© Т.Т. Исмаилов, М.В. Эздеков, 2006

УДК 622.014.3:502.76

Т.Т. Исмаилов, М.В. Эздеков

ИНТЕГРАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕГИОНА ИНТЕНСИВНОЙ ГОРНОЙ ДОБЫЧИ

Экологическая безопасность горнодобывающего региона характеризуется рядом взаимоувязанных подсистем: экосистемы, источники загрязнений, системы защиты воздуха, почвы, гидросферы, поверхности и недр. Оптимизация параметров и характеристик систем производится по эколого-экономи-ческим показателям с помощью модели, которая включает функции цели, сравниваемые по критерию сохранности экосистем окружающей среды [1].

Исследованием закономерностей в процессе управления состоянием атмосферы устанавливается механизм взаимодействия и системные связи технологий и среды, а также пути загрязнения, что позволяет разработать модель системы, целью управления которой является превентивное прогнозирование загрязнения, а критерием эффективности - снижение уровня загрязнения среды горного региона.

При моделировании параметров потоков загрязнителей ставится задача уточнения показателя загрязнения, который становится критерием оптимальности прогноза. В процессе такого моделирования повышается эффективность природоохранной стратегии по сравнению с традиционным подходом [2].

При выработке природоохранных решений нами предложено при-менять интегральную модель распространения загрязнителей. Входными параметрами для такого моделирования являются величины выбросов источников загрязнения, характеристика вредных веществ, направление и скорость ветра, температура внешней среды и количество воды.

Величина прогнозируемого загрязнения определяется с использованием комплексного индекса загрязнения, учитывающего опасность загрязнения наиболее вредными веществами. С целью учета специфики и экологической значимости различных областей данный показатель дополняется коэффициентами приоритетности загрязняемых участков.

Целью управляющего центра является предотвращение превышения допустимых норм загрязнения, а критерием ее достижения – снижение риска возникновения опасного загрязнения региона.

Охрана экосистем окружающей среды сводится к минимизации негативных воздействий горными работами, в том числе:

Атмосфера:

- объем газовых загрязнителей при добыче и переработке минералов;

- объем пылевых загрязнителей при добыче и переработке минералов.

Физическая модель минимизации:

$$V_{газ} = З \cdot K_{и}^{г} \cdot K_{и}^{о} \cdot K_{и}^{м}(1 - K_{у}) \cdot K_{м}^{газ}, м^{3}$$

$$V_{пыль} = З \cdot K_{и}^{г} \cdot K_{и}^{о} \cdot K_{и}^{м}(1 - K_{у}) \cdot K_{м}^{пыль}, м^{3}$$

где $V_{газ}$ - объем газовых отходов при добыче и переработке минералов, м^3; $V_{пыль}$ - объем пылевых отходов при добыче и переработке минералов, м^3; $З$ - запасы полезного ископаемого, м^3; $K_{и}^{г}$ - коэффициент извлечения при горном переделе, доли ед.; $K_{и}^{о}$ - коэффициент извлечения при обогащении, доли ед.; $K_{и}^{м}$ - коэффициент извлечения при металлургическом переделе, доли ед.; $K_{у}$ - коэффициент утилизации отходов добычи и переработки, доли ед.; $K_{м}^{газ}$ - коэффициент миграции газов при добыче и переработке, доли ед.;

$$K_{м}^{газ} = f \int_{min}^{max} V_{о}, V_{в}, K_{син}, t, T, S, P$$

где $V_{о}$ - объем отходов добычи и переработки, м^3; $V_{в}$ - объем воды, участвующей в процессах добычи и переработки, м^3; $K_{син}$ - коэффициент, учитывающий синергетику процессов в отвале; t - время хранения отходов; T - температура процессов в отвале, градус; P - атмосферное давление, $атм$.; $K_{м}^{пыль}$ - коэффициент миграции пыли при добыче и переработке, доли ед.:

$$K_{м}^{пыль} = f \int_{min}^{max} V_{о}, V_{в}, F_{в}, t, T, S, P \ ,$$

где $F_{в}$ - скорость воздуха в окрестностях отвала, м/с.

