



Кустов В. В., Пчелкин Г. Д. /к. т. н./  
Национальный горный университет

## Влияние особенностей технологического комплекса оборудования на свойства техногенных образований

*Исследовано влияние технологии и параметров отвалообразования на структуру техногенных образований. Даны рекомендации по применению полученных результатов для создания техногенных образований с заданной структурой, на основе управления процессом сегрегации сыпучих пород. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.*

**Ключевые слова:** технологическая схема, формирование отвалов, формирование складов, техногенные образования, сегрегация

*The influence of technology and parameters of waste disposal on structure of man-made mineral formations is analyzed. Some guidelines for appliance of the results obtained for creation of man-made mineral formations with set structure on the base of controlling of segregation process of running measures are given.*

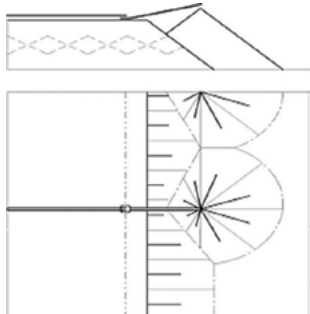
**Keywords:** process scheme, waste disposal, warehouse formation, man-made mineral formations, segregation

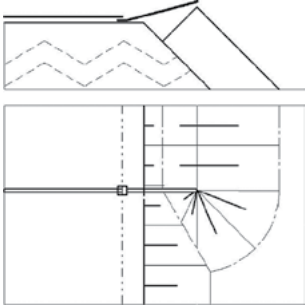
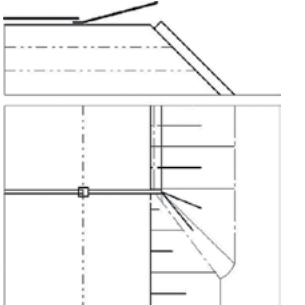
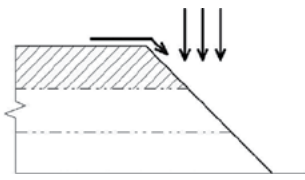
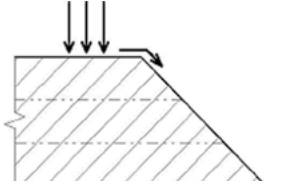
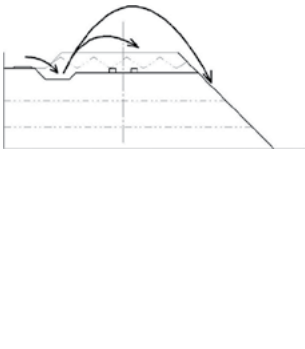
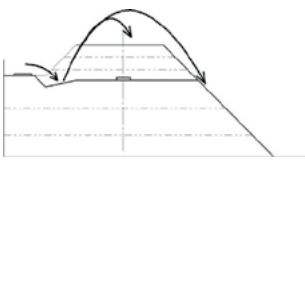
Правильный выбор способа формирования техногенного образования при открытой разработке имеет существенное значение для организации эффективной работы горнодобывающего предприятия. Особенную актуальность этот вопрос приобретает при комплексной разработке месторождений.

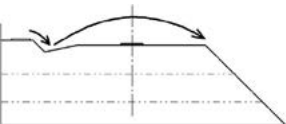
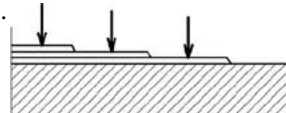
Структура техногенного образования в значительной степени определяется технологией укладки горных пород в тело самого образования, параметрами его элементов, типоразмером оборудования технологического комплекса и схемой его работы.

подавляющее большинство техногенных образований (постоянных и временных отвалов, складов готовой продукции, хранилищ отходов продуктов обогащения и т. п.) имеют слоистую форму. Следовательно, необходимо установить характерные особенности и параметры отдельных слоев,

**Таблица. Методика выбора технологического комплекса оборудования для обеспечения заданной степени сегрегации сыпучих пород в техногенном образовании**

Оборудование	Схема работы	Последовательность операций	Результат
1	2	3	4
Отвалообразователи, поворотные-звеньевые конвейера	1. 	1. Формирование насыпи в форме конуса до проектной высоты при максимальном вылете отвальной консоли относительно верхней бровки яруса отвала. 2. Поворот (перемещение) отвальной консоли на угол, обеспечивающий формирование следующего конуса в течение времени, кратного продолжительности рабочей смены. 3. Планирование гребней отвала. 4. Подвигание фронта отвальных работ, повторение операций.	Высота откоса обеспечивает высокую степень сегрегации, изоповерхности по грансоставу имеют сложную форму.

