© Г.Д. Першин, Г.А. Караулов, А.Г. Караулов, 2006

УДК 622.35:622.013.364

Г.Д. Першин, Г.А. Караулов, А.Г. Караулов

ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ РЕДУТОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МРАМОРА

Семинар № 12

Рациональное, комплексное и экономное использование недр - это важнейшее условие развития экономики любой страны имеет непосредственное отношение и к промышленности строительных материалов. Особенно остро проблема комплексного использования сырья и утилизации отходов стоит в подотраслях этой промышленности, связанных с добычей и обработкой камня.

Так, потери каменного сырья в промышленности стеновых материалов составляют 50-70 %, а в промышленности облицовочных материалов из природного камня - более 70 % перерабатываемой горной массы.

Невысокая степень утилизации отходов камнедобычи и камнеобработки обусловливает их постоянно растущее накопление в районах функционирования предприятий. Особенно много отходов образуется при добыче блоков стенового камня (пильных известняков, ракушечников, вулканических туфов и т. п.). Это свидетельствует о существовании колоссальных минерально-сырье-вых резервов для организации производства различных строительных материалов, а также материалов и изделий для других отраслей народного хозяйства.

Анализ деятельности передовых отечественных и зарубежных предприятий по добыче и обработке камня свидетельствует о значительном экономическом и природоохранном эффекте, который может быть достигнут при реализации малоотходных технологических процессов и повышении уровня утилизации отходов. В этом отношении показателен опыт предприятий Украины в части использования отходов, образующихся при производстве блоков пильного (стенового) известняка.

Очевидно, решение проблемы комплексного использования сырья, и утилизации отходов при добыче и обработке камня должно начинаться, прежде всего, с обеспечения возможно более полного извлечения блочного сырья из уже разрабатываемых месторождений, чтобы свести к минимуму потери его в недрах. Большое значение при этом имеет сохранение всех свойств добываемого камня и его качества. Далее необходимо обеспечение минимума потерь при последующей переработке блоков, что равноценно достижению максимально возможного выхода готовых изделий из камня. При этом весьма важен комплексный подход к процессам добычи и обработки камня, использование всех компонентов, имеющихся в добываемой и перерабатываемой горной массе, всемерное сокращение количества добываемого сырья, идущего в отвалы, развитие малоотходных и безотходных производств. Экономия блочного сырья во многом зависит от качества сырья, степени совершенствования обработки камня, применения передовых технологий, повышения качества изделий и др. Существенную роль может играть использование вторичного сырья, обычно приводящее к значительному снижению себестоимости продукции.

Основные направления утилизации отходов

Промышленные отходы камнедобычи и камнеобработки в качестве вторичного сырья являются крупным резервом интенсификации производства.

Основное направление утилизации глыб (всех трех подгрупп) - переработка их на декоративные щебень и песок (ГОСТ 22856 - 77), используемые в дальнейшем для получения: искусственных блоков (ГОСТ 21-40 - 84) и декоративных плит (ГОСТ 24099-80); на строительный щебень (ГОСТ 8267-82), бутовый камень (ГОСТ 22132-76), камни бортовые (ГОСТ 6666-81) и брусчатые (ГОСТ 23668-79) и т. п. Кроме того, наиболее монолитная часть глыб (главным образом, крупных и средних) может перерабатываться на облицовочные плиты (ГОСТ 9480-89), архитектурно-строительные изделия (23342-78), а также на различные товары народного потребления, включая ритуальные изделия (детали памятников). В этом случае для обработки глыб следует использовать камнераспиловочное оборудование: алмазно-канатные пилы, одноштрипсовые, ортогональные, однодисковые станки и т. п.

Область утилизации объемного окола - производство щебня и песка, декоративных облицовочных пиленых плит и архитектурно-строительных изделий, а также некоторых специальных облицовочных изделий местного характера (корки, колотые полоски и т. п.).

Главное направление утилизации плоского окола - производство из него облицовочных неокантованных плит, либо косоугольной формы с обрезными гранями, которые можно в дальнейшем использовать для производства декора-тивных плит на основе природного камня (тип III по ГОСТ 24099-70), для укладки мозаичных монолитных полов, облицовки стен и т. п.

Утилизация бута и щебня должна вестись в направлении их переработки на щебень и песок декоративные, строительный щебень, бутовый камень. Кроме того, в зависимости от минералогического состава горных пород они могут использоваться для получения различных минеральных добавок, известняковой муки, компонентов сельскохозяйственных удобрений и т. п.

Подавляющее количество *штыба* имеет карбонатный состав, утилизация этого вида отходов осуществляется в направлении производства известняковой муки, карбонатного песка, минеральных добавок.

Наиболее просто проблема утилизации шлама может быть решена на предприятиях с чистым шламом, где возможными направлениями его утилизации являются: производство различных наполнителей для лакокрасочной промышленности (из шлама силикатного состава), минеральные добавки в строительные растворы (из шлама силикатного и карбонатного состава), пластифицирующие добавки в штукатурные растворы (из шлама карбонатного состава).

Рациональное использование сырья в процессе добычи и обработки природного камня

Успешное решение задач, стоящих перед подотраслями «Добычи и обработки природного камня», связано с совершенствованием управления технологическими процессами и производственными комплексами путем использования вычислительной техники, средств автоматики, методов моделирования, рационализации и оптимизации процессов добычи и обработки природного камня. Это означает, что каждый инженер-технолог должен уметь строить модели технологических процессов, формулировать и решать задачи рационализации и оптимизации.

Рациональное использование сырья - основной резерв снижения себестоимости готового изделия, а именно: горной массы, добытой на карьере; блоков, поступающих на камнеобрабатывающие предпри-

Укрупненные экономические показатели производства щебня на Редутовском мраморном карьере

Показатели	Затраты руб/тн
Дробление с 600 мм до 20 мм	150
Дробление с 20 мм до 0,1 мм	178,6
Транспортирование до г. Магнитогорска на расстояние 160 км	172,5
Итого	501,1
Покупка мраморного порошка ЗАО «Южуралавтобан»	450

ятия; полуфабрикатов и образующихся отходов камнеобработки.

Оптимальное и рациональное использование материалов представляет собой сложную технико-экономическую задачу, которую можно решать лишь при учете многих конструктивных, технологических и организационных факторов производства. Анализ каждого отдельного фактора дает свои пути и средства для решения задачи по использованию материалов. Рациональное использование сырья должно обеспечивать не только получение минимального количества отходов, но и выход наиболее дорогой, более качественной и престижной продукции при пониженных затратах труда и материалов на производство одной единицы изделия.

Так, при добыче железных руд на месторождении «Подотвальное» вывозятся в отвал валуны мраморизованного известняка, которые встречаются на горизонтах 460-400 м. А при вскрытии 390 горизонта будут вывозиться в отвал порфириты, метасоматиты, которые тоже можно использовать для производства мелкоразмерных облицовочных плит.

При добыче блоков коелгинского мрамора образуются глыбы (некондиционные блоки), которые получаются при наличии естественных трещин, не совпадающих с направлением реза. Эти блоки, не соответствующие ГОСТ 9479-98 отгружали в отвал, или перерабатывали на щебень. Однако из этих некондиционных блоков вполне возможно получение мелкоразмерных плит.

В настоящее время на ЗАО «Коелгамрамор» разработаны технические условия ТУ 5714-051-36913928-99 «Камень блочный Коелгинского месторождения для производства облицовочных изделий», которые успешно реализуются. Аналогичные технические условия следует разработать на Редутовском месторождении, что позволит продавать некондиционные блоки.

Переработка некондиционных блоков на щебень не экономна [1], так как стоимость сырья в десятки раз выше стоимости щебня, произведенного из этого сырья, даже без учета капитальных затрат.

Наибольшую стоимость природный камень приобретает, если он заложен в облицовочные и мелкоразмерные плиты, архитектурно-строительные изделия из природного камня, а затем в декоративном щебне, песке, известковой муке и т. д. [1].

Аналогичным образом необходимо подходить к вопросу использования плоского окола, корок, недопила и шлама, образующихся при распиловке блоков мрамора.

Поэтому прежде чем разрабатывать технологический процесс производства изделий из природного камня по безотходной технологии, необходимо сделать экономический анализ исходного природного сырья, образуемых отходов с точки зрения их стоимости как сырья в готовых изделиях по принятой технологической схеме изготовления, затем обеспечить рациональный расход его по принятой технологии с учетом выпуска

Варианты использования мраморного сырья

продукции высокого качества. Укрупненные экономические показатели производства щебня на Редутовском мраморном карьере приведены в таблице.

Из этого можно сделать вывод, что на данном этапе разработки Редутовского мраморного месторождения производство щебня экономически не целесообразно.

В перспективе при достижении на Редутовском мраморном карьере проектной производительности и увеличении объемов отходов скальной вскрыши возможно его многоцелевое использование, которое приведено на рисунке.

В настоящее время экономически целесообразно торговать некондиционными блоками и применять два варианта использования мраморных отходов: производство мелкоразмерных плит из некондиционных блоков и производство декоративных плит из отходов мраморного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Волуев И.В., Сычев Ю.И., Ткач В.Р.* Безотходная технология добычи и обработки блочного природного камня. – М.: Недра, 1994.- 192 с.
2. *Разработка* ресурсосберегающих технологий комплексного освоения месторож-дения полезных ископаемых открытым способом. Сборник научных трудов. – М.: Недра, 1990. - 154 с.
3. *Бакка Н.Т., Ильченко И.В.* Облицовочный камень. – М.: Недра, 1992. – 304 с.

