

УДК 622.271:658.567

Кустов В.В., магистр
(Государственное ВУЗ «НГУ»)

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ШАХТНЫХ ПОРОД НА ХАРАКТЕРИСТИКУ ОТКОСА И СТРУКТУРУ ТЕРРИКОНА

Кустов В.В., магістр
(Державний ВНЗ «НГУ»)

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШАХТНИХ ПОРОД НА ХАРАКТЕРИСТИКУ УКОСІВ І СТРУКТУРУ ТЕРИКОНІВ

Kustov V.V., M. S. (Tech.)
(State H E I «NMU»)

INFLUENCE OF PROPERTIES MINE ROCK ESCARPMENT ON THE CHARACTERISTICS AND STRUCTURE OF WASTE HEAPS

Аннотация. Отвалы шахтных пород когут рассматриваться как техногенные месторождения по содержанию в них отдельных ценных компонентов. В свяи с этим актуальным является знание свойств заскладированных в отвалы пород и их влияние на протекание природных процессов, в частности сегрегации.

Исследована связь между технологией проведения горных выработок, гранулометрическим составом шахтных пород, технологией формирования террикона и структурой насыпного массива. Предложена схема по определению распределения сыпучего материала по крупности и плотности отдельных кусков в насыпи. Рассмотрены проблемы разработки терриконов как техногенных месторождений. Указано на влияние разделительных процессов на угол естественного откоса.

Ключевые слова: гранулометрический состав, сегрегация, техногенные образования, распределение сыпучего материала по крупности, структура массива.

Эффективность современного горного производства существенно зависит от решения проблем природоохранного характера, и в первую очередь, комплексного освоения природных ресурсов с максимальным извлечением полезного компонента из недр и, как результат, сохранения земельных ресурсов района разработки.

Существенным резервом повышения эффективности разработки угольных месторождений служит изучение возможностей использования отходов производства в качестве техногенных месторождений [1].

При подземной разработке угольных месторождений Донбасса на поверхность выдается более 70 млн. т горной породы ежегодно. В терриконах, занимающих площадь 8,5 тыс. га земли, заскладировано около 2 млрд. м³ шахтных пород. Эти земли можно было использовать как в сельском хозяйстве, так и для гражданского и промышленного строительства [2].

Большинство подобных действующих породных отвалов являются источником пыли, эксплуатируются в горячем состоянии, выделяя при этом углекислые и

сернистые газы. Терриконы как техногенные образования опасны в плане развития оползневых процессов.

Рассмотрим процесс формирования террикона во времени, используя закономерность распределения кусков горных пород по фракциям [3]. Произведем оценку мощности и формы слоев пород различной кусковатости в массиве террикона и форму его откоса в зависимости от гранулометрического состава исходного материала.

В процессе формирования терриконов, которое происходило в течение десятилетий, изменялась технология проведения горных выработок: молотковая, буровзрывная, комбайновая. В результате чего изменялись не только максимальная крупность кусков горной породы и гранулометрический состав исходного материала, но и распределение в терриконе по величине среднего размера куска. Если при буровзрывном способе с использованием погрузочных машин, максимальный размер куска составлял 350 – 400 мм; при комбайновом способе – 200-300 мм. В горной массе, разгружаемой в терриконы, частицы угля представлены в основном классом 0-100 мм.

Определим структуру террикона как техногенного образования в виде насыпного конуса для шахтных пород с гранулометрическим составом характерным для буровзрывного способа проведения горных выработок. Выделим следующие классы крупности – 0-50 мм, 50-100 мм, 100-200 мм и более 200 мм.

Террикон разделим на четыре слоя по крупности пород. Верхняя часть террикона (первый слой) сформирована классом пород 0-50 мм; второй слой – классом пород 50-100 мм; третий – 100-200 мм; четвертый слой представлен классом пород более 200 мм.