Оборудование	Схема работы	Последовательность операций	Результат
1	2	3	4
Отвалообразователи, поворотно-звеньевые конвейера	<p>2.</p> 	<p>1. Формирование насыпи в форме конуса до проектной высоты при максимальном вылете отвальной консоли относительно верхней бровки яруса отвала.                  2. Непрерывный поворот отвальной консоли или перемещение на угол 1–2°, обеспечивающий формирование гребня проектной высоты.                  3. Планирование гребней отвала.                  4. Подвигание фронта отвальных работ, повторение операций.</p>	<p>Высота откоса обеспечивает высокую степень сегрегации, изоповерхности по грансоставу имеют волнообразную форму.</p>
	<p>3.</p> 	<p>1. Отсыпка производится до проектной высоты при вылете отвальной консоли относительно верхней бровки яруса отвала 1–2 м.                  2. Непрерывный поворот отвальной консоли или перемещение на угол 1–2° при достижении гребнем проектной высоты.                  3. Повторение операций.</p>	<p>Высота откоса обеспечивает высокую степень сегрегации, грансостав распределен послойно.</p>
Автомобильный транспорт с бульдозером	<p>4.</p> 	<p>1. Периферийная разгрузка автосамосвалов (под откос).                  2. Планировочные работы (основной объём пород бульдозером сталкивается под откос), формирование предохранительного вала.</p>	<p>Необходима достаточная высота отвала. Сегрегация достаточно выражена.</p>
	<p>5.</p> 	<p>1. Разгрузка автосамосвалов на поверхности отвального тупика (площадная разгрузка).                  2. Планировочные работы (основной объём пород бульдозером планируется, часть сталкивается под откос), формирование предохранительного вала.</p>	<p>Сегрегация не выражена, кроме той горной массы, которая сталкивается под откос на завершающем этапе работ.</p>
Прямая механическая лопата	<p>6.</p> 	<p>1. Разгрузка горной массы из средств транспорта производится на приемную площадку.                  2. Горная масса перелопачивается экскаватором в нижний и в верхний подступы заходки на ширину блока Ш<sub>от</sub>.</p>	<p>Высота нижнего подступа обеспечивает высокую степень сегрегации, а верхнего – в меньшей степени. Отвал имеет две области послойного распределения.</p>
Драглайн	<p>7.</p> 	<p>1. Разгрузка горной массы из средств транспорта на приемную площадку.                  2. Горная масса перелопачивается драглайном в нижний и в верхний подступы заходки на ширину отвального блока Ш<sub>от</sub>.</p>	<p>Высота нижнего и верхнего подступов обеспечивает высокую степень сегрегации. Отвал имеет две области послойного распределения.</p>

Оборудование	Схема работы	Последовательность операций	Результат
1	2	3	4
Драглайн	8. 	1. Разгрузка горной массы из средств транспорта на приемную площадку. 2. Горная масса перелопачивается драглайном с нижней отсыпкой и на ширину отвального блока $\text{Ш}_{\text{от}}$ .	Высота яруса обеспечивает высокую степень сегрегации.
Одноковшовый погрузчик	9. 	1. Перемещение горной массы на отвальный тупик. 2. Разгрузка на бровку с последующим сталкиванием горной массы под откос.	При достаточной высоте отвала сегрегация достаточно выражена. Отвал имеет одну область полойного распределения.
	10. 	1. Перемещение горной массы на отвальный тупик. 2. Разгрузка горной массы под откос.	То же, с более качественным результатом.
Скрепер	11. 	1. Доставка горной массы на отвальную площадку. 2. Послойная укладка горной массы в отвал.	Сегрегация не выражена.

которая обеспечивает заданную степень сегрегации сыпучих пород, высокую производительность оборудования, минимизацию экологических издержек при соблюдении требований по безопасному ведению горных работ.