Коротко об авторах

Першин Г.Д. – доктор технических наук, профессор,
Караулов Г.А. – кандидат технических наук, профессор,
Магнитогорский государственный технический университет,
Караулов А.Г. – инженер ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

Д И С С Е Р Т А Ц И И

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ, ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ (ВНИИгеосистем)			
ПАНИКАРОВСКИЙ Валентин Васильевич	Разработка методов исследования пород-коллекторов с целью повышения продуктивности скважин	25.00.16	д.т.н.

© С.Г. Молотилов, О.Б. Кортелев, В.К. Норри, А.Н. Александров, 2006

УДК 622.271.001.5

С.Г. Молотилов, О.Б. Кортелев, В.К. Норри, А.Н. Александров

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА УКЛАДКИ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД В ОТВАЛ НА КАРЬЕРАХ

Семинар № 12

В настоящее время при открытом способе добычи полезных ископаемых на породных отвалах наибольшее распространение получил бульдозерный способ перемещения под откос вскрыши, выгружаемой автосамосвалами на площадку отвального яруса. Объем бульдозерных работ зависит от многих факторов, в том числе и от грузоподъемности автосамосвала. Так при грузоподъемности 180 т высота навала достигает 2,7-3 м, что значительно превышает высоту лемеха как существующих, так и перспективных бульдозеров. Экспериментальными исследованиями установлено, что при сталкивании таких навалов горной породы производительность даже самых мощных бульдозеров снижается до 40 %. Кроме того, вследствие работы бульдозера с боковым набором породы, возникает повышенный односторонний износ ходовой части трактора.

В ИГД СО РАН разработан способ отвалообразования, основанный на применении вибрационного отвалообразователя [1] и исключающий указанные выше недостатки. Сущность способа заключается в следующем. Укладка породы в отвал (рис. 1) производится с помощью вибрационного отвалообразователя *1*, состоящего из виброплощадки *2*, установленной под углом наклона 10–15° на металлической раме *3*, опирающейся на салазки из полых труб *4*.

Отвалообразователь размещается на берме *5*, создаваемой по длине отвального фронта. Ширина бермы и высота выемки определяются габаритами отвалообразователя. Разгрузка породы из автосамосвалов производится непосредственно на виброплощадку отвалообразователя, к раме которой прикрепляется откидной упорный башмак *6*. С виброплощадки *2* горная масса вибропитателями *7* перемещается под откос отвального яруса.

Объем полосы отсыпки породы с одной стоянки отвалообразователя определяется высотой отвального яруса, длиной разгрузочной консоли виброплощадки, шириной движущегося потока породы и силой его напора. Передвигается отвалообразователь вдоль фронта работ с помощью бульдозера *8*. Вслед за передвижением отвалообра-зователя производятся планировка бермы и засыпка выемки на ширину отвальной заходки для подготовки обратного прохода отвалообразователя. Схема отвалообразования показана на рис. 1, *а*.

Ранее проведенные промышленные испытания экспериментального образца вибрационного отвалообразователя и технологической схемы его применения на разрезе «Краснобродский» ОАО ХК «Кузбассразрезуголь» показали, что данная конструкция отвалообразователя может надежно работать с автосамосвалами БелАЗ-548 и БелАЗ-549.

Для большегрузных автосамосвалов требуется создание вибрационных отвалообразователей с большими габаритами и производительностью[1]. В связи с применением на погрузке большегрузных автосамосвалов мощных экскаваторов, конструкция вибрационного отвалообразователя

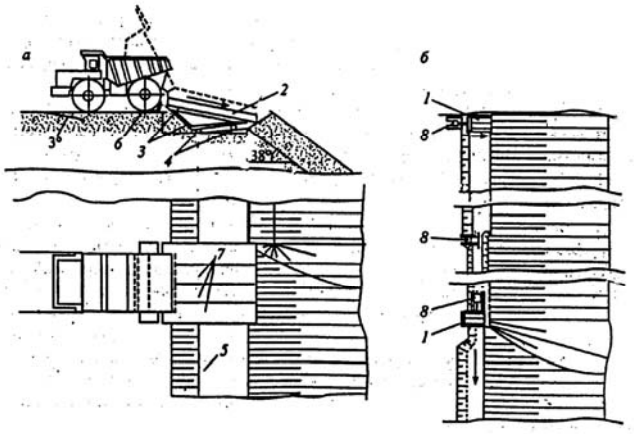

Рис. 1. Схема применения вибрационного отвалообразователя на автосамосвалах: а - общий вид, б - организация работ. Ост. поясн. в тексте

должна выдерживать большие динамические нагрузки, возникающие при падении на рабочий орган куска породы крупностью 2 м и более.

Этим требованиям удовлетворяет предложенный ИГД СО РАН отвальный перегружатель [2], который состоит из следующих основных узлов (рис. 2): рабочей площадки (рабочего органа) *2*, узла привода *3*, демпфирующих опор *4*, рамы *5* с бортами *6* и задней стенкой *7*.

Рабочая площадка выполняется из уложенных в один слой жестких стержней, например рельсов *8*. Использование рельсов в качестве жестких стержней гарантирует надежность работы рабочей площадки, так как рельсовая сталь обладает повышенной прочностью к ударным нагрузкам и повышенной износостойкостью. Между рельсами прокладываются изолированные элементы *9,* (деревянные брусья), что позволяет избежать просыпания под рабочую площадку мелкой фракции породы. Устанавливается площадка под углом 15-25° к горизонту на демпфирующих опорах, смонтированных на раме. По ширине она делится на секции, каждая из которых имеет свой узел привода. Секционирование обеспечивает снижение трудоемкости изготовления и монтажа отвального перегружателя *1*.

Установка рабочей площадки под углом к горизонту позволяет перемещать породу в отвал при минимальных расходах энергии и, несмотря на большие динамические нагрузки, обеспечивает ей надежную работоспособность.

Для перемещения отвального перегру-жателя по отвалу он снабжается комплектом съемных рельсов 11. Рама опирается на полозья 10 и имеет элементы присоединения к бульдозеру-тягачу.

Параметры вибрационных отвалообразователей должны удовлетворять следующим условиям:

- ширина рабочего органа – $B \geq 1{,}3\ b$;
- длина рабочего органа – $L \geq B_б$;
- геометрическая емкость – $E_{отв} \geq f^{a}_{раз} V_a$;
- техническая производительность – $Q^{тех}_{отв} \geq \dfrac{60 V_a \gamma}{t^{a}_{раз}}$;

где b – ширина кузова автосамосвала, м; $B_б$ – ширина бермы безопасности отвального яруса, м; $f^{a}_{раз}$ – коэффициент разрыхления породы в кузове автосамосвала; V_a – объем породы в кузове автосамосвала (фактическая емкость автосамосвала), м^3; γ – объемный вес породы, т/м^3; $t^{a}_{раз}$ – продолжительность разгрузки автосамосвала, мин.

Сменная эксплуатационная производительность отвалообразователя $Q^{см}_{отв}$ может быть выражена формулой:

$$Q^{см}_{отв} = \frac{V_{ст} T_{см} K_{ис}}{t_ц K_н}, \text{ м}^3/\text{см} \qquad (1)$$

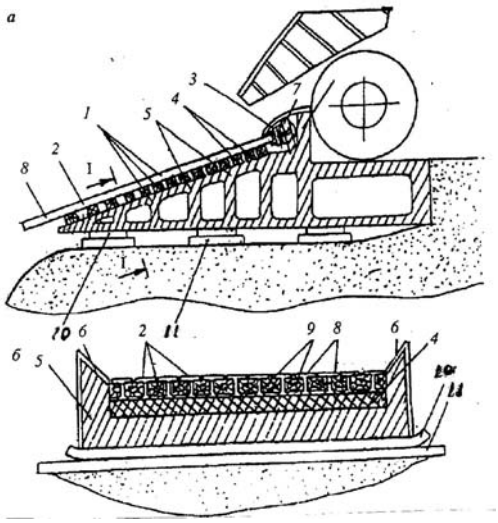

Рис. 2. Принципиальная конструкция отвального перегружателя: а - продольный разрез, б - поперечное сечение I-I

где $V_{ст}$ – объем породы, отсыпаемой с одной стоянки отвалообразователя, определяется из выражения:

$$V_{ст} = \frac{\left(B \cdot Sin\alpha + H_я \cdot Ctq\beta\right) H_я \cdot D}{Sin^2\alpha \cdot f^c_{раз}}, м^3 \quad (2)$$

где α – угол откоса яруса отвала, град; $H_я$ – высота яруса, м; β - угол развала породы, отсыпаемой по откосу отвального яруса, град; D – мощность свеженасыпанного слоя породы, м; $f^c_{раз}$ – коэффициент разрыхления породы в слое; $T_{см}$ – продолжительность смены, мин; $K_{ис}$ – коэффициент, учитывающий использование отвалообразователя в течение смены; $t_ц$ – продолжительность технологического цикла укладки породы в отвал с помощью отвалообразователя.

$$t_ц = t_{пер} + \frac{V_{ст} t_{зо}}{V_a}, \text{ мин.} \quad (3)$$

где $t_{пер}$ – время перехода отвалообразователя на новую стоянку, мин; $t_{зо}$ – время занятия места разгрузки автосамосвалов у отвалообразователя, мин; V_a – фактическая емкость автосамосвала, м^3; $K_н$ – коэффициент неравно-мерности грузопотока.

$$K_н = \frac{Q_{пр}}{Q_{ср}} \quad (4)$$

где $Q_{пр}$ – интенсивность грузопотока, преобладающая в течение смены, м^3/час; $Q_{ср}$ – среднечасовая интенсивность грузопотока, м^3 /час.

