет равен сумме объёмов всех условно выделенных пирамид  $V_i$ :

$$V_T = \sum_{i=1}^n V_i. \quad (1)$$

Объём любой пирамиды определяют по формуле:

$$V_i = \frac{1}{3} S_i H, \quad (2)$$

где  $H$  – высота пирамиды, равная высоте террикона, м;  $S_i$  – площадь основания пирамиды, м<sup>2</sup>.

На местности осуществляют следующие работы.

Проводят рекогносцировку окружающей террикон 1 территории, в результате которой у его основания (рис. 1) прокладывают 1-й замкнутый теодолитный ход 2, повторяющий контур террикона. Точки хода 3 (1, 2, 3) закладывают в характерных местах основания с таким расчётом, чтобы условно разделить террикон на несколько пирамид с треугольными основаниями и общей высотой 4, равной высоте террикона  $OO'$ . Измеряют углы 1-го теодолитного хода и длины его сторон.

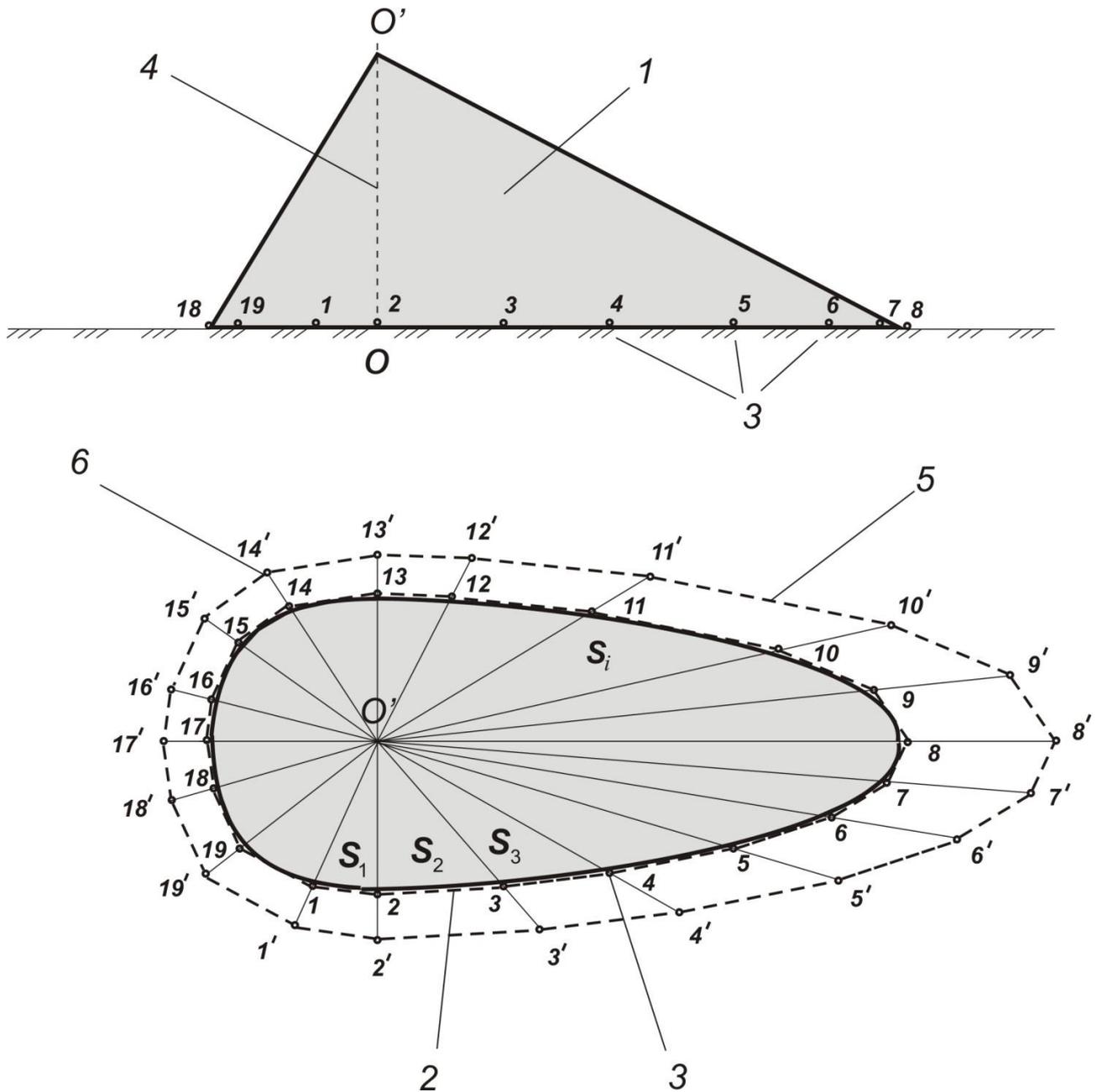


Рис. 1. Схема прокладки теодолитных ходов вокруг террикона

Прокладывают 2-й замкнутый теодолитный ход 5 вокруг террикона, стороны которого параллельны сторонам 1-го теодолитного хода 2 так, чтобы с его

точек 6 (1', 2', 3'...) обеспечивалась видимость на вершину террикона  $O'$ . Измеряют углы 2-го теодолитного хода 5, длины его сторон и расстояния до одноимённых точек 1-го теодолитного хода (1-1', 2-2', 3-3'...).

Определяют высоту 4 террикона  $H$ , как сумму высоты теодолита  $O'K$  и длины катета  $KO$  треугольника  $O'KA$  (рис. 2):  $H = O'K + KO$ .

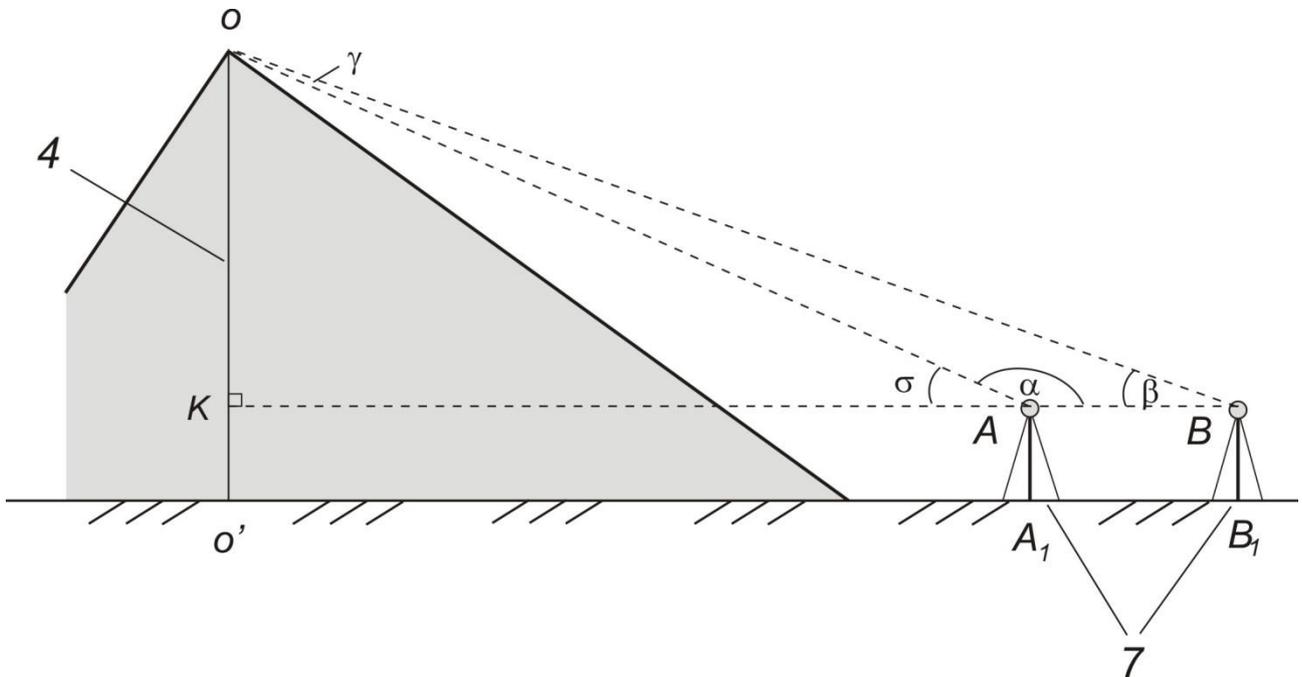


Рис. 2. Схема к определению высоты террикона

Для этого на любых двух одноимённых точках теодолитных ходов 2 и 5 выполняют угловые ( $\sigma$ ,  $\beta$ ) и линейные измерения ( $AA' = BB' = O'K$ ;  $AB$  – расстояние между стоянками теодолита 7).

Из треугольника  $O'KA$ :  $KO = AO \cdot \sin \sigma$ , где  $AO$  – гипотенуза треугольника  $O'KA$ .

По теореме синусов  $\frac{AO}{\sin \beta} = \frac{AB}{\sin \gamma}$ , тогда

$$AO = AB \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\sigma - \beta)}.$$

Таким образом, высота террикона

$$H = AB \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\sigma - \beta)} \cdot \sin \sigma. \quad (3)$$

Определение площади основания условно выделенной пирамиды  $S_i$  возможно осуществить двумя вариантами.

I-й вариант: по результатам инструментальных измерений, выполненных на 1-м теодолитном ходе 2, производят вычисление координат его точек в условной системе, строят план основания террикона в выбранном масштабе с проекцией его вершины и с помощью планиметра определяют площади оснований условно выделенных пирамид или площадь основания всего террикона сразу.

II-й вариант: используя результаты угловых ( $\varphi$ ) и линейных ( $|1'-2'|$ ;  $|1'-1|$ ) измерений, полученных на втором теодолитном ходе, определяют площадь основания условно выделенной пирамиды как площадь треугольника (рис. 3):

$$S_{1O2} = \frac{1}{2} \cdot |1-2| \cdot |MO| = \frac{1}{2} \cdot |1-2| \cdot |O-I| \cdot \sin \varphi, \quad (4)$$

где  $S_{1O2}$  – площадь треугольника 1O2;  $|1-2|$  – сторона 1-го теодолитного хода 2, проложенного у основания террикона 1;  $|MO|$  – высота треугольника 1O2;  $|O-I|$  – сторона треугольника 1O2.