Схема 1: формирование происходит по фронту насыпи путем пошагового поворота поворотного звенья отвалообразователя с максимальным вылетом отвального звена на угол, который обеспечивал бы формирование нового конуса проектной высоты ( $H_k = 63,5$  м) в течение времени кратного продолжительности рабочей смены (суток).

Схема 2: формирование происходит по фронту насыпи путем непрерывного движения по направляющим поворотного звенья отвалообразователя с максимальным вылетом отвального звена либо путем последовательных поворотов на угол  $\alpha = 1-2^\circ$ .

Схема 3: формирование происходит по фронту насыпи путем непрерывного движения по направляющим (либо пошаговым поворотом на угол  $\alpha = 1-2^\circ$ ) поворотного звенья отвалообразователя с минимальным вылетом отвального звена  $l_{\text{зс}} = 1-2$  м (разгрузочного устройства).

Схема 4: формирование происходит по фронту с наращиванием по высоте в основном за счет периферийной разгрузки автосамосвалов с последующим сталкиванием горной массы бульдозером под откос.

Схема 5: формирование происходит по фронту с наращиванием по высоте в основном за счет площадной разгрузки автосамосвалов с последующим планированием и частичным сталкиванием горной массы бульдозером под откос.

Схема 6: формирование производится экскаватором типа прямая механическая лопата с верхней и нижней отсыпкой пород соответственно на верхний и нижний подступы одновременно.

Схемы: 7, 8: формирование производится экскаватором типа драглайн с верхней и нижней отсыпкой пород соответственно на верхний и нижний подступы одновременно или только с нижней отсыпкой соответственно.

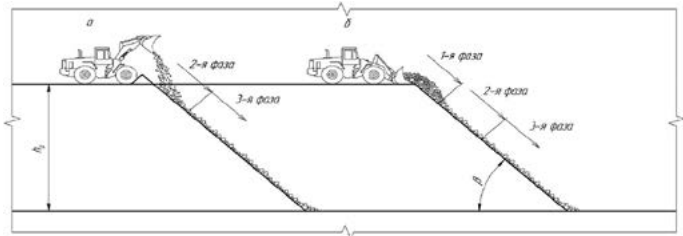
Схемы 9, 10: формирование насыпи с использованием одноковшового фронтального колесного погрузчика, который ведет укладку горной массы по типу бульдозерного сталкивания под откос или по типу выгрузки породы из транспортного сосуда автосамосвала соответственно.

Схема 11: формирование техногенных месторождений с использованием самоходных колесных скреперов.

Процесс сегрегации при движении горной массы по откосу в условиях отвалообразования можно [1-3] разделить на три фазы: 1) фазу движения горной массы в виде консолидированного образования; 2) переходную фазу; 3) фазу «свободного» движения отдельностей.

Как показало моделирование различных процессов отвалообразования и вариантов разгрузки горной массы на специальном стенде в лабораторных условиях [1], наиболее эффективен в плане качественного разделения сыпучего материала на фракции способ, при котором горная масса разгружается на бровку небольшими порциями в дезинтегрированном состоянии. Это характерно для

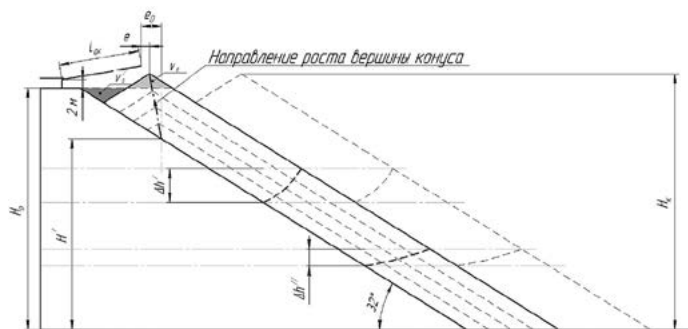
конвейерной и экскаваторной отсыпки, или для случая периферийного отвалообразования с использованием одноковшовых погрузчиков (рис. 1) или автосамосвалов грузоподъемностью до 40 т. В последнем случае горная масса (до 70 % объема) при падении на бровку достаточно разрыхляется и начинает сползание по откосу уже в состоянии переходной фазы - 2.