С целью определения факторов, оказывающих наибольшее влияние на пропускную способность автоотвала, выполнен конкретный расчет сменной производительности вибрационного отвалообразователя при разных типах автосамосвалов. Расчет выполнен для высоты отвального яруса $H_я = 10 \div 100$ м и продолжительности перехода отвалообразователя на новую стоянку $t_{пер} = 10 \div 120$ мин. При этом были учтены следующие фактические параметры: угол откоса яруса $\alpha = 40^0$; средняя мощность слоя породы D = 2,5 м, угол развала слоя $\beta = 80^0$; коэффициент разрыхления породы в слое $f^c_{раз} = 1{,}35$; продолжительность смены $T_{см}$ = 480 мин; коэффициент использования отвалообразователя в течение смены ($K_{ис}$ = 0,93).

Параметры оборудования, используемого на укладке породы в отвал, приведены в таблице.

Техническая производительность отвалообразователя должна быть больше возможного объема породы, зависящего от скорости разгрузки автосамосвала. Достигается она за счет изменения количества секций по длине площадки и ее параметров.

Установлено [3], что основными технологическими факторами, оказывающими влияние на производительность вибрационного отвалообразователя $Q_{отв}$ являются: высота отвального яруса

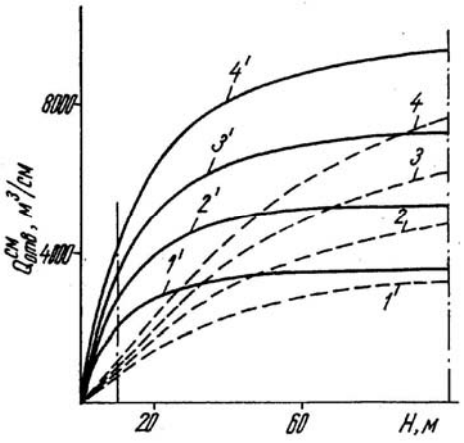

Рис. 3. Зависимость сменной производительности отвалообразователя $Q^{см}_{отв}$ от высоты отвального яруса H: 1(1'), 2(2'), 3(3'), 4(4') — соответственно при БелАЗ-548(40 т), БелАЗ-549 (75 т), БелАЗ-7519 (110 т), БелАЗ-75213 (180 т); 1, 2,3, 4 - при $t_{пер}$ = 120 мин; 1', 2', 3', 4' - при $t_{пер}$ = 20 мин

$H_я$, время перехода отвалообразователя на новую стоянку $t_{пер}$ и фактическая емкость автосамосвала $V_а$. Графики зависимостей величины $Q^{см}_{отв}$ от этих факторов представлены на рис. 3 и 4.

Из рис. 3 видно, что при увеличении высоты отвального яруса $H_я$ возрастают: объем породы, отсыпаемый с одной стоянки отвалообразователя $V_{ст}$, и продолжительность технологического цикла $t_ц$. Наибольший прирост производительности $Q^{см}_{отв}$ достигается при изменении высоты $H_я$ от 10 до 60 м (высоты отвальных ярусов на действующих разрезах Кузбасса).

При $H_я$ = 60-110 м темпы роста производительности $Q^{см}_{отв}$ значительно снижаются (в 2,5–25 раз). Возрастание ширины бермы безопасности $B_б$ в этом случае предопределяет увеличение длины рабочего органа отвалообразователя и снижение его технической производительности.

Существенно увеличивает производительность отвалообразователя $Q^{см}_{отв}$ (рис. 4, *а*) уменьшение времени перехода отвалообразователя на новую стоянку. При этом наибольший прирост производительности $Q^{см}_{отв}$ достигается при применении мощных автосамосвалов на отвалах с малой высотой ярусов.

Сокращение времени перехода отвалообразователя на новую стоянку $t_{пер}$ может быть достигнуто за счет совмещения во времени работы отвалообразователя на укладке породы в отвал с планировкой бермы. За счет этого время его перемещения на новую стоянку может быть уменьшено до 20–25 мин. Дальнейшее сокращение $t_{пер}$ может быть обеспечено за счет оснащения отвалообразователя автономным

Параметры отвалообразователя и автосамосвала

Наименование параметров оборудования	**Типы автосамосвалов**			
	БелАЗ-548	**БелАЗ-549**	**БелАЗ-7519**	**БелАЗ-521**
Отвалообразователи				
Ширина B, м	5,0	7,0	7,9	9,9
Геометрическая емкость $E_{отв}$, м³	25	45	67	109
Техническая производительность, $Q^{тех}_{отв}$, т/час	3400	5400	7200	8900
Автосамосвалы				
Ширина кузова b, м	3,8	5,4	6,1	7,6
Объем породы в кузове $V_а$, м³	17	31	46	75
Время занятия автосамосвалом разгрузочного места у отвалообразователя $t_{зо}$, мин.	1,9	2,2	2,5	3,0

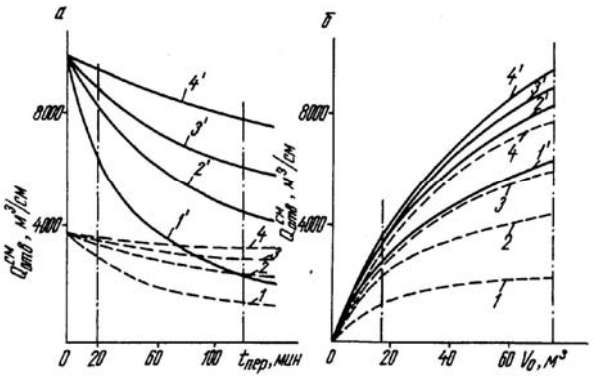

Рис. 4. Зависимость сменной производительности отвалообразователя $Q^{см}_{отв}$ от времени передвижки его на новую стоянку $t_{пер}$ (а) и емкости автосамосвала Va (б): 1(1'), 2(2'), 3(3'), 4(4') - соответственно Н = 20, 40, 60, 100 м; а - 1, 2, 3, 4 - при БелАЗ-548 (40 т), 1', 2', 3', 4' - при БелАЗ-75213 (180 т); б - 1, 2, 3, 4 - при $t_{пер}$ = 120 мин; 1', 2', 3', 4' — при $t_{пер}$ = 20 мин

ходом.

С позиции увеличения пропускной способности отвала, применение самоходного отвалообразователя наиболее эффективно при мощных автосамосвалах и малых высотах яруса, т.е тогда, когда значительно увеличивается число передвижек отвалообразователя.

На рис. 4, *б* показано, что при увеличении фактической емкости автосамосвалов возрастает объем породы, отсыпаемой с одной стоянки отвалообразователя $V_{ст}$ (за счет увеличения его ширины В) и сокращается продолжительность технологического цикла $t_ц$ (за счет применения отвалообразователей с большей технической производительностью $Q^{тех}_{отв}$). В результате темпы роста производительности $Q^{тех}_{отв}$ при применении автосамосвалов большой грузоподъемности снижаются незначительно.

Для получения большего эффекта от применения мощных автосамосвалов необходимо уменьшить время перехода отвалообразователя на новую стоянку до 25 мин и увеличить высоту яруса $H_я$ до 40–60 м. Теоретические и экспериментальные исследования, проектно-конс-трукторские разработки и промышленные испытания доказали возможность создания новой техники передвижных и самоходных отвалообразователей, применение которых обеспечивает увеличение пропускной способности отвалов, снижение стоимости отвалообразования, повышение безопасности работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Молотилов С.Г., Васильев Е.И., Кортелев О.Б., Норри В.К. и др.* Интенсификация погрузочно-транспортных работ на карьерах. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2000, – 208 с.

2. *Патент на П.М.* Отвальный перегружатель для автосамосвалов /М.В. Курленя, С.Г. Молотилов, В.К. Норри, В.Н. Власов // Открытие. Изобретено 2000. - №2.

3. *Молотилов С.Г., Кортелев О.Б., Норри В.К.* Новая технология формирования породных отвалов // Изв. ВУЗов. Горный журнал. - 2002. - №1. - С. 47-51.

Коротко об авторах

Кортелев О.Б. – доктор технических наук, главный научный сотрудник Института горного дела СО РАН,
Молотилов С.Г. – инженер, старший научный сотрудник Института горного дела СО РАН,
Норри В.К. – инженер, старший научный сотрудник Института горного дела СО РАН,
Александров А.Н. - младший научный сотрудник Института горного дела СО РАН.

© П.И. Копач, 2006

УДК 504.06:622.075

П.И. Копач

МЕТОДОЛОГИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Семинар № 12

Учение В.И. Вернадского о ноосфере предполагает разумное сосуществование и даже гармонизацию взаимоотношений человечества и биосферы. В силу действующих в обществе идеологии, политики, морали, техногенные преобразования человеком окружающей среды в последние десятилетия стали осуществляться столь стремительно, что тезис В.И. Вернадского о сопоставлении масштабов деятельности человечества с геологической деятельностью природы перестал вызывать какие-либо сомнения. Особенно это относится к горнодобывающей деятельности, в результате которой активно изменяются веками сложившиеся геохимические циклы, преобразуются или уничтожаются ландшафты, гидрогеологические и поверхностные водные системы, биологические сообщества и многое другое.

В чём причина пагубного воздействия горнодобывающих работ на природную среду? Неужели горная наука не способна справиться с задачей охраны природной среды районов, в которых функционируют горнодобывающие производства? Конечно же, это не так. Горной наукой разработан целый арсенал средств защиты природной среды. И опытные научные работники, проектировщики владеют этим арсеналом. Но откуда же возникают те негативные для окружающей среды и печальные для нас последствия горнодобывающей деятельности.

Ответ на эти и многие другие вопросы кроются, во-первых, в узкопрофессиональном подходе при решении задач территориального природопользования и, во-вторых, в отсутствии соответствующей методологии обоснования управленческих решений по данным проблемам.