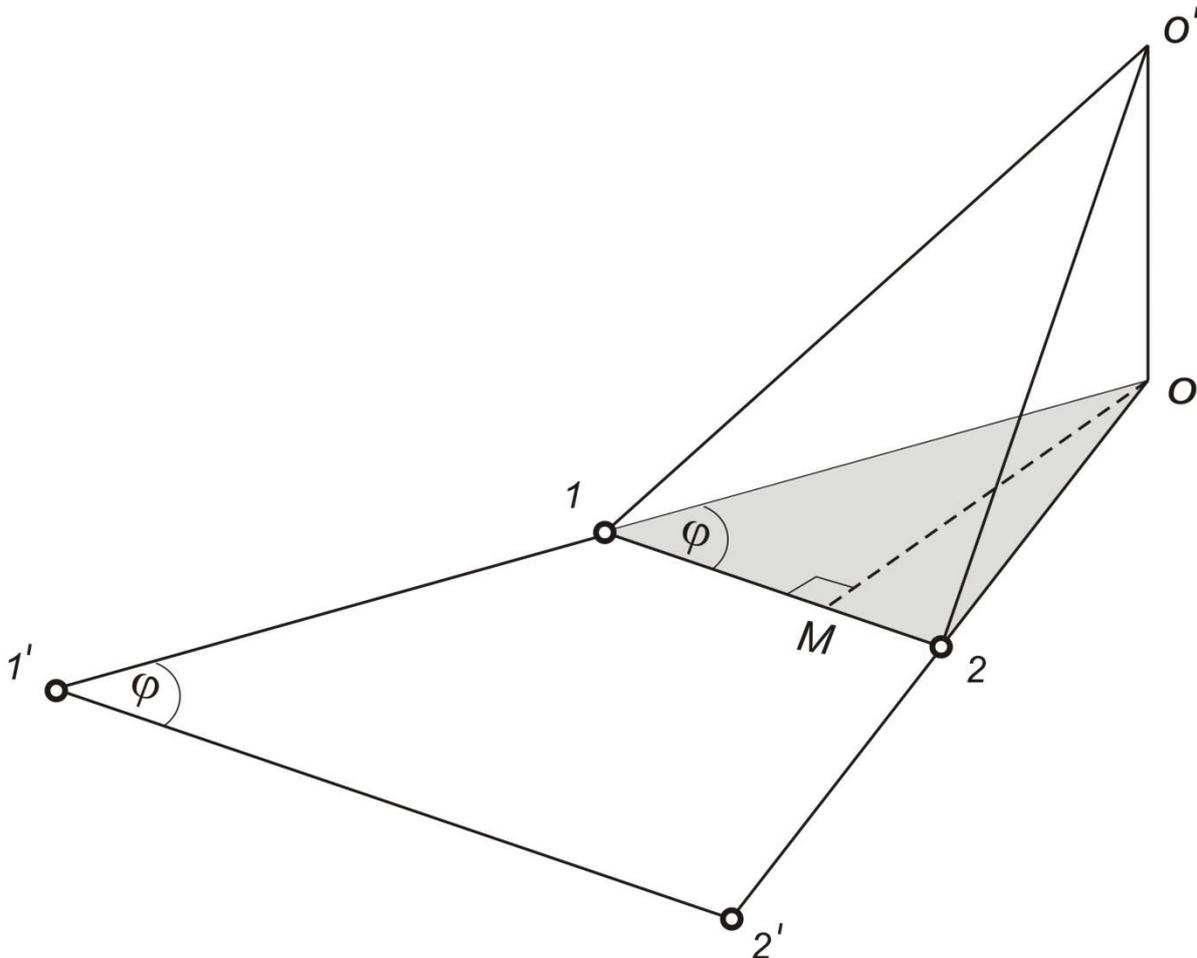


Рис. 3. Схема к определению площади основания условно выделенной пирамиды  $S_i$

Неизвестная длина  $|O-I|$  находится из подобия треугольников  $1O2$  и  $1'O2'$  как

$$|O-I| = \frac{|1'-1|}{\frac{|1'-2'|}{|1-2|}}. \quad (5)$$

Таким образом, используя результаты линейных и угловых измерений, полученных на двух замкнутых теодолитных ходах, проложенных вокруг террикона, с помощью формул (1) – (5) можно определить объём террикона любой конфигурации, не поднимаясь на его поверхность.

При необходимости можно установить вес породной массы, заключённой в терриконе, зная удельный вес породы, а сумма площадей оснований всех условно выделенных в терриконе пирамид является площадью участка земной

поверхности, занятого терриконом. По имеющимся угловым и линейным измерениям можно рассчитать длину и уклон боковой поверхности террикона с любой его стороны.

**Выводы.** Предлагаемый способ прост и для его реализации не требуется много времени, сложного оборудования, больших материальных затрат и человеческих ресурсов. Он безопасен, так как для его осуществления нет необходимости в перемещении по поверхности террикона. Способ применим для оценки параметров не только породных терриконов угледобывающих предприятий, но и любых других отвалов (соль, песок, глина, строительный камень, руда, металлургический шлак и т. п.). Точность результатов обеспечивается точностью используемых приборов (теодолит) и инструментов (рулетка) и требованиями, предъявляемыми к выполнению угловых и линейных измерений, согласно [4].

Предполагаемый способ относится к промышленному и гражданскому строительству и может быть использован при застройке территорий горнодобывающих районов с целью рационального использования участков земной поверхности действующих и ликвидированных горных предприятий, а именно: при возможной рекультивации терриконов или использования отвальной породы в строительной и хозяйственной деятельности, а также при оценке инвестиционной привлекательности участков земной поверхности, занятых терриконами.