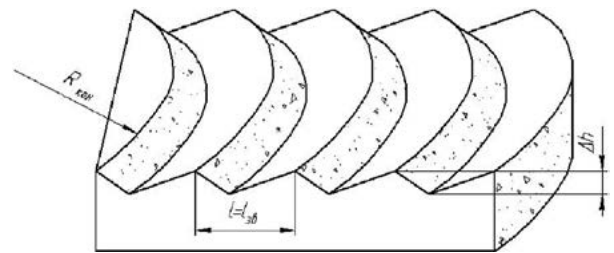
**Рис. 1. Особенности формирования техногенного образования с применением одноковшовых колесных погрузчиков:** а – разгрузка ковша по автомобильному образцу (схема 10); б – сталкивание (схема 9)

Отсыпка рыхлых пород с конвейера на откос (схемы 1, 2 и 3) позволяет уже при падении максимально раскрыться исходному материалу на отдельности и при попадании на наклонную плоскость откоса, последующее движение частиц происходит в третьей фазе. В этом случае практически отсутствует эффект втирания крупных кусков под действием налегающего объема породы, что позволяет более полно разделиться исходному материалу по фракциям. Структура массива образования будет определяться схемой работы технологического комплекса.

По схемам 1 и 2 заполнение тела насыпи по фронту происходит путем пошагового или постоянного перемещения поворотного отвалообразователя с максимальным вылетом отвальной консоли по направляющим. В этом случае разгрузка, а значит и сегрегационное разделение отходов, происходит в одинаковых условиях по всему фронту отвала (рис. 2), а структурные слои с характерной крупностью горной массы будут иметь гребенчатую форму (рис. 3).

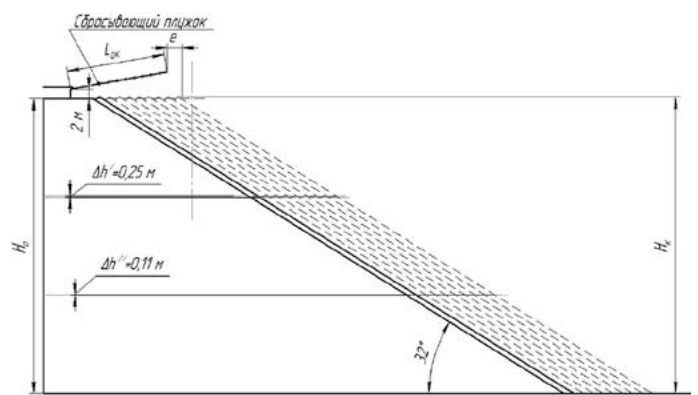


**Рис. 2. Формирование массива с выделением границ (изоповерхностей) для слоев с различным гранулометрическим составом (схемы 1 и 2)**



**Рис. 3. Гребенчатая форма поверхности, разделяющая характерные слои техногенного образования**

При заполнении тела техногенного образования по фронту при непрерывном повороте поворотного звеньевых отвалообразователя с минимальным вылетом отвального звена  $l_{зб} = 1-2$  м (рис. 4), форма и параметры поверхности, на которую производится отсыпка дробленого материала, остается постоянной на весь период заполнения тела отвала. Это значительно сглаживает условные поверхности, которые разделяют массив на слои с заданными характеристиками крупности. Эти поверхности с достаточной степенью точности имеют вид горизонтальных плоскостей, что позволяет эффективно применять высокопроизводительное выемочно-погрузочное оборудование при разработке подобных техногенных месторождений в будущих периодах.



**Рис. 4. Формирование массива с отсыпкой горной массы по схеме 3**

Разгрузка автомобильного транспорта у верхней бровки насыпи (схема 4) с последующим сталкиванием оставшейся части горной массы бульдозером под откос представляет интерес с точки зрения эффективности разделительного процесса. Как показали исследования процессов отвалообразования и складирования готовой продукции на флюсовых предприятиях Украины [2], эффективное разделение по крупности для большинства сыпучих пород происходит на откосах при высоте яруса не менее 10-15 м. Степень сегрегации зависит от гранулометрического состава, влажности сыпучих пород и схемы разгрузки автомобильного транспорта.