Оценка эффективности технологий природопользования в своей основе базируется на необходимости обеспечения безопасности жизнедеятельности человека, населения, человечества. Эта оценка имеет междисциплинарный характер. Различные специалисты могут подходить к проблемам оценки эффективности природопользования с различных теоретических позиций, из различных сфер знания с разнообразными мировоззренческими или научными установками и, соответственно, закладывают в основу этой оценки разные ее стороны: экономическую, экологическую, прагматическую, технологическую, социальную и т.п. Мы полагаем, что все подходы весьма полезны, так как отражают или уровень научного или теоретического анализа, или определенные материальные, научные или социальные связи в природно-техно-генных системах природопользования. Любые попытки создания методик оценки в рамках какой-либо одной дисциплины не могут отразить сущности данного вопроса исчерпывающе. Причина этого заключается, прежде всего, в относительной неисчерпаемости самих возможностей природопользования и способности человека с помощью новых познавательных средств создавать новые технологии природопользования.

В настоящей статье упор сделан на экологический аспект оценки. В этом слу-

чае одним из важнейших факторов является «масштабность» задачи. Оцениваемая технология может соотноситься с территорией, занимаемой отдельным предприятием, с районом, в пределах которого расположено предприятие или имеет региональный характер. В этой связи в Институте проблем природопользования и экологии НАН Украины с участием автора разработаны методики оценки технологий, учитывающие данный фактор.

Методика экологической оценки низшего (производственного) уровня базируется на использовании критерия интегральной экологической ресурсоемкости, учитывающей как ресурсы, используемые непосредственно при добыче минерального сырья, так и амортизируемую часть ресурсов, (оборудования, зданий, сооружений, транспортных устройств), а также ресурсы задействованные в социальной сфере. При этом в методике исходят из того, что источником любого вещественного или энергетического ресурса является природная среда, в результате изъятия из которой того иди иного вида ресурса нарушается в различной степени почва, подземные или поверхностные воды, атмосфера, биота, литосфера, теряются человеческие жизни. В этом случае критерием оценки является определенным образом сведенные к одному показателю затраты этих ресурсов.

Более полно настоящая методика и результаты ее применения приведены в публикациях [1-3], в которых показано что предлагаемая методика оценки наиболее чутко реагирует на уменьшение потребления природных ресурсов, изъятие которых оказывает наибольшее влияние на состояние окружающей среды.

Методику экологической оценки среднего (районного) уровня рассмотрим на следующем примере. Эффективность применения любого природоохранного мероприятия следует оценивать исходя из того, насколько повысилась от этого экологическая безопасность на сопредельных с горнодобывающим предприятием территориях. Критерий оценки эффективности, в этом случае должен учитывать и особенности техногенного воздействия (токсичность, временные параметры) и особенности территории, в пределах которой наблюдается данное воздействие, а также иметь численное выражение. В качестве основного показателя, характеризующего сопредельную территорию, принят показатель плотности населения.

Выбор рационального варианта включает в себя следующие этапы:

1) по каждому из рассмотренных вариантов природоохранной технологии определяются параметры техногенного воздействия, например объёмы и состав выбрасываемых в атмосферу загрязнителей;

2) по данным, учитывающим объемы и состав вредных выбросов с учётом методики химической трансформации и рассеивания, определяются их концентрации на сопредельных территориях;

3) по агрессивности вредных выбросов определяют распределение суммарных коэффициентов агрессивности на территории;

4) выполняют дифференциацию территории по показателю плотности населения;

5) выполняют оценку продолжительности периода времени, в течение которого выделенные по фактору плотности населения участки будут находиться под воздействием выбросов горно-обогатительного комплекса;

6) для каждого из выделенных участков определяют значение показателя безопасности жизнедеятельности: A^j по следующей формуле:

$$A_I = \frac{C_i}{ПДК_{CC}} \cdot \frac{T_K}{T_P} \cdot \frac{N}{n}$$

где Ci - концентрация вредного i-го вещества в атмосферном воздухе ($м^2/м^3$); ПДКсс - предельно допустимая среднесуточная концентрация загрязняющего вещества ($м^2/м^3$); $T_к$ – продолжительность воздействия неблагоприятного фактора

(сутки). Для случая, когда продолжительность контакта небольшая и исчисляется минутами вместо ПДКсс следует применять максимальную разовую предельно-допустимую концентрацию $ПДК_{мр}$; T_p - максимально возможная продолжительность воздействия (количество дней в году); N – количество случает контакта с загрязняющими веществами (в нашем примере – плотность населения, чел/га); n – параметр единичного случая контакта.

7) выполняют оценку и выбор рационального с позиций экологической безопасности варианта. Предпочтение следует отдавать тому мероприятию, при котором суммарная (по различным участкам сопредельной территории) экологическая опасность жизнедеятельности минимальна, т.е. когда выполняется условие:

$$\sum_{j=1}^{k} A^{j} \cdot S_j / \sum_{j=1}^{k} S_j$$

где j – номер участка сопредельной территории; k – количество участков; S – площадь районированных участков территории.

Для разных экологических ситуаций величины N и n могут иметь различную физическую сущность: общая площадь региона и средняя площадь ареала обитания; общее число популяции животных в регионе и число животных конкретного подвида в конкретном ценозе; количество жителей и средний размер семьи и т.п.

Данная методика была использована при выборе реабилитационных мероприятий для условий южной группы горно-металлургических предприятий Кривбасса.

Экологическая оценка верхнего (регионального) уровня требует максимально полного учета тех компонентов окружающей среды, которые могут быть затронуты в процессе строительства и функционирования горнодобывающего предприятия. Это выдвигает необходимость более широкого территориального изучения, так как природно-промышленный горнодобывающий комплекс определенным образом деформирует природную социальную и хозяйственную региональную среду, изменяет способы ее функционирования, перестраивает внутренние связи. В связи с этим возникает проблема обоснования критерия обобщённой оценки воздействия минерально-сырьевого комплекса на окружающую среду как некоторую территориальную целостность.

Опыт показывает, что при техногенном нарушении какой-либо компоненты окружающей среды всегда происходит изменение свойств остальных ее составляющих. Так, например, загрязняющие атмосферу вещества в большинстве случаев не прекращают своего отрицательного воздействия и после освобождения атмосферы от них, Соединения, выпавшие на почву, проникают в грунтовые воды, входя в состав растительных, а затем пищевых продуктов. Для выяснения степени вреда, который наносит горнодобывающая деятельность окружающей среде, на настоящее время не существует, и, наверное, не может существовать точных количественных оценок. Его определение по самым скрупулёзным расчетам имеет тенденцию к занижению величины истинного ущерба, наносимого окружающей среде, так как не могут учесть отдаленных, трудно прогнозируемых, а также косвенных последствий.

В этих условиях целесообразно применение методики качественной оценки в основу которой положена комплексная балльная система оценок, включающая этап определения баллов по различным количественным показателям состояния среды и последующее приведение этих различных систем балльных оценок изменения компонент окружающей среды к единой системе. Мы хорошо понимаем, что любая система балльных оценок в большей или меньшей мере имеет субъективный характер, однако, учитывая, что современный уровень знаний не позволяет получить точную количественную оценку сложного спектра воздействий, балльная

система оценок поможет во многих случаях подойти к решению данной проблемы.

В настоящей работе сделана попытка выполнения региональной экологической оценки техногенных объектов с использованием комбинации двух способов: метода экспертных оценок, который использован при выборе критериев оценки, и установления балльности по отдельным процессам взаимодействия горнодобывающего предприятия и природной среды, а также метода математического моделирования - при сведении систем локальных оценок в единую комплексную систему.

Настоящая система оценки воздействия на окружающую среду имеет три уровня оценки. Низший уровень, заключающийся в определении в баллах конкретного, установленного нами выше, показателя. Средний уровень заключается в суммарной оценке состояния определенного компонента (например, почв). Верхний уровень оценки включает определение суммарного показателя, характеризующего комплексное воздействие на все компоненты среды, включая человека.

Оценочные показатели верхнего уровня включают следующее группы (компоненты окружающей среды):

1) человек, состояние его здоровья и комфортность состояния

2) социальная среда, (нооценоз) степень ее изменения - как следствие функционирования минерально-сырьевого комплекса;

3) биоценоз, масштабы и глубина его нарушения;

4) земля и почвогрунты, масштабы и степень нарушения;

5) поверхностные воды, масштабы нарушения орогидрологической сети и уровень ухудшения качества, вод;

6) подземные воды, масштабы изменения режима и качества вод;

7) атмосфера, масштабы и уровень загрязнения;

8) недра, полнота и эффективность, использования.

В каждой из этих групп выделено пять уровней оценки, ранжированных по тяжести последствий техногенного воздействия. Состояние среды по показателю уровня оценивается по пятибалльной системе. Таким образом, создается матрица из сорока оценочных показателей. Для сведения оценочных показателей к одному значению используется система нормирования функций.

Ранжирование показателей верхнего уровня осуществлено в следующей последовательности: нооценоз, человек, биоценоз, атмосферный воздух, земля и почвогрунт, поверхностные воды, подземные воды и недра. Учитывая, что нормированию подлежат показатели среднего и высшего оценочного уровня, нормировочная функция будет иметь вид

$$P = \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} \left[a^{c(1-j)} K_i e^{b(1-i)} \right] ,$$

где P - комплексный оценочный показатель воздействия предприятия на природную среду; j - номер ранжированной последовательности среднего оценочного уровня; i - значение (в баллах) показателя нижнего оценочного уровня; *а,в,с* - коэффициенты приведения показателей состояния природной среды в единую оценочную систему.

Каждая из групп верхнего уровня, в свою очередь включает ранжированный ряд показателей, которые составляют средний оценочный уровень.