#### Перечень ссылок

1. Зубов, А. Р., & Зубова, Л. Г. (2007). *Способ рекультивации терриконов*. Патент Украины на полезную модель. А01В 79/02. № 25148; заявл. 29.03.2007; опубл. 25.07.2007, № 1.
2. Смирный, М. Ф., Зубова, Л. Г., & Зубов, А. Р. (2004). *Способ утилизации отвальной породы терриконов*. Патент Украины на полезную модель. С04В 30/00; С04В 18/12; В03В 5/28. № 67207; заявл. 11.08.2003; опубл. 15.06.2004, № 6.
3. Харьковский, Б. Т., Зубова, Л. Г., Савченко, В. В. (2002). *Способ утилизации терриконов*. Патент Украины на полезную модель. В03В 5/28 Е21С 41/22. № 44988; заявл. 17.10.2000; опубл. 15.03.2002, № 3.
4. *Инструкция по производству маркшейдерских работ*. (1987). Минуглепром СССР, Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела: Москва. «Недра».

#### АНОТАЦІЯ

**Метою роботи** є створення способу визначення параметрів породного террикона на підставі маркшейдерсько-геодезичних вимірювань, що передбачає відсутність людини на схилах террикона.

**Методика дослідження.** Аналіз існуючих способів визначення параметрів террикона. Розроблення ефективного і одночасно мало витратного способу, що дозволяє за допомогою нескладних кутових та лінійних вимірювань, а також їх оброблення по тригонометричних формулах визначити параметри будь-якого террикона.

**Результати дослідження.** На підставі розробленого та запропонованого способу, який відрізняється тим, що навколо террикона прокладають два паралельних замкнених теодолітних ходи: один біля самої основи террикона і такий що повторює його контур, другий – на відстані, за якою забезпечується видимість з його пунктів на вершину террикона, на точках ходів викону-

ють кутові вимірювання, поміж точок ходів – лінійні вимірювання, з одержаних вимірів можливо розрахувати його параметри, а саме: площу території, що зайнята породним відвалом, довжину та уклін його бокової поверхні, висоту терикона, об'єм розташованої в ньому породи.

**Наукова новизна.** Обґрунтовано простий і доступний в реалізації спосіб, що дозволяє з достатньою точністю визначати параметри породного терикона після проведення маркшейдерсько-геодезичних вимірювань в межах його розміщення без знаходження людини на поверхні терикона.

**Практичне значення.** Розроблений спосіб стосується до промислового й цивільного будівництва і може бути використаний при забудуванні територій гірничодобувних районів з метою раціональної експлуатації ділянок земної поверхні, зайнятих териконами діючих та ліквідованих гірничих підприємств. Спосіб застосовний для будь-яких відсіпних відвалів як цивільного, так і промислового призначення.

**Ключові слова:** породний терикон, теодолітний хід, кутові і лінійні вимірювання, висота терикона, площа бокової поверхні, уклін, об'єм, площа займаної території.

### ABSTRACT

**The object of this paper** is to develop method for characterization of rock waste piles based on surveying and geodetic measurements, assuming the absence of people on the slopes of waste pile.

**Case study approach.** Analysis of the established methods for characterization of rock waste piles. Development of effective and equally cost-friendly method that allows employing simple angular and linear measurements and also their processing by formulas of trigonometry to characterize parameters of any waste pile.

**Research results.** Based on the developed and proposed method that differs in that around the waste pile two closed survey traverses are laid down: one traverse is laid down at the base of the waste pile following its outline and the other – at a distance that ensures visibility of the top of the waste pile from its points. Angle measurements are made on traverse points, and linear measurements are made between traverse points. Based on the obtained measurements we can calculate parameters of the waste pile that include area of the territory occupied by the waste pile, length and slope of its side surface, height of the waste pile, and volume of rocks stored in it.

**The scientific novelty.** A simple and easily implemented method is justified, which allows characterizing rock waste pile with sufficient accuracy based on conducting surveying and geodetic measurements within its location in the absence of people on the surface of the waste pile.

**Practical importance.** The developed method deals with industrial and civil engineering and can be used for development of the territories of mining areas for the purpose of efficient use of land surface areas occupied by the operating and abandoned mines. The method is applicable to any dump pile for both of civil and industrial purposes.

**Key words:** rock waste pile, survey traverse, angular and linear measurements, height of the waste pile, area of the side surface, slope, volume, area of the occupied territory.