

ЭКОНОМИКА ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ, ГЕОЭКОЛОГИЯ

Комплексный подход к формированию породных отвалов в угледобывающих регионах



borshevskiy@mail.ru
С.В. Борщевский,
профессор ДонНТУ,
г. Донецк, Украина



prokopenkoln@mail.ru
Е.В. Прокопенко,
старший преподаватель
ДонНТУ, г. Донецк, Украина



svmas@mail.ru
С.В. Масло,
ассистентка ДонНТУ,
г. Донецк, Украина

Высокие темпы развития промышленного производства в XX веке сопровождались интенсивной добычей полезных ископаемых из земных недр, что привело к накоплению огромных объемов горной массы в отвалах.

Современное складирование шахтных пород в отвалах не учитывает их качественных (по минеральному и химическому составу) и механических (гранулометрический состав, сегрегацию, углы естественного откоса при различной крупности пород) характеристик. Это затрудняет использование пород отвалов, а также их рекультивацию. Технологические схемы отсыпки отвалов не учитывают сегрегацию пород, что не позволяет более полно использовать земельный отвод под отвалы. При выемке шахтных пород и их складировании в отвалах не учитывается литологический состав пород и не устанавливаются места их расположения в отвале. Проведенные ранее исследования шахтных отвалов направлены на изучение вреда, который они приносят, а также на возможности использования пород, химический состав и механические свойства которых в большинстве случаев неизвестны [1,2].

В этой связи возникла необходимость в разработке метода рационального складирования шахтных пород в отвалах с учетом их литологического и химического состава, геомеханических параметров во взаимосвязи с планируемым порядком выемки шахтных пластов.

Необходимость исследования породных отвалов (терриконов) обусловлена, прежде всего, их высокой экологической вредностью и опасностью для городов и населенных пунктов. Кроме того, отвалы занимают значительные земельные площади, которые могут быть востребованными для полезных целей.

Одной из задач исследования отвалов является разработка комплексного подхода к исследованию процесса формирования породного отвала с учетом технологии проведения горных подготовительных выработок и технологической транспортной цепочки доставки породы на отвал для рационального размещения этой породы в отвале, а также для дальнейшего хранения и утилизации.

Донецкая область занимает важное место в экономическом потенциале Украины. Сложившаяся в Донецкой области экологическая ситуация является наследием 200-летнего интенсивного использования природных богатств. На

сегодняшний день в регионе накоплено 4 млрд. тонн отходов, которыми занято чуть менее 2 % территории области. Основная отрасль, образующая отходы, - угольная промышленность (около 120 шахт и горнодобывающих предприятий) [3]. Отходы угольных предприятий в основном сосредотачиваются на отвалах.

На территории Донбасса находится 1257 терриконов, которые занимают площадь 5526, 3 га. Большинство отвалов Донбасса являются горящими. В их недрах держится высокая температура, так как там в избытке накоплен мышьяк, ртуть, цианиды, сера и другие вредные вещества и их соединения.

Отвалы принимают породу от отдельной шахты, обогатительной фабрики или от группы угольных предприятий. [4]

В отвалах угольных шахт много запасов некоторых металлов, соизмеримых по объему с природными месторождениями полезных ископаемых, получение которых для Украины будет экономически выгодным, тем более что в настоящее время многие из минеральных ресурсов уже исчерпаны, что является одной из глобальных проблем. В ближайшем будущем все запасы благородных и цветных металлов, железа будут исчерпаны. Поэтому именно сейчас актуально рассматривать отходы горного производства как альтернативный вариант пополнения природных ресурсов. Само по себе возведение террикона требует значительных усилий, ведь вначале надо построить собственно шахту, пройти километры горных выработок. Вся поднятая на-гора порода попадает в террикон, туда же идут и всевозможные отходы из шахты: это могут быть металлоконструкции, железобетон, дерево, кабели и небольшая часть угля (до 30 процентов). В модели отвала должна быть отражена локализация определенных типов (видов) пород и связанных с ними химических компонентов. Единственным достоверным источником такой информации являются результаты маркшейдерско-геологических съемок в горных выработках и маркшейдерские съемки отвалов. Так как каждый пласт имеет свое геологическое строение, то можно составить прогноз тех химических реакций, которые произойдут при соприкосновении тех или иных элементов, содержащихся в различных пластах, то есть заранее выявить неблагоприятные зоны на отдельном ярусе и в целом на отвале. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что маркшейдерский план - это хронология деятельности "живого организма", и данную хронологию можно использовать для построения динамической модели формирования породного отвала