Главной составной частью всего живого является человек, который выделился из других биологических форм жизни благодаря способности к труду, творческой активности и нравственному самосознанию. Для оценки его состояния в горнодобывающем регионе приняты следующие показатели:

- возникновение необратимых генетических нарушений и тяжелых заболеваний;
- опасность возникновения генетических нарушений и тяжелых заболеваний;

- ухудшение здоровья населения;
- повышение утомляемости, снижение производительности труда;
- возникновение дискомфортных условий.

Объектом оценки нооценоза является общество со структурами, обеспечивающими его жизнедеятельность, включающими средства труда, через которые оно взаимодействует с природой и продуктами труда, являющиеся результатом этого взаимодействия. Нами приняты следующие показатели состояния нооценоза горнодобывающего региона:

- плотность населения региона;
- удельная капиталоемкость в промышленности;
- удельные капиталовложения в сельское хозяйство;
- развитость историко-культурной среды;
- рекреационные возможности территории.

Объектом оценки биоценоза является живая природа, представленная растительностью, микроорганизмами, животным миром. В работе выделены следующие пять показателей состояния биоценозов:

- экологическая катастрофа - остро неблагоприятные изменения в окружающей среде, вызывающие массовую гибель ценозов;
- нарушение биоценозов за пределами возможности самовосстановления;
- нарушение биоценозов на границе предела самовосстановления;
- нарушение биоценозов в пределах возможности самовосстановления;
- нарушение отдельных элементов и связей биоценозов.

При оценке нарушенности земельных площадей горнодобывающих регионов рассматривают почву с её запасами гумуса, определенной структурой, плодородием, которая является ценнейшим природным ресурсом. Почвенный покров важнейший компонент экологических систем суши и биосферы в целом, также является фиксатором, аккумулятором и распределителем энергии, прошедшей через фотосинтез растений, экраном, удерживающим в биосфере важнейшие элементы от геохимического стока, универсальным биологическим поглотителем, разрушающим и нейтрализующим загрязнения. В этой связи, важным является оценка нарушенности земель. Её сложность заключается в многообразии видов нарушения. При нормировании нарушенности земель необходимо учитывать следующие особенности: площадь нарушения; форма нарушения (выемка, карьер, просадочная воронка, насыпь, отвал); источник нарушения (карьер, шахта, обогатительная фабрика); возможность рекультивации (с учетом наличия соответствующей техники и денежных средств); характер поверхности и растительного покрова (осушение, заболачивание, падание продуктивности, урожайности); размещение сооружений (заброшенные строения, производственные и другие сооружения). Ранжировочный ряд показателей оценки состояния земель представлен следующим образом:

- уничтожение почвогрунтов и безвозвратное нарушение земель;
- долговременное отчуждение земель со снятием почвогрунтов;
- отчуждение с последующей рекультивацией;
- ухудшение качества сельхозугодий (земель и почвогрунтов);
- несельскохозяйственное отчуждение без ухудшения качества земель.

При оценке нарушения подземных и поверхностных вод рассматривается их. загрязнение под которым понимаются вызванные хозяйственной деятельностью изменения качества воды (физических, химических, биологических свойств) по сравнению с ее естественным состоянием, которые делают эту воду частично или полностью непригодной для использования. Ранжировочный ряд показателей оценки

состояния подземных вод представлен следующим образом:

- уничтожение водоносных горизонтов пресных вод;
- нарушение гидро-динамичес-кого режима пресных водоносных горизонтов;
- ухудшение качества пресных вод;
- нарушение динамического режима минерализованных подземных вод;
- увеличение минерализации подземных вод не питьевого качества.

Состояние поверхностных вод оценивается такими показателями:

- уничтожение орогидрологической системы;
- ухудшение до уровня, не допускающего восстановление;
- нарушение режима при возможности восстановления;
- ухудшение качества вод при возможности их сельскохозяйственного использования;
- ухудшение санитарного состояния в пределах ПДК.

В основу оценки экологического состояния недр приняты следующие основные аспекты их состояния:

- полнота использования основного ПИ;
- ухудшение качества основного ПИ;
- комплексность отработки;
- объем извлекаемой за пределы горной массы;
- объем нарушения массива за пределами зоны горных работ.

С использованием разработанных принципов экологического нормирования по предлагаемой методике произведена оценка уровня воздействия горных предприятий по добыче строительных материалов, рудных и нерудных минеральных ископаемых для различных горно-геологических условий и производственной мощности [4].

На основании выполненного анализа горнодобывающего предприятия и минерально-сырьевые комплексы классифицированы на пять классов:

I класс - менее 5 баллов - незначительно опасные;

II класс - от 5 до 15 баллов - умеренно опасные;

III класс - от 15 до 30 баллов - существенно опасные;

IV класс - от 30 до 50 баллов - высоко опасные;

V класс - более 50 баллов - чрезвычайно опасные.

Данная методика может быть использована при выполнении экологической экспертизы проектируемых и действующих горнодобывающих предприятий, сравнении вариантов отработки месторождений, определении величины плат за использование ресурсов и штрафов за наносимый ущерб.

Таким образом, решение задач освоения месторождений полезных ископаемых должно сопровождаться выполнением комплекса разноуровневых экологических оценок, каждая их которых имеет свои цели и задачи и реализуется по соответствующей методике. Это позволит повысить эффективность и надежность принятия технологических решений, снизит вероятность возникновения непредвиденность отрицательных экологических последствий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Методические* подходы к выбору стратегии устойчивого развития территории/Под науч.ред.проф., д.т.н.А.Г.Шапаря; НАН Украины. Ин-т проблем природопользования и экологии. - Днепропетровск,1996, - Т.1. - 162с., - Т.2. – 170 с.

2. *Шапарь А.Г., Копач П.И.* Минеральные ресурсы, их исчерпаемость, целесообразность и условия ввода в эксплуатацию.//Открытые горные работы. 2000, №4. - С57-62.

3. *Шапарь А.Г., Копач П.И.* Влияние экологических критериев эффективности освоения месторождений на выбор способа разработки.//Горный информационно-аналити-ческий бюллетень, 2002, №1. – С. 124-129.

4. *Шапарь А.Г., Радивилов Ю.В., Копач П.И.* Интегральная экспертная оценка влияния предприятий на окружающую среду региона.- Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1996, - 41 с.

Коротко об авторах

Копач П.И. – кандидат технических наук, Институт проблем природопользования и экологии Национальной академии наук Украины.

© **А.Г. Шапарь, О.А. Скрипник, В.Н. Романенко, Б.С. Гулямов, А.А. Дихтяр, 2006**

УДК 504.062

А.Г. Шапарь, О.А. Скрипник, В.Н. Романенко, Б.С. Гулямов, А.А. Дихтяр

ТЕХНОЛОГИИ УСКОРЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ СКАЛЬНЫХ ОТВАЛОВ

Семинар № 12

Так уже сложилось в горной практике, что горно-техничес-кая рекультивация считается делом горняков, а биологическая – биологов или аграриев. Если при проведении исследований по проблеме такое деление может быть оправдано, то с точки зрения законченности самого процесса рекультивации и оценки ее эффективности желательно рассматривать их в единстве. Тем более, если биологическая рекультивация в определенных ситуациях не просто стандартный набор операций по высадке деревьев или кустарников, а совокупность специальных процессов, осуществляемых с применением специальных технологий и оборудования. В данном случае именно о такой ситуации и пойдет речь.

Скальные отвалы в Кривбассе, например, в большинстве случаев отсыпаны из крепчайших пород докембрия, которые представляли собой вмещающие рудную залежь слои кварцитов, диабазов и т.п. При производстве вскрышных работ их предварительно взрывают, средний размер куска ограничивается экскавационным и транспортным оборудованием, а в целом гор-ная масса представлена крупнокусковым материалом. В процессе отсыпки вскрышных пород в отвал они скатываются по откосу на высоту отвального яруса, при этом за счет сегрегации они разделяются по фракциям с увеличением размера кусков сверху вниз. После отсыпки внешнего отвала он представляет собой ступенчатообразную возвышенность с перепадом высот до 150-200 м. При этом площадь, занятая отвалом, делится примерно поровну на участки с горизонтальными и наклонными площадками. Горизонтальные участки могут быть рекультивированы путем нанесения на них плодо-

родного слоя и высадки на них деревьев и кустарников по обычной технологии. Откосная часть отвала остается, как правило, не засаженной.

В естественных условиях безжизненными откосы остаются в течение 50 лет и более. Объясняется это не токсичностью пород, они совершенно не токсичны, а высокой их прочностью, что предопределяет очень невысокую скорость их разрушения под воздействием факторов выветривания и, следовательно, очень медленным образованием растительного субстрата. В естественных условиях он появляется благодаря переносу ветром пыли и ее оседанию в углублениях между кусками откосной породы. В таком субстрате появляются бактерии и начинает зарождаться жизнь. В эти места через время попадают занесенные ветром зерна растительности или птицами плоды, они прорастают и постепенно склоны начинают зарастать. Примерно так в естественных условиях действует механизм зарождения вторичных ландшафтов. При этом подпитка влагой происходит в основном за счет конденсации на разогретых днем кусках породы атмосферной влаги. Опыт свидетельствует, что покрытие откосов толстым слоем плодородных пород исключает это природное явление, на откосах ничего не приживается, они начинают пылить и поэтому этот способ не практикуется.

Взяв за основу природный механизм зарастания, можно предположить сле-дующий способ ускоренного зарастания скальных отвалов. С помощью устройства типа гидромонитора или перемещающейся по откосу трубы на его поверхность разбрызгивается раствор воды с почвообразующим субстратом. В этот же раствор добавляются семена растительности и косточки древесных пород.