Как было установлено в работе [3] сегрегация пород происходит по крупности и по высоте террикона с такой же закономерностью, как и при распределении кусков по крупности в отсыпном объеме (рис. 1) при условии, что отсыпные породы близки по плотности (аргиллиты, алевролиты, песчаники). Исключения составляют пирит, уголь и другие минералы, которые существенно отличаются по плотности или являются специфическими для данного месторождения. Поскольку плотность угля в два раза меньше плотности всех наиболее распространенных пород, то он при размере 0-100 мм сосредотачивается в классе пород 0-50 мм или на границе между первым слоем (0-50 мм) и вторым слоем, который определяется крупностью 50-100 мм.

На основании ситового анализа для шахтных горных пород [4] определяем средний размер куска исходного материала - d_{cp} согласно выражению (1)

$$d_{cp} = \frac{\sum w_i}{\sum d_{spi}} \quad (1)$$

где w_i – весовой выход i -ой фракции ($i=1 \div 4$); d_{cpi} – средний диаметр зерен i -ой фракции, мм.

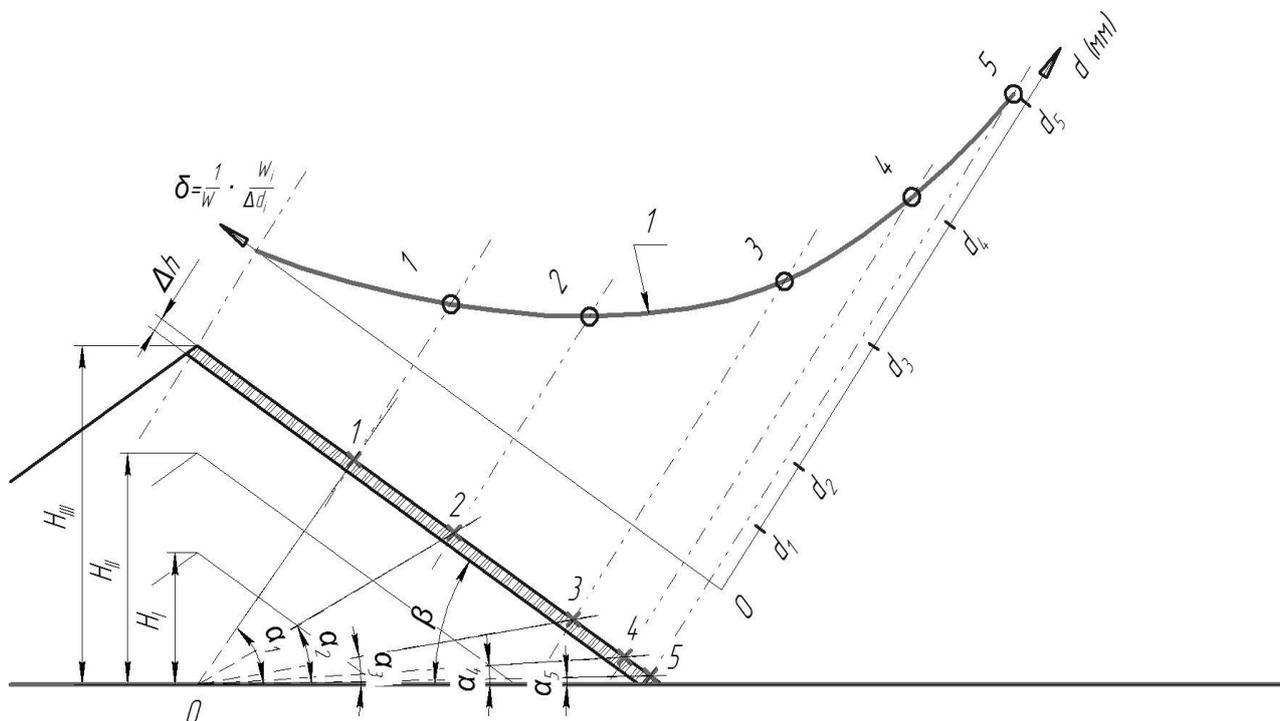


Рисунок 1 - Схема к определению распределения сыпучего скального материала по крупности в тонком слое Δh откоса насыпного образования (террикона) на основе кривой – 1 распределения частностей весовых выходов $\delta = f(d)$: H_1, H_2, H_3 – этапы образования насыпи; β – угол откоса; $\alpha_1 \dots \alpha_5$ – углы определяющие границы (пределы) для соответствующей крупности