Порода попадает на породный отвал не хаотически, а в определенных объемах и последовательности. Основой для этого могут служить маркшейдерская горно-графическая документация, которая, по сути, является единым достоверным источником информации за весь период эксплуатации шахты, а значит, и за весь период отсыпки породы на отвал. Следовательно, можно проследить динамику насыпки породы на отвал за определенной период времени.

Исходя из выше сказанного, можно сформулировать следующую проблему: под породные отвалы отводится определенная площадь земли. Но не всегда эта площадь остается в том виде, в котором она запланирована. Изменение площади возникает из-за отсутствия контроля над рациональным размещением пород в отвале. В связи с этим породные отвалы "расползаются", захватывая все большее пространство продуктивных земель и тем самым нарушают экологическую обстановку прилегающих территорий. Этот процесс можно посмотреть на рис. 1.

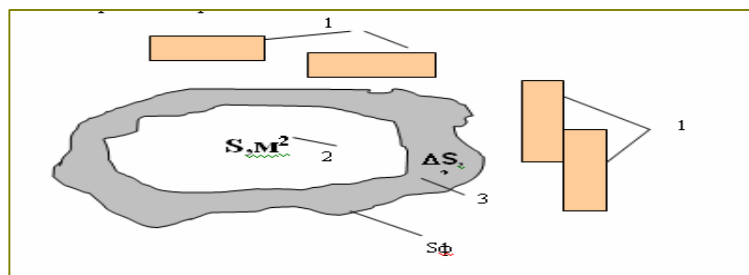


Рис.1. Изменение площади породного отвала во времени: 1 - здания и сооружения вблизи отвала; 2 - запланированная площадь под отвал; 3 - изменение площади отвала

На рис.1 видно, что площадь, выделенная под отвал (S), изменяется с течением времени ΔT , т.е. происходит увеличение запланированной площади на интервале ΔS . Фактическая площадь отвала существенно изменяется и становится равной $S_f = S + \Delta S$.

Данная фактическая площадь может негативно влиять на близлежащие здания или сооружения, не говоря об окружающей среде.

Как известно, отвалы - это состав пород, который зависит от горных работ, а сами горные работы зависят от времени и места их проведения, то есть, от календарного плана прохождения проходческих выработок. Если не управлять и нерационально размещать породы в отвале, то величина ΔS будет неуправляемой, что приведет к так называемому "расползанию" отвала.

Для моделирования динамики формирования поверхности породного отвала очень важным вопросом является знание зависимости объема породного отвала от высоты. Благодаря этому возможно установить, на какую величину изменилась высота породного отвала при увеличении или уменьшении объема породного отвала.

Таким образом, можно сделать следующий вывод: за счет "химии" пород ухудшается состояние земель и воды вокруг отвала и происходят выбросы в атмосферу, то есть, необходимо рационально прогнозировать и управлять укладкой породы на отвал. Это достигается постоянством угла естественного откоса, при котором площадь, отведенная под отвал, не увеличивается, а объем породы увеличивается за счет рационального складирования ее на отвале.

Рассмотрим технологическую цепочку, которая предусматривает порядок выдачи породы на отвал, то есть рассмотрим сам календарный план горных работ или, другими словами, планирование горных работ.