В качестве почвообразующего субстрата предлагается использовать, например, илы, образовавшиеся в процессе осаждения на полях фильтрации хозфекальных стоков. Эти илы представляют собой органическое удобрение и они могли бы с успехом использоваться в сельском хозяйстве. Однако с хозяйственными стоками в отстойники поступает большое количество тяжелых металлов, что делает их непригодными для указанных целей и превращает проблему хранения илов в трудноразрешимую. Если не налажена переработка отходов на крупных птицефабриках и животноводческих комплексах, крахмалопаточных и сахарных заводах, то они превращаются в концентрированные токсичные стоки. Предлагаемое направление использования таких отходов позволяет, с одной стороны, обеспечивать постоянно необходимые для хранения объемы хранилищ, а с другой стороны, растворив их с водой для опрыскивания откосов отвалов, резко снизить концентрацию опасных ингредиентов, их содержание не будет превышать величину Кларка для конкретных территорий. В то же время органические вещества этих растворов, проникнув в глубь отвала, в межкусковом пространстве образуют почвенный субстрат и в нем начинается полезная для последующего зарастания откосов деятельность микробов.

Как отмечалось выше, вместе с раствором по склону откоса разбрасываются также семена растительности и косточки древесных пород. Они также концентрируются в межкусковом пространстве, где находится питательный субстрат, и при соответствующих условиях могут прорасти и в последующем закрепиться на откосе. Естественно, что благоприятные условия для этого будут складываться не во всех случаях, будет иметь место большая потеря посевного материала. Поэтому, очевидно, возникнет необходимость повторить операцию по разбрызгиванию раствора по откосу несколько раз.

В качестве древесной растительности, показавшей хорошие результаты по приживаемости в экстремальных условиях степной зоны, можно рекомендовать дикий абрикос, лох серебристый, акацию и др. Со временем тут возникает и травостой, характерный для данной местности.

Таким образом создаются условия для образования вторичных ландшафтов и если в них выдерживается необходимое соотношение наклонных и ровных участков, то они становятся достаточно устойчивыми экосистемами и характеризуются высокой степенью биоразнообразия. Учитывая труднопроходимость этих территорий, они становятся прибежищем и для диких животных. Все это послужило основанием рекомендовать такие территории в качестве вторичных ядер и коридоров в создаваемой екологической сети. Учитывая высокую сельскохозяйственную освоенность земель (71%) и распаханность (81%), предложение использовать скальные отвалы в качестве элементов экологической сети имеет большое как экологическое, так и экономическое значение.

Как видно из вышеизложенного, высокая эколого-экономическая эффективность, большие масштабы работ, целесообразность применения специального оборудования предопределяет необходимость рассматривать горно-техническую и биологическую рекультивацию при применении технологии ускоренного зарастания скальных отвалов в едином комплексе и обуславливает желательность выполнения этих работ единым производственным цехом. При этом внесением субстрата и семян работы на рекультивируемых площадях не должны заканчиваться. На этих территориях целесообразно создавать в последующем заказники и технопарки, как элемента экологической сети.

В настоящее время заложен опытный участок на карьере ИнГОКа с использованием элементов рассмотренных технологий, что позволит отработать основные технические и биологические параметры предложенного способа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Булахов В.Л., Шапарь А.Г., Романенко В.Н. и др.* Формирование ландшафтного разнообразия при организации заповедно-охраняемых территорий как экологическая мера успешной биологической реабилитации отработанных земель горнорудными разработками. Сб. научных трудов «Экология и природопользование». Вып. 3. ИППЭ – Днепропетровск, 2001.

2. *Шапарь А.Г., Усенко А.Л.* Санитарные зоны вокруг отвалов и шламохранилищ, платежи за загрязнение ими окружающей среды. Ж. «Горный информационный аналитический бюллетень», № 9. Из-во – Московского горного университета, 2004. с.197-199.

Коротко об авторах

Шапарь А.Г., Скрипник О.А., Романенко В.Н., Гулямов Б.С., Дихтяр А.А. – Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины.

© Г.Д. Зайцев, В.И. Ческидов, 2006

УДК 622.271

Г.Д. Зайцев, В.И. Ческидов

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ БЕЗВЗРЫВНОЙ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Семинар № 12

Одним из приоритетных направлений повышения эффективности открытых горных работ является замена традиционной технологии с буровзрывной подготовкой пород на безвзрывную, обеспечивающую помимо сокращения затрат значительное повышение качества и полноты выемки минерального сырья, а также улучшение экологической обстановки [1]. Масштабы применения такой технологии определяются созданием специальной техники, что предопределяет необходимость прогнозирования перспектив её развития.

Технический прогресс оборудования, обеспечивающего выемку горной массы из массива, связан с достижениями в области разрушения крепких пород – главного процесса в работе машины, обеспечивающего её технологические возможности, производительность и удельную энергоемкость. Основой для создания рабочих органов новых машин в ближайшие годы будет оставаться механический способ разрушения, поскольку другие способы (разрушение гидроструями высокого давления, лазерное, термо и электромеханическое воздействие и др.) пока не вышли из стадии исследований и экспериментального изучения.

Оборудование, используемое при безвзрывной разработке горных пород, по функциональному назначению может быть разделено на два класса, а по конструктивно-технологическим признакам – на пять групп (рис. 1).

Навесные тракторные рыхлители, широко применяемые на открытых горных работах с 60-х годов прошлого века, в последнее время вновь привлекают внимание исследователей и производственников. Этому способствовало прежде всего увеличение тяговых возможностей бульдозерно-рыхлительных агрегатов и создание исполнительных органов активного действия. За счет использования гидромолота с энергией удара до 6-8 кДж и частотой удара 540 мин$^{-1}$ глубина рыхления может быть увеличена в 1.2–1.4 раза, а интенсивность процесса разрушения до 2-х раз. В результате область безвзрывного разрушения пород расширяется с прочности на сжатие $\sigma 1$ = 20 - 60 до 100-120 МПа, [2].

Для подготовки горных пород к выемке в последние два десятилетия расширено применение гидравлических молотов, которые ранее использовались в различных горнодобывающих отраслях для дробления негабаритных кусков породы, а с созданием более мощных и эффективных ударных устройств – для разрушения массивов пород прочностью до 250 МПа. В нашей стране и за рубежом освоен выпуск различных моделей гидромолотов с энергией удара 8 – 10 кДж и более. Разрушение массива пород осуществляется слоями высотой 1–4.5 м.

Рис. 1

Производительность машин осуществляющих механическое разрушение пород, как известно, зависит от ряда факторов. Наиболее существенными являются мощность рабочего органа, структурно-прочностные свойства разрабатываемого массива и степень дробления породы, рис. 2.

В последние годы большое внимание в мире уделяется созданию выемочно-погрузочных машин непрерывного действия, позволяющих осуществлять разработку крепких пород без предварительной подготовки – машинам послойного фрезерования (МПФ) – горным комбайнам. К настоящему времени промышленную апробацию прошли около 40 моделей машин зарубежных фирм. Наиболее представительными известны комбайны фирмы "Виртген" (WSM), "Крупп Фердертехник" (KSM), "Ман Такраф" (MTS) и "Фест Альпине" (VASM) [3-6], которые различаются по конструкции, расположению и типу рабочего органа, принципу действия и др., (таблица).

При разработке пород максимальной прочности наилучшие результаты достигаются машинами фирмы "Виртген". Комбайны первого поколения WSM обеспечивали безвзрывную разработку пород $\sigma_1 \leq$ 80 МПа слоями 0.2 – 0.6 м. Принципиальным отличием нового поколения комбайнов WSM является полный перевод всех машин на гидромеханическую передачу, четырёхтележечный ход, а также ряд усовершенствований в области их управления и обслуживания. Новые модели комбайнов WSM оснащены более мощными двигателями, вес машин увеличен на 30%. Это позволило увеличить в 2.4 раза один из главных эксплуатационных параметров, определяющих производительность комбайна – максимальную глубину фрезерования.

По характеру реализуемого рабочего процесса машины с исполнительным органом фрезерного типа относятся к породоразрушающим механизмам мелкого скола, что является преимуществом при разработке горной массы, подвергаемой измельчению в последующем технологическом процессе, так как позволяет исключить I и II стадии дробления на обогатительной фабрике. Однако, при разработке вскрышных пород и полезного ископаемого, не требующего дальнейшего дробления, это обусловливает высокие

Систематизация горных комбайнов

Конструкция рабочего органа	шнекофрезерный вал роторное колесо, оснащенное ковшами фрезерный барабан	WSM, MTS KSM VASM
Расположение рабочего органа	центральное под рамой машины фронтальное на раме фронтальное на стреле с гидроцилиндром	WSM KSM, MTS VASM
Процесс разработки горного массива	вращением рабочего органа и напорным усилием на забой за счет: поступательного движения машины; перемещения стрелы сверху вниз под действием гидроцилиндров	 WSM, KSM, MTS VASM
Удаление отбитой горной массы	совмещенное раздельное комбинированное	WSM, MTS VASM KSM
Назначение, область возможного применения	По прочности разрабатываемых пород: – для пород средней крепости, σ_1 = 30 – 70 МПа, прослойки до 100 – 120 МПа; – для крепких коренных пород σ_1 = 70 – 120 МПа, в отдельных случаях до $\sigma_1 \leq 250$ МПа. По условию селективной выемки: – для тонкослоевой и селективной выемки пластов полезного ископаемого и вмещающих пород; – для отработки мощных угольных пластов и вскрышных пород.	 KSM WSM,MTS, VASM WSM, MTS KSM, VASM

удельные энергозатраты, предопределяет повышенный износ рабочего органа и инструмента, увеличивает трудоемкость и время на его замену, что в итоге приводит к дополнительным эксплуатационным расходам. То есть в этом случае нарушается один из основных принципов технологии открытых горных работ – не дробить лишнего.

Номинальная производительность комбайнов изменяется в широких пределах (от 300 до 2000 м^3/ч в разрыхленной массе). По сравнению с другими типами машин наибольшей производительностью обладает KSM–2000P.