На основании результатов, полученных в работах [5-8] положение каждого i -го слоя через значение (2) параметра $H_i = f(d_{cpi})$, который фактически является положением нижней границы слоя относительно основания террикона, определяется по выражению

$$H_i = H - H \left[\frac{d_{cpi}}{d_{cp} - d_{cpi} \times e^{\left(\frac{r^2}{H^2 \operatorname{ctg}^2 \alpha} \right)}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

где H – высота террикона, м; H_i – положением нижней границы i -го слоя относительно основания террикона, м; r – удаленность границы слоя от вертикальной оси конуса террикона, м; α – угол естественного откоса i -го слоя.

Поверхность постоянного значения размера куска d_{cpi} имеет экспоненциальный прогиб, величина которого в первом приближении соответствует поверхности перевернутого конуса. Таким образом, мощность i -го слоя определяется значениями H_{i-1} и H_{i+1} по поверхности откоса (рис. 2).

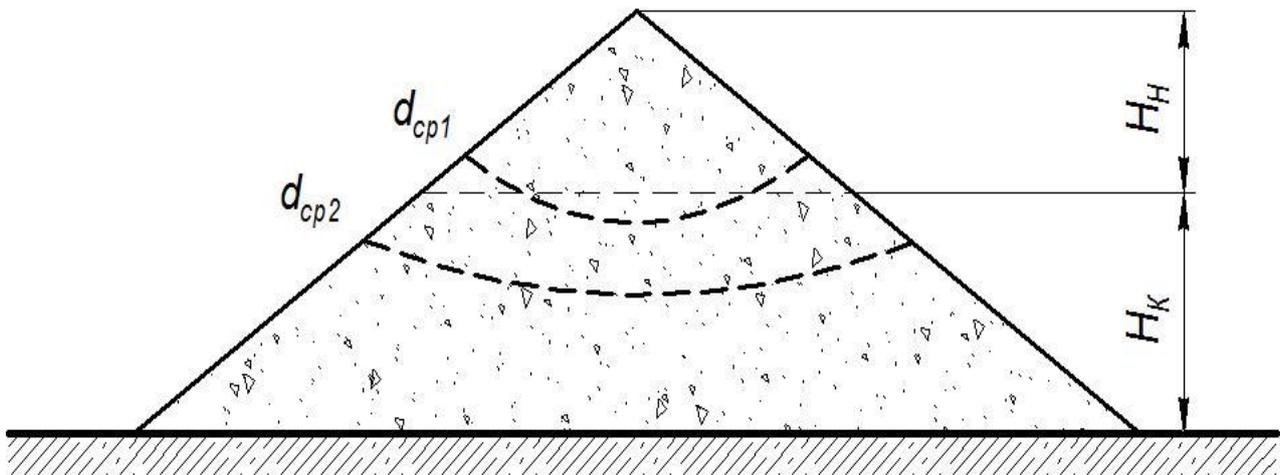


Рисунок 2 - Форма ограничивающих поверхностей для i -го слоя по параметру d_{cpi} (обозначено пунктирными линиями)

Приведенная формула в работе [9] по определению объема террикона и объема соответствующих слоев не подходит. Объем пород в слое определяется как результат вычитания объемов соответствующих d_{cpi} конусов.

Объем верхнего первого слоя для крупности 0-50 мм при мощности слоя H_1

$$V_1 = \frac{\pi \cdot H \cdot H_1^2 \cot^2 \beta}{3}, \text{ м}^3 \quad (3)$$

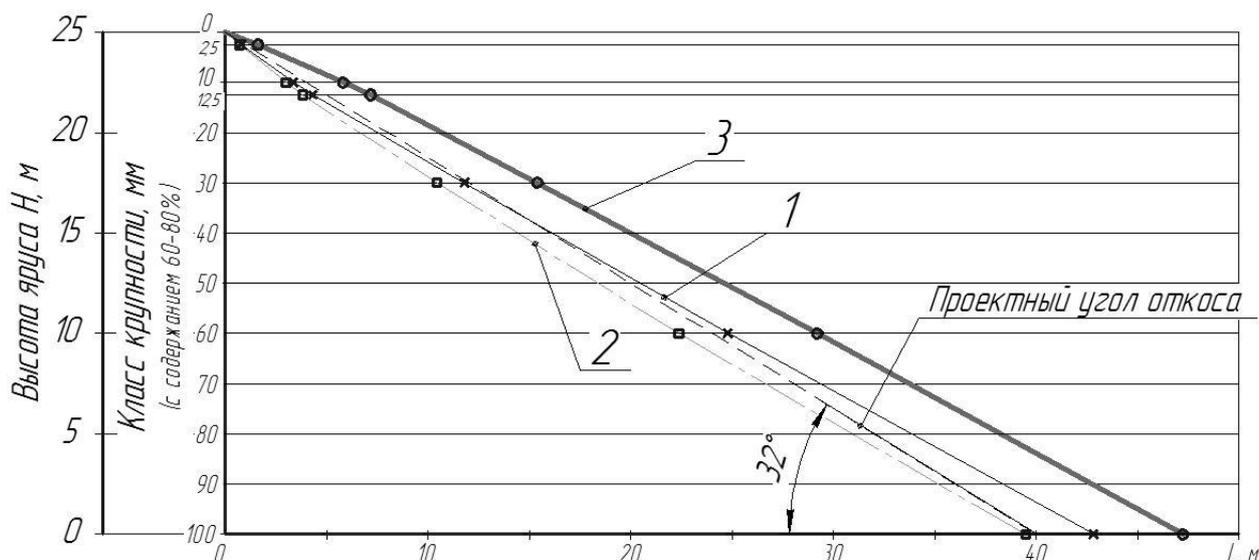
На основании данных о распределении горных пород в терриконе по крупности и влажности [10] объем первого верхнего слоя составит не менее 15% (в зависимости от размеров среднего куска d_{cpi}), второго – 25-27%, третьего – 26-30%, четвертого – 31-35% от общего объема террикона.

Поверхность откоса террикона имеет определенную кривизну, которая определяется как распределением масс по крупности в результате сегрегации, так и влажностью слагающих пород [6]. Зависимость угла естественного откоса от крупности и влажности горной массы представлена на рис. 3.

Угол естественного откоса повышается, главным образом, в мелких фракциях горных пород с повышением влажности, но при достижении весовой предельной влажности резко снижается. Это может привести к возникновению оползневых процессов в результате смыва мелких фракций и накопления их в средней части откоса террикона.

Выводы.

В силу непрерывного и длительного процесса формирования террикона вопрос о рассмотрении данного техногенного образования в качестве техногенного месторождения может быть решен только по окончании процесса отсыпки с учетом товарной ценности структурных элементов массива.



Форма откоса для порід:
1 – естественной влажности; 2 – влажных; 3 – мокрых

Рисунок 3 - Форма откосов в зависимости от грансостава и влажности образующих слоев

Область с крупностью кусков горной породы 0 – 50 мм в теле террикона представлена в форме обелиска (в первом приближении это комбинация двух конусов). Поверхности, разделяющие слои с различной крупностью (плотностью) слагающих пород, имеют форму воронки (боковой поверхности опрокинутого конуса). Следовательно, при выборе последующей технологии разработки террикона как техногенного месторождения с подобной структурой следует обратить внимание на необходимость послойного извлечения в направлении - сверху вниз.