По технологии отвалообразования порода насыпается на отвал не хаотически, а за определенное время и в определенном месте, то есть дискретно, что означает изменение, происходящее через некоторые промежутки времени. Определенное место в этой цепочке занимает периодичность выполнения маркшейдерских съемок породного отвала. Период между съемками определяет местоположение того или иного участка горных работ в зависимости от планограммы развития работ и состав пород в данном месте отвала, то есть "химию" пород. Технологическая схема данной цепочки позволяет найти местоположение конкретного горнопроходческого участка с одновременной характеристикой гранулометрического состава породы, отсыпаемой на отвал. Таким образом, зная химический состав пород и те процессы, которые могут происходить с данным составом пород в течение определенного времени, можно управлять укладкой пород на породный отвал и тем самым осуществлять контроль над данной площадью земли. Укладку пород можно осуществлять в зависимости от прочности пород, т.е. породы высшей категории прочности закладывать по бокам отвала [5,6].

Зная динамику насыпки пород, можно выявить опасные очаги выбросов вредных веществ на отвале, так как загрязнение атмосферы вредными веществами оказывает значительное воздействие на здоровье населения и экосистему области [1].

Разработка данной модели предусматривает использование элементов теории графов, так как данная теория рассматривает постановку и решение задач управления организационными системами [3]. Одной из таких систем и является отсыпка породы на отвал.

Граф представляет собой систему, которая интуитивно может быть рассмотрена как множество кружков и множество соединяющих их линий (см. рис.2). Кружки называются вершинами графа, линии со стрелками - дугами, без стрелок - ребрами.

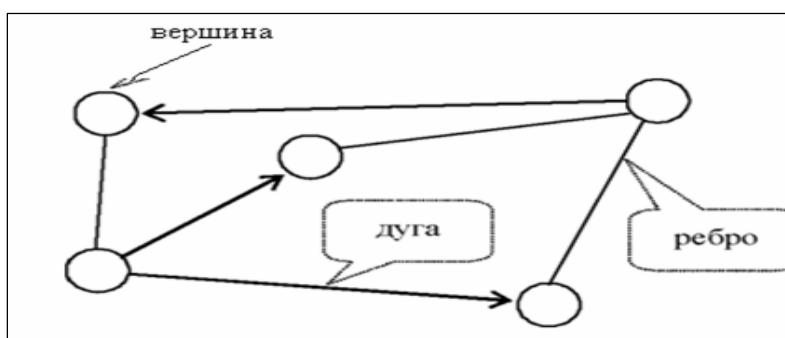


Рис.2. Пример создания графа

На основании графиков ввода-вывода проходческих забоев, порода попадает на отвал в основном из квершлагов, уклонов, транспортных штреков и штреков за лавами. Используя эти данные можно составить ориентированный граф. На рис. 3 представлен граф, реализующий доставку породы на отвал в пределах одного пласта.

Структура данного графа и все обозначения, представленные на схеме, могут быть сведены в табл. 1, которая отражает полную характеристику данного графа.

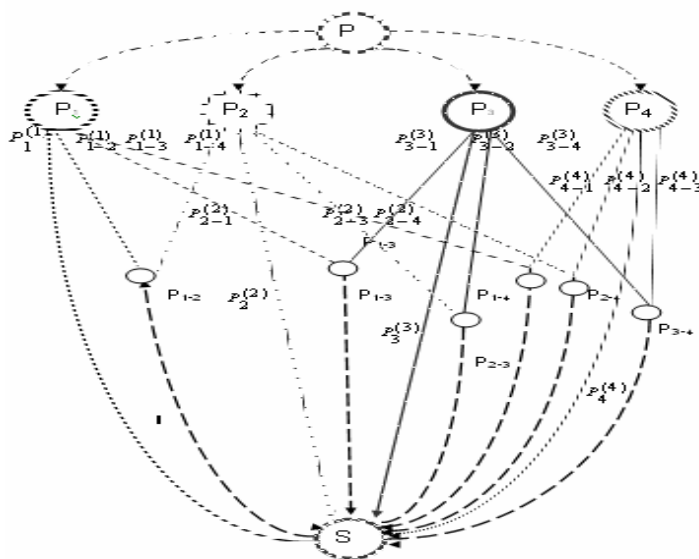


Рис.3. Модель формирования отвала в виде графа

Данная структура графа рассмотрена только в пределах одного пласта, т.е. по схеме можно рассмотреть динамику насыпки пород в зависимости от планограммы развития горных работ, которая отражена на маркшейдерских планах.