Относительно эффективности применения новых выемочно-погрузочных машин в публикациях [6-11] встречаются диаметрально противоположные мнения. Как показал анализ, это является следствием непредвиденных и неучтенных технологических и организационных особенностей работы техники. До сих пор специфические особенности и качество различных типов оборудования должным образом не оценены и не проверены на практике. Некоторые модели машин находятся в начальной стадии своего развития и требуют серьезной доработки.

Основной технологической особенностью карьерных комбайнов является порядок отработки уступов слоями по высоте и полосами в каждом слое. В этом случае забоем комбайна, как и при работе бульдозеро-рыхлительных агрегатов, служит поверхность площадки уступа. Применение машин этого типа обеспечивает наилучшие условия для снижения потерь и повышения качества добываемого сырья при разработке горизонтальных и пологих пластовых залежей полезных ископаемых. Совершенствование конструкций комбайнов, и в частности, уменьшение длины

стрелы и размещение рабочего органа на раме машины, с одной стороны позволило повысить усилия резания и жесткость конструкции, с другой стороны ухудшило технологические возможности оборудования. Так, использование машин типа WSM требует оставления целиков в торцах выемочного блока и необходимость обустройства на флангах горных работ широких рабочих площадок для разворота машин, что приводит к дополнительным объемам вскрышных работ. Поэтому данный тип машин, в основном, применяется на неглубоких карьерах при отработке залежей полезного ископаемого поверхностными одиночными и многорядными слоями, или на выемке тонких пластов полезного ископаемого и породных прослоев при разработке месторождения уступами с использованием традиционной техники и технологии. Отмеченных недостатков лишены комбайны с передним расположением рабочих органов. В целом же, как показывает опыт, специфика послойно-полосовой разработки массива с использованием комбайнов усложняет их эффективное использование в сложившихся системах разработки действующих карьеров.

Вследствие этого производительность, указываемая фирмами-изгото-вителями, а также расчетная, зачастую на практике не подтверждается. Так, например, годовая производительность KSM–2000P по [7] составила около 30% от расчетных значений. Аналогичные результаты получены при эксплуатации 2600 SM на карьере Айхальского ГОКа (Якутия) [11]. Такое несоответствие объясняется тем, что техническая производительность любой выемочно-погрузочной машины с ростом σ_1 разрабатываемых горных пород экспоненциально снижается, причем в сравнении с экскавацией взорванной горной массы, темп её снижения значительно выше, рис. 2. Отечественный и зарубежный опыт эксплуатации выемочного оборудования показал, что нельзя ориентироваться на предельные значения параметров прочности пород, указанных фирмами – изготовителями. Оптимальное качество забоя для работы карьерных комбайнов можно ориентировочно определить по величине [12]

$k_1 = (0{,}5 – 0{,}6)\, k_2$,

где k_1 – удельное сопротивление массива пород копанию, k_2 – удельное усилие копания выемочно-погрузочной машины.

Результаты расчетов и эксплуатации показали, что, например, KSM–2000P целесообразно эксплуатироватья в породах с $\sigma_1 \leq 40 – 50$ МПа. Техническая производительность выемочно-погру-зочного оборудования Q_T в зависимости от хрупкости пород составит 200 – 800 м^3/ч (коэффициент снижения технической производительности относительно номинальной η = 0,25 – 0,5). В этом диапазоне значений σ_1 коренных пород, как видно из графиков Q_T, KSM–2000P в 3–4 раза ниже, чем у ЭКГ-12 при погрузке взорванной горной массы. Следовательно, на современном этапе в крупномасштабном горном производстве имеющиеся комбайны не могут пока конкурировать с одноковшовыми экскаваторами и буровзрывной подготовкой вскрышных пород с $\sigma_1 > 50$ МПа.

Для обеспечения поточной выемки пород $\sigma_1 \leq 50$ МПа, с сохранением технологических преимуществ отработки карьера уступами, в ряде стран ведутся работы по созданию компактных роторных экскаваторов, основной отличительной особенностью которых является короткая стрела.

Опытно-промышленные испытания экскаватора К-650 фирмы "Юнекс" (Чехия) на карьере "Удачный" (Якутия) показали [13], что при безвзрывной разработке кимберлитовых руд с $\sigma_1 = 30 – 50$ МПа его производительность с погрузкой в самосвалы составила 347.5 м^3/ч в рыхлой массе, а если доработать породоразрушающий орган, область применения может распространиться на породы с $\sigma_1 \leq 60$ МПа с сохранением Q_T на том же уровне.

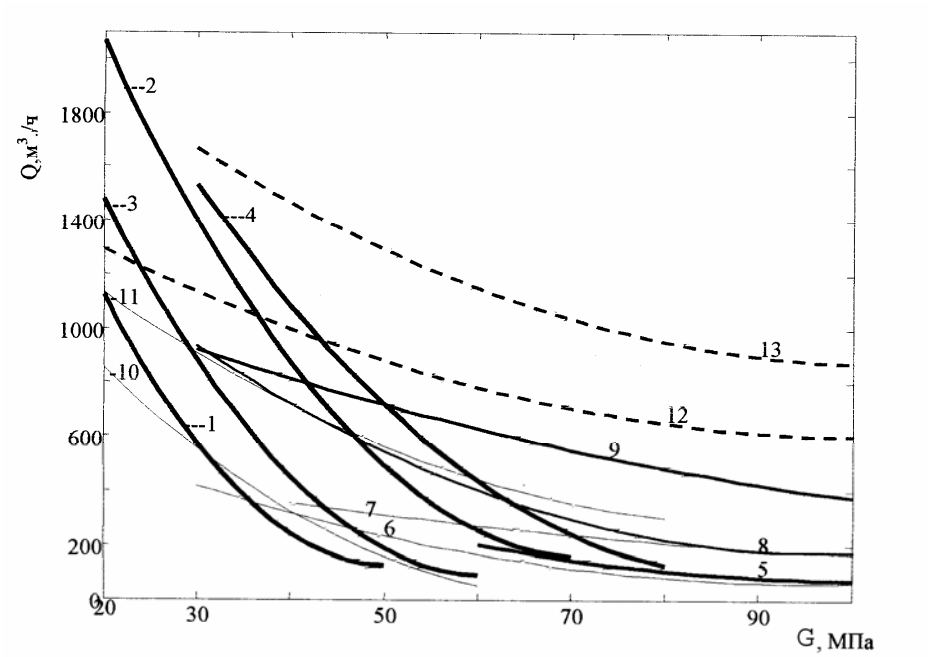

Рис. 2. Изменение технической производительности оборудования в зависимости от прочности разрабатываемых пород на сжатие: при безвзрывной разработке пород (1-11) и экскавации взорванной горной массы (12, 13): 1 – 6 – оборудование для рыхления (дробления) массива: 1, 2 – бульдозер-рыхлитель D 11 R формы "Катерпиллер" (1 – коренные породы, 2 – выветрелый массив); 3, 4 – рыхлитель активного действия (трактор Т-500, энергия удара гидромолота A_1=6 кДж); 5 – навесной гидромолот, A_1 = 10 кДж; 6, 7 – ЭКГ-5В, суммарная максимальная энергия удара активных зубьев A_2 = 6 кДж (6), A_2 = 9кДж (7); 7 – 13 – выемочно-погрузочные машины: 8, 9 – ЭКГ-12В, A_2 = 16 кДж (8), A_2 = 28 кДж (9); 10, 11 – KSM-2000R (10 – коренные породы; 11 – выветрелые); 12 – ЭКГ-12; 13 – ЭКГ-20.
——— безвзрывная разработка; - - - - - - - с применением БВР.

В России предложены роторно-фрезерные экскаваторы [14], конструкция фрезы которых позволяет вести отработку забоя вертикальными и горизонтальными стружками, что удовлетворяет условиям селективной выемки пластов практически при любом их залегании. Экскаваторные работы могут проводиться без предварительного взрывания при σ_1 до 40 МПа.

Дальнейшее развитие машин непрерывного действия связывают с усовершенствованием и созданием рабочих органов, создающих в процессе разрушения массива вместо сжимающих сдвиговые или растягивающие напряжения, с изысканием качественно новых материалов, обеспечивающих повышение износостойкости инструмента, их надежность и долговечность. Это позволит [15], примерно в 1,5 раза расширить существующую область безвзрывной разработки крепких горных пород (рис. 3).

Отработку наклонных и крутопадающих залежей, особенно сложного строения, как показывает опыт, лучше осуществлять одноковшовыми экскаваторами.

В развитии конструкций карьерных одноковшовых экскаваторов для разработки массивов горных пород получили развитие два направления. Первое основано на использовании гидравлических экскаваторов со специальным ковшом и рыхлителем. Второе предусматривает оснащение экскаваторов ковшом с ударными зубьями – ковш активного действия (КАД). По скорости силового воздействия рабочего органа на забой, в первом случае, разрушение породы осуществляется статическим воздействием ($V \leq 2{,}5$ м/с), а во втором – динамическим ($V > 2{,}5$ м/с).

Поскольку усилия копания P, кН крепких пород статическим воздействием весьма высокие, используются экскаваторы более мощной модели, чем необходимо для обеспечения требуемой производительности. Так, например, использование специально разработанного ковша вместимостью 8 м^3, вместо стандартного 13,5 м^3 для экскаватора фирмы "Либхерр" R–994 массой 214 т позволило при P = 1100 кН, получить на режущей кромке ковша удельное усилие P = 350 кН/м, производительность Q = 500 - 650 м^3/ч, [16], то есть производительность экскаватора используется примерно на 30 %.