Особый интерес представляет промежуточный слой между слоями 1 и 2, поскольку здесь наблюдается максимальное содержание угля фракции 0 – 100 мм. Мощность слоя, его ценность определяется не только содержанием угля, но и возможной технологией последующего обогащения.

Установленная зависимость угла откоса террикона от условий его формирования, грансостава и влажности образующих пород требует корректировки в расчетах прочностных характеристик откоса, объема заскладированных пород, а так же разработки дополнительных мероприятий, которые бы исключали возникновение оползневых деформаций при миграции пород мелких фракций по откосу террикона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Научные основы рационального природопользования при открытой разработке месторождений: моногр. / Г.Г. Пивняк, И.Л. Гуменик, К. Дребенштедт, А.И. Панасенко. – Д.: Национальный горный университет, 2011. – 568 с.
2. Бент, О.И. Экологические особенности шахтных терриконов Донбасса / О.И. Бент, Н.И. Беседа // Уголь Украины. – 1998. - №36. - С. 47-48.

3. Кустов, В.В. О математическом моделировании процесса сегрегации горной массы при формировании конусообразного объекта / В.В. Кустов, Г.Д. Пчелкин // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2009. - №1. – С. 96-101.
4. Сухаревский, В.М. Деформация породных отвалов / В.М.Сухаревский, А.П.Стельмах, И.С.Фридман. – Киев: Техника, - 1970. - 180с.
5. Кустов, В.В. Использование сегрегации при разработке техногенных месторождений с целью повышения качества продукции / В.В. Кустов, Г.Д. Пчелкин // *Материалы международной конференции «Форум горняков – 2009»*. – Д.: НГУ, 2009.- с.171 – 175.
6. Пчелкин, Г.Д. Экспериментальные исследования влияния свойств рыхлых пород на характеристику откоса насыпного техногенного формирования / Г.Д.Пчелкин, В.В.Кустов, А.В. Кустов // *Материалы международной научно-технической конференции*. – Кривой Рог: КНУ. – Вып. 31, 2012. – С.98 – 101.
7. Пчелкин, Г.Д. Влияние технологических процессов и свойств рыхлых пород на особенности структуры и характеристику откоса насыпного техногенного формирования / Г.Д.Пчелкин, В.В. Кустов, А.В. Кустов // *Материалы международной конференции «Форум горняков – 2012»*, том 3. – Д.: НГУ, 2012. – С. 89 – 95.
8. Кустов, В.В. Управление гранулометрической характеристикой металлургических флюсов на складах товарной продукции ЧАО «Докучаевский флюсо-доломитный комбинат» / В.В. Кустов // *Геотехническая механика: межвед. сб. научн. трудов / ИГТМ НАН Украины*. – Днепропетровск, 2014. – Вып. 118. – С. 125 – 132.
9. Леонов, П.А. Породные отвалы угольных шахт / П.А. Леонов, Б.А. Сухачев. - М.: Недра, 1970. - 159с.
10. Иванчишина, Л.П. О распределении пород по крупности в шахтных терриконах / Л.П. Иванчишина, Е.А. Ворон // *Геотехническая механика: межвед. сб. научн. трудов / ИГТМ НАН Украины*. – Днепропетровск, 2003. – Вып. 47. - С.243-247.