Таблица 1

Характеристика элементов, входящих в граф

Обозначение вершины	Назначение вершины
1	2
P	Наименование пласта
P_1	Вид выработок - квершлагги
P_2	Вид выработок - уклоны
P_3	Вид выработок - транспортные штреки
P_4	Вид выработок - штреки за лавами
P_{1-2}	Суммарный объем пород квершлаггов и уклонов
P_{1-3}	Суммарный объем пород квершлаггов и транспортных штреков
P_{1-4}	Суммарный объем пород квершлаггов и штреков за лавами
P_{2-3}	Суммарный объем пород уклонов и транспортных штреков
P_{2-4}	Суммарный объем пород уклонов и штреков за лавами
P_{3-4}	Суммарный объем пород транспортных штреков и штреков за лавами
Обозначение дуг	Назначение дуг
$P_1^{(1)}$	Отсыпка породы только из квершлаггов
$P_2^{(2)}$	Отсыпка породы только из уклонов
$P_3^{(3)}$	Отсыпка породы только из транспортных штреков
$P_4^{(4)}$	Отсыпка породы только из штреков за лавами
Обозначение ребер	Назначение ребер
$P_{1-2}^{(1)}, P_{1-3}^{(1)}, P_{1-4}^{(1)}$	Одновременная работа квершлаггов с уклонами, транспортными штреками и штреками за лавой
$P_{2-1}^{(2)}, P_{2-3}^{(2)}, P_{2-4}^{(2)}$	Одновременная работа уклонов с квершлаггами, транспортными штреками и штреками за лавой
$P_{3-1}^{(3)}, P_{3-2}^{(3)}, P_{3-4}^{(3)}$	Одновременная работа транспортных штреков с квершлаггами, уклонами и штреками за лавой
$P_{4-1}^{(4)}, P_{4-2}^{(4)}, P_{4-3}^{(4)}$	Одновременная работа штреков за лавами с квершлаггами, уклонами и транспортными штреками

По каждому пласту составляется геологический разрез и осуществляется характеристика состава пород, входящих в пласт. Для остальных пластов составляется такой же граф.

При исследовании и моделировании отдельного участка породного отвала важной задачей является построение пространственной модели отвала, которая позволит решать многие задачи, например, определить количество вмещающих пород, химический состав пород и т.д. [7].

Авторами предложена методика построения отдельного яруса породного отвала для каждого периода времени, когда происходила отсыпка пород на отвал, с использованием программного обеспечения Surfer [8].

Для построения пространственной модели отдельного участка яруса породного отвала достаточно иметь набор точек, находящихся на поверхности отвала с определенными координатами X, Y, Z.

Поверхность каждого яруса в определенный период времени можно графически представить в двух видах: карты изолиний или трехмерного изображения поверхности.

Исходные данные для построения данных поверхностей получают в результате выполнения маркшейдерской съемки породных отвалов, которая выполняется в определенный период времени.

На рис.4 приведены графики построения трехмерного изображения одного и того породного отвала в течение некоторого периода работы шахты.