При площадной разгрузке автосамосвалов (схе-

ма 5) значительные объемы породы не участвуют в процессе движения по наклонной поверхности откоса. Незначительная часть пород, которая сталкивается бульдозером с верхней бровки отвала, начинает движение по откосу с минимальной скоростью, что приводит к эффекту «втирания» достаточно крупных кусков в верхнюю часть яруса. В случае реализации схемы 5, равно как и схемы 11, возможно говорить только о раздельной укладке горной массы по известным способам селективного складирования [4] без учета эффективного проявления гравитационной сегрегации.

При формировании техногенных месторождений с использованием одноковшовых экскаваторов (схемы 6-8) процесс сегрегации для горной массы, выгружаемой из ковша на откос яруса отвала, состоит из последних двух фаз, а именно, из переходной фазы (сосредоточенно-рассредоточенная) и рассредоточенной фазы, или же только из последней рассредоточенной фазы разделительного процесса.

Квалификация машиниста играет большую роль в сегрегационном разделении горной массы при экскаваторном способе формирования техногенного образования. Последовательность отсыпки, равные условия для каждой выгрузки, а также максимальная дезинтеграция выгружаемой из ковша на откос породы – условия, которые повышают эффективность разделительного процесса.

Формирование техногенных образований с использованием одноковшовых погрузчиков (схемы 9, 10) представляется перспективным с точки зрения мобильности оборудования и оперативного влияния его возможностей на эффективность разделительного процесса (см. рис. 1).

### Выводы

1. Эффективность сегрегационного разделения сыпучих горных пород возрастает:

- в нижней части откоса в случае столкновения бульдозером всего объема привозимой горной массы;

- при разгрузке с конвейера с минимальным вылетом отвальной консоли относительно верхней бровки техногенного образования;

- при бульдозерном отвалообразовании с периферийной разгрузкой транспортных средств, в том числе и погрузчиков.

2. Формирование техногенного образования тонкими слоями путем площадной разгрузки автосамосвалов или скреперов не приводит к разделению сыпучих горных пород по крупности.

### Рекомендации

1. Формирование техногенных образований из сыпучих горных пород, которые в результате сегрегации могут изменять свои качественные характеристики или свойства массива в целом, следует осуществлять с применением технологий, которые создают условия для эффективной сегрегации, а следовательно, позволяют управлять качественными и структурными характеристиками образования.

2. Формирование техногенных образований, для которых перераспределение исходного материала по крупности нежелательно (ухудшение прочностных, фильтрационных и других свойств массива), желательно производить послойно с минимальным проявлением сегрегации.

### Библиографический список

1. Кустов В. В., Пчелкин Г. Д. О проблеме выбора технологий формирования и последующей разработки техногенного месторождения с учетом сегрегации горных пород / Материалы междунар. конф. «Форум горняков. – 2011». – Днепропетровск: НГУ, 2011. – С. 99-104.

2. Пчелкин Г. Д., Кустов В. В., Кустов А. В. Влияние технологических процессов и свойств рыхлых пород на особенности структуры и характеристику откоса насыпного техногенного формирования / Материалы междунар. конф. «Форум горняков – 2012», том 3. – Днепропетровск: НГУ, 2012. – С. 89-95.

3. Пчелкин Г. Д., Кустов В. В., Кустов А. В. Экспериментальные исследования влияния свойств рыхлых пород на характеристику откоса насыпного техногенного формирования / Пчелкин Г. Д., Кустов В. В., Кустов А. В. // Материалы междунар. научно-техн. конф. – Кривой Рог: КНУ. – 2012. – Вып. 31. – С. 98-101.

4. Научные основы рационального природопользования при открытой разработке месторождений: моногр. / Г. Г. Пивняк, И. Л. Гуменик, К. Дребенштедт, А. И. Панасенко. – Днепропетровск: НГУ, 2011. – 568 с.

*Поступила 24.01.2014*

**В РЕДАКЦИИ ЖУРНАЛА МОЖНО ЗАКАЗАТЬ  
ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ ЖУРНАЛА  
стоимость электронного варианта – 288 грн.,  
стоимость печатного варианта – 430 грн.**

**контактный телефон, факс: 0562-46-12-95**