Применение КАД позволяет, благодаря практически мгновенному переходу кинетической энергии удара в массив, получить на лезвии зуба усилия до 3500 – 4500 кН и более, что на порядок выше, чем у современных гидравлических экскаваторов равного класса. В конце 80-х годов фирмами "Фест–Альпине" и "Нидермайер" (Германия) создано рабочее оборудование с КАД для гидравлических экскаваторов массой до 115 т. [17]. В России в 90-е годы по техническому заданию ИГД СО РАН был спроектирован и изготовлен ОАО "Уралмаш" экскаватор ЭКГ-5В с КАД [18]. Сопоставление основных показателей ЭКГ-5В с показателями экскаваторов, применяемых за рубежом при безвзрывной выемке, показало, что энер-госиловые возможности механической лопаты с КАД позволяют разрабатывать массив с σ_1 пород в 1,5–2 раза выше, чем при использовании машин LB-500M фирмы "Бола Ладетехник". При одинаковой прочности разрабатываемых пород Q_T у ЭКГ-5В и R-992 примерно равны, а стоимость отечественной механической лопаты с КАД значительно ниже названных зарубежных аналогов.

В связи с общей тенденцией увеличения единичной мощности горнотранспортного оборудования карьеров, в ИГД СО РАН обоснованы параметры экскаватора ЭКГ-12В, [19]. Сопоставление ЭКГ-12В и KSM-2000P по таким удельным показателям как Q_T при σ_1 = 50 МПа), отнесенная к единице массы машины, и энергоемкость выемки горных пород, угол откоса рабочего борта, оказывающего существенное влияние на режим вскрышных работ, новая модель экскаватора с КАД при разработке сложноструктурных крутопадающих месторождений полезных ископаемых в большей степени удовлетворяет требованиям безвзрывной технологии.

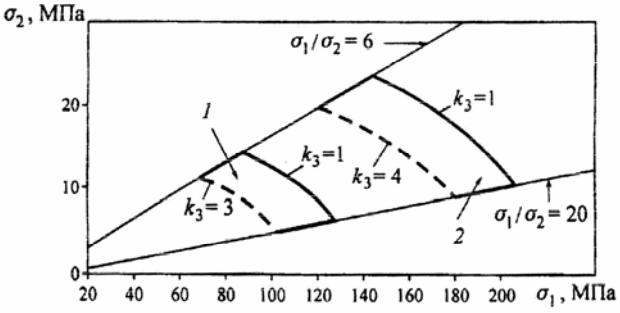

Рис. 3. Область применения комбайнов в зависимости от прочности и абразивности пород: *1, 2* – современная и перспективная области; k_3 – показатель абразивности пород по Cerchar Abrasivity Index; σ_1, σ_2 – прочность пород на сжатие, растяжение

Опыт эксплуатации экскаваторов с КАД, а также проведенные теоретические и экспкриментальные исследования свидетельствуют о наличии возможностей повышения их технического уровня. Увеличение их производитель-ности и улучшение технико-экономи-ческих показателей может быть достигнуто путем повышения мощности пневмомолотов и применения новых износоустойчивых материалов, что позволит заметно увеличить производительность и эффективно осуществлять безвзрывную выемку горных пород прочностью до 80–100 МПа (рис. 2).

Главным показателем конкурентоспособности техники и технологии является их экономическая эффективность, и при оценке способов разрушения – экологичность. Конкурентоспособность безвзрывной технологии определяется, прежде всего, состоянием технического уровня экскавационных машин и стоимостью оборудования. Исследованиями доказана техническая целесообразность безвзрывной выемки угольных пластов и пород междупластий с использованием комбайнов на карьерах Сибири. Однако по экономическим показателям [8], данный тип машин в настоящее время не имеет преимуществ в сравнении с традиционным оборудованием.. Это связано с высокой стоимостью, относительно низкой эксплуатационной производительностью зарубежных комбайнов в суровых климатических условиях России и ограниченным сроком их службы (2600 SM около 6 лет, экскаваторы типа ЭКГ – не менее 15-18 лет). По этим причинам, в частности, прекращена эксплуатация роторного экскаватора К-650, несмотря на то, что кроме устранения буровзрывных работ, на 18 % были снижены энергозатраты на измельчение руды на обогатительной фабрике [13].

Таким образом, из приведенного следует, что в настоящее время использование рассматриваемой техники и технологии привлекательно, прежде всего, при отработке участков карьеров, где проведение взрывных работ ограничено по условиям техники безопасности и экологии. Исключение комплекса буровзрывных работ из технологических процессов позволяет в 3-5 раз уменьшить размеры санитарно-защитной зоны, пересмотреть границы действующих карьеров, где инженерные коммуникации и близость населенных пунктов не позволяют вести горные работы по существующей технологии, и в результате, кроме снижения экологической нагрузки, получить значительный экономический эффект.

Выводы

1. Современное оборудование для безвзрывных технологий в различных горно-геологических условиях обеспечивает эффективную разработку горных пород с пределом прочности на сжатие до 60 МПа. При выемке более крепких пород по экономическим показателям такое оборудование не может конкурировать с одноковшовыми экскаваторами и буровзрывной подготовкой массива.

2. Повышение технического уровня комбайнов и экскаваторов с КАД, масштабное применение которых представляется наиболее востребованным, позволит расширить эффективную область безвзрывной разработки пород до $\sigma_1 \leq 100$ МПа.

3. Результаты исследований и эксплуатации позволяют по конструктивно-технологическим параметрам машин выделить наиболее предпочтительные направления их применения:

– бульдозерно-рыхлительные агрегаты, горные комбайны, многоковшовые экскаваторы компактного исполнения – на разработке горизонтальных и пологопадающих сложноструктурных залежей;

– одноковшовые механические и гидравлические экскаваторы, навесные гидромолоты – на разработке месторождений различных по условиям залегания и сложности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сеинов Н.П., Шендеров А.И., Жариков И.Ф., Нуриджанян Г.З.* Перспективные направления повышения эффективности открытой угледобычи за счет совершенствования техники и технологии горных работ // Уголь.– 2002. – № 10.
2. *Комаров Е.И.* Результаты испытаний рыхлителя активного действия при разрушении кимберлитовых руд // Горные машины и автоматика. – 2003.– № 1.
3. *Алешин Б.Г., Коваленко С.К., Виницкий К.Е., Шендеров А.И., Штейнцайг Р.М.* Конструктивно-технологические особенности и перспективы применения машин типа КСМ на разрезах России // Горный вестник.– 1996.– № 4.
4. *Пихлер М., Панкевич Ю.Б.* Направления совершенствования и результаты применения Wirtgen Surface Miner на карьерах и разрезах мира // Горная промышленность. – 2000.– № 3.
5. *Manfred Schaffer.* Cotinuous Mining of Strong Rock with the Voest-Alpine Surfase-Miner // Bulk solids handling. – 1993, V13, № 2.
6. *Краснянский Г.Л., Штейнцайг Р.М., Рудольф В., Коваленко С.К.* Опыт создания и перспективы освоения в горнодобывающей промышленности машин нового поколения КСМ – 2000 РМ // Уголь. – 1998. – № 4.
7. *Резников Е.Л., Штейнцайг Р.М.* Повышение эффективности и расширение области использования геотехнологий с конвейеризацией транспорта крепких пород // Горный журнал.– 2003. – № 6.
8. *Щадов В.М.* Технолого-организационные основы формирования стратегии развития открытой угледобычи / Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. д.т.н. – М.: МГГУ, 2001.
9. *Домбровский А.Н., Сидоренко И.А.* Эффективность применения компактного и мобильного оборудования для открытых горных работ // Горный журнал. – 1998.– № 1.
10. *Комаров Е.И., Ломакина С.Н.* Технологические преимущества комплексов мобильного оборудования с рыхлителями активного действия при разработке карбонатного сырья // Горные машины и автоматика. – 2003.– № 7.
11. *Анистратов К.Ю., Луцишин С.В.* Исследование характеристик комбайна послойного фрезерования 2600SM фирмы Виртген на карьере тр. "Юбилейная" // Сб. докл. Международной конф. по открытым горным, земляным и дорожным работам.– М.– 1994.
12. *Беляков Ю.И.* Выемочно-погрузоч-ные работы на карьерах.– М., "Недра".– 1987.
13. *Радьков В.А., Усачев В.М., Юрин Н.Н. и др.* Опытно-промышленные испытания компактного роторного экскаватора на карьере "Удачный"// Горный журнал. – 1997. – № 10.
14. *Волков Д.П., Демин А.А., Кузнецов И.П., Савинко А.Я.* Новые роторно-фрезерные экскаваторы для разработки сложноструктурных месторождений // Строительные и дорожные машины. – 1996. – № 4.
15. *Вагнер Н.* Технологии открытых и подземных горных работ – тенденции развития // Материалы 21 горного конгресса. – Дели, 2003.
16. *Анистратов Л.Ю.* Безвзрывная выемка полускальных пород на карьерах стройматериалов гидравлическими экскаваторами фирмы LIEBHERR // Горная промышленность – 1998. – № 1.
17. *Weissflog J.* Mobile equipment for excavation or crushing and transportation of hard material in openpits. International Journal of Surface Mining. – 1989. – V.3, № 3.
18. *Маттис А.Р., Лабутин В.Н., Лысенко Л.Л. и др.* Опыт создания и эксплуатации экскаватора ЭКГ-5В // Горный журнал. – 1997. – № 10.
19. *Маттис А.Р., Зайцев Г.Д.* Создание экскаватора большой единичной мощности для безвзрывной разработки горных пород // ФТПРПИ.– 2000.– № 6.

Коротко об авторах

Ческидов В.И. – кандидат технических наук, заведующий лабораторией открытой геотехнологии,
Зайцев Г.Д. – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории открытой геотехнологии,

ИГД СО РАН, г. Новосибирск,