REFERENCES

1. Pivnyak, G.G., Gumenik, I.L., Drebenshtedt, K and Panasenکو, A.I. (2011), *Nauchnye osnovy ratsionalnogo prirodopolzovaniya pri otkrytoi razrabotke mestorozhdenii* [Scientific basis of environmental management at the open mining], National Mining University, Dnepropetrovsk, Ukraine.
2. Bent, O.I. and Beseda, N.I. (1998), “Ecological features of mine waste heaps of Donbass”, *Coal of Ukraine*, no. 36, pp. 47-48.
3. Kustov, V.V. and Pchelkin, G.D. (2009), “Mathematical modeling of the process of segregation of the rock mass in the formation of a cone-shaped object”, *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost* [Metallurgical and Mining Industry], no. 1, pp. 96-101.
4. Sukharevsky, V.M., Stelmakh A.P., and Fridman, I.S. (1970), *Deformatsii porodnykh otvalov* [Deformation of waste dumps], Technika, Kiev, Ukraine.
5. Kustov, V.V. and Pchelkin, G.D. (2009), “The use of segregation in the development of man-made deposits in order to improve product quality”, *Proc. The International scientific conference “Forum of Mining Engineers-2009”*, National Mining University, Dnepropetrovsk, pp. 98-101.
6. Pchelkin, G.D., Kustov, V.V. and Kustov, A.V. (2012), “Experimental studies of the effect of the properties of the loose rocks on the slope characteristic of the bulk of man-made form”, *Materialy mezhdunarodnoy naukovo-tekhnichnoy konferentsii* [Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, “Stalyi rozvytok girnycho-rudnoy promyslovosti” [Sustainable development ore mining industry], Kriviy Rig, Ukraine, 13-16 may 2012, pp. 98-101.
7. Pchelkin, G.D., Kustov, V.V. and Kustov, A.V. (2012), “Influence of technological processes and properties of loose rocks on the features of the structure and characteristics of the slope of the bulk of man-made form”, *Proc. The International scientific conference “Forum of Mining Engineers-2012”*, National Mining University, Dnepropetrovsk, pp. 89-95.
8. Kustov, V.V. (2014), “Control of steel flux granulometric characteristics in the finished-product warehouses of the PJSC "Dokuchaievsk flux-dolomite works", *Geo-Technical Mechanics*, vol. 118, pp. 125-132.
9. Leonov, P.A. and Sukharev, B.A. (1970), *Porodnye otvaly ugolnykh shakht* [Waste dumps of coal mines], Nedra. Moscow, USSR.
10. Ivanchishina, L.P. and Voron, Ye.A. (2003), “The distribution of species by size in the mine waste heaps”, *Geo-Technical Mechanics*, vol.47, pp. 243-247.

Об авторе

Кустов Владимир Васильевич, магистр, доцент кафедры Открытые горные работы Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет (ГБУЗ «НГУ»», Днепропетровск, Украина, kustovvv@mail.ru.

About the author

Kustov Vladimir Vasilyevich, Master of Science, Associate Professor of Open-pit mining, State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnipropetrovsk, Ukraine, kustovvv@mail.ru.

Анотація. Відвали шахтних порід можуть розглядатися як техногенні родовища за змістом в них окремих цінних компонентів. У зв'язку з цим актуальним є знання властивостей заскладовано в відвали порід і їх вплив на перебіг природних процесів, зокрема сегрегації.

Досліджено зв'язок між технологією проведення гірничих виробок, гранулометричним складом шахтних порід, технологією формування терикону і структурою насипного масиву. Запропоновано схему по визначенню розподілу сипучого матеріалу по крупності і щільності окремих шматків в насипу. Розглянуто проблеми розробки териконів як техногенних родовищ. Зазначено на вплив розділових процесів на кут природного укосу.

Ключові слова: гранулометричний склад, сегрегація, техногенні утворення, розподіл сипучого матеріалу за крупністю, структура масиву.

Abstract. Mine rock dumps are considered as man-made deposits in their content of certain valuable components. The saint with this actual knowledge of the properties is impounded in piles of rocks and their influence on the course of natural processes owls, in particular segregation.

Interdependence between the technology of mining, particle size distribution of the mine rock waste heap formation technology and the structure of the bulk solid was studied. A scheme to determine the distribution of particulate material by size and density of individual pieces of the mound. The problems of the development of waste heaps as the waste deposits. Indicated on the impact of separation processes on the angle of repose.

Key words: granulometric composition, segregation, technogeneous formations, loose material distribution by size, massif structure.

Статья поступила в редакцию 21.10.2015

Рекомендовано к печати д-ром технических наук Четвериком М.С.