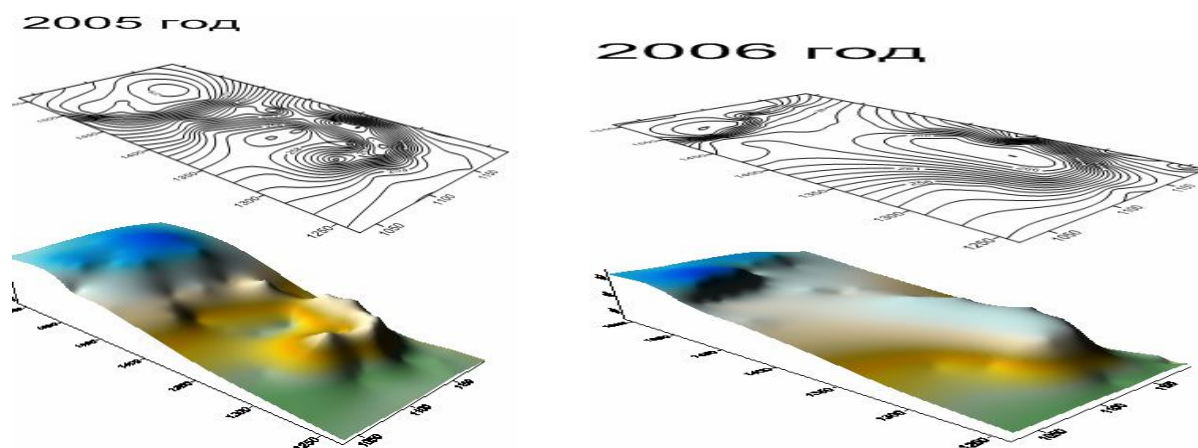


Рис.4. Изменение формы участков породного отвала за определенный период времени

При построении различных участков ярусов можно вычислить разность площадей между отдельными слоями ярусов. На рис.5 построена поверхностная модель, показывающая сглаживание поверхностей двух участков ярусов с использованием сплайн-методов.

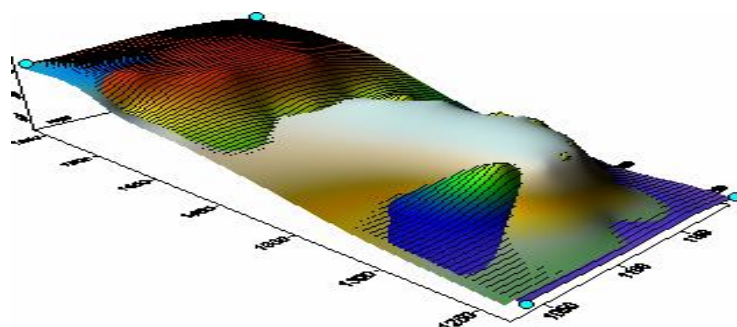


Рис.5. Сглаживание поверхностей двух участков ярусов породного отвала

Приведенные выше рисунки показывают применение программного обеспечения SURFER для построения трехмерного пространства отдельных ярусов породного отвала. Кроме трехмерного изображения, используя различные методы интерполяции, можно проводить исследования по управлению отсыпки отвала на отдельном участке каждого яруса. На рис.6 показано применение различных методов интерполяции для построения одного и того же участка яруса. Для уточнения полученного результата, т.е., для оценки точности построения авторами разработана методика определения погрешности в построении данной модели.

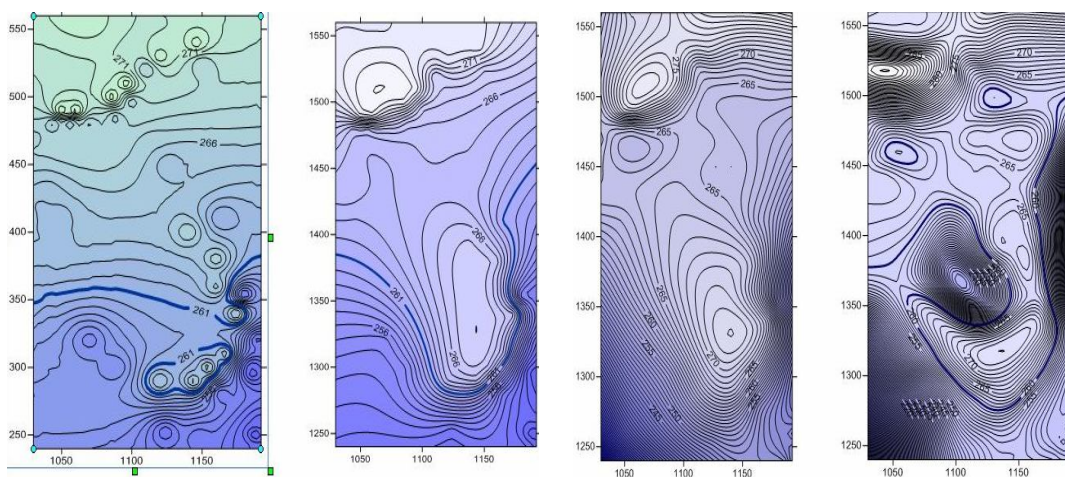


Рис.6. Изменение карты изолиний одной поверхности с использованием различных методов интерполяции

Таким образом, в результате построения трехмерной и двумерной модели ярусов породного отвала за определенный период времени можно получить пространственную модель данного отвала. На основе данной модели можно решить следующие задачи:

- произвести прогнозную оценку отсыпки отвала на отдельном участке яруса;
- сделать анализ отсыпки пород с учетом построения продольных и поперечных профилей;
- разработать методику насыпки пород с учетом погрешности построения с использованием программного обеспечения SURFER.

Выводы:

1. Мероприятия по формированию отвалов являются целесообразными с точки зрения сохранения существующих экосистем в связи с уменьшением площади изымаемых под отвалы земель.

2. Размеры слоев и порядок их размещения в отвале должны определяться экспериментально-аналитическими методами в зависимости от физико-механических характеристик массивов пород.

3. Зная, что происходит с насыпкой породы в пределах одного пласта, и зная, какие работают пласты (толи одновременно, толи каждый отдельно), можно составить хронологическую модель насыпки породы, в результате которой могут быть выявлены места с накоплением вредных веществ. Используя модель можно дать рекомендации по контролю за данными веществами и по дальнейшему использованию этих веществ.

Литература

1. Бабелло, В.А. Обеспечение устойчивости отвала при наращивании его высоты / В.А. Бабелло, В.А. Стетюха и др. // Горный журнал. - 2001. - №8. - С.10-13.
2. Земля тривоги нашої : за матеріалами доповіді про стан навколишнього природного середовища у Донецькій області у 2008-2009 роках / Під ред.С.В. Трет'якова, Г.Аверіна. – Донецьк : Новий світ, 2009. – 124 с.
3. Канин, В.А. Комплексное решение экологических проблем в крупных промышленных районах / В.А. Канин, М.Г. Тиркель, Н.Н. Киселев // Уголь Украины. – К. : Техніка. - 2004. - № 9. - С. 44-46.
4. Кузык, И.Н. Оценка влияния породных отвалов шахт центрального Донбасса на окружающую среду / И.Н. Кузык, В.Н. Артамонов // Збірка доповвдей міжнародної науково-технічної конференції«Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості», м. Кривий Ріг, 18-23 травня 2004. –Кривий Ріг , 2004. – Том 1. – С. 351-354.
5. Методические указания по расчету устойчивости и несущей способности отвалов. - Л. : ВНИМИ, 1987.
6. Оценка влияния породных отвалов шах. "Горняк" ПО "Селидовуголь" на окружающую среду и перспективы их рекультивации / Е.А. Соловьева (магистерская работа); руководитель: доцент кафедры "Полезные ископаемые и экологическая геология" Ю.А. Проскурня.
7. Прокопенко, Е.В. Разработка геоинформационной системы формирования породных отвалов / Е.В. Прокопенко, А.В. Живогляд // Сучасні технології маркшейдерського забезпечення раціонального і безпечного ведення гірничих робіт. Збірник наукових праць. – Донецьк : ДонНТУ, 2002.
8. Прокопенко, Е.В. Разработка динамической модели породных отвалов / Е.В. Прокопенко, С.В. Борщевский // Сб. научн. трудов УКРНИМИ, 2009.