Гидросфера:

- объем жидких загрязнителей в процессе добычи и переработки минералов;

- объем загрязнителей при хранении отходов добычи и переработки сырья.

Физическая модель минимизации:

$$V_{дп}^{з} = З \cdot K_{и}^{г} \cdot K_{и}^{о} \cdot K_{и}^{м}(1 - K_{у}) \cdot K_{м}^{сток}, м^{3}$$

$$V_{хр}^{з} = З \cdot K_{и}^{г} \cdot K_{и}^{о} \cdot K_{и}^{м}(1 - K_{у}) \cdot K_{син} \cdot K_{м}^{сток}, м^{3}$$

где $V_{дп}^{з}$ - объем загрязнителей при добыче и переработке минералов, м^3; $V_{хр}^{з}$ - объем загрязнителей при хранении отходов, м^3; $З$ - запасы полезного ископаемого, м^3; $K_{и}^{г}$ - коэффициент извлечения при горном переделе, доли ед.; $K_{и}^{о}$ - коэффициент извлечения при обогащении, доли ед.; $K_{и}^{м}$ - коэффициент извлечения при металлургическом переделе, доли ед.; $K_{у}$ - коэффициент утилизации отходов добычи и переработки, доли ед.; $K_{м}^{сток}$ - коэффициент миграции промышленных стоков, доли ед.;

$$K_{м}^{сток} = f \int_{min}^{max} V_{о}, V_{в}, K_{син}, t, T, S, P$$

где $V_{о}$ - объем отходов добычи и переработки, м^3; $V_{в}$ - объем воды в процессах добычи, переработки и хранения, м^3; $K_{син}$ - коэффициент, учитывающий синергетику процессов в отвале; t - время хранения отходов; T - температура процессов в отвале, градус; P - атмосферное давление, $атм$.

Литосфера:

- объем миграции загрязнителей почвы из отходов добычи и переработки;

- площади земель, занимаемых под отвалы отходов добычи и переработки;

- объем обрушенных по технологическим причинам земель.

Физическая модель минимизации:

$$V_{загр} = З \cdot K_{и}^{г} \cdot K_{и}^{о} \cdot K_{и}^{м}(1 - K_{у}) \cdot K_{м}^{п}, м^{3}$$

$$V_{обр} = \frac{З \cdot V_{п}}{V_{з}}, м^{3}$$

$$S_{зем} = \frac{З \cdot K_{и}^{г} \cdot K_{и}^{о} \cdot K_{и}^{м}}{S_{н}}, м^{2}$$

Интегральная физическая модель управления экологией округа минимизацией минерального загрязнения его экосистем формируется на основании полученных аналитическими и экспериментальными исследованиями зависимостей:

$$\sum_{1}^{п} V_{о}^{з} = V_{о}^{а} + V_{о}^{г} + V_{о}^{л} = V_{о} \cdot K_{м}^{газ} +$$

$$+ V_{о} \cdot K_{м}^{пыль} + V_{о} \cdot K_{м}^{ср} + V_{о} \cdot K_{м}^{со} + V_{о} \cdot K_{м}^{п}, м^{3}$$

$$V_{обр} = \frac{З \cdot V_{п}}{V_{з}}, \ м^{3}$$

$$S_{зем} = \frac{З \cdot K_{и}^{г} \cdot K_{и}^{о} \cdot K_{и}^{м}}{S_{н}}, м^{2}$$

где $V_{загр}$ - объем загрязнителей при добыче и переработке минералов, м^3; $З$ - запасы полезного ископаемого, м^3; $K_{и}^{г}$ - коэффициент извлечения при горном переделе, доли ед.; $K_{и}^{о}$ - коэффициент извлечения при обогащении, доли ед.; $K_{и}^{м}$ - коэффициент извлечения при металлургическом переделе, доли ед.; $K_{у}$ - коэффициент утилизации отходов добычи и переработки, доли ед.; $K_{м}^{п}$ - коэффициент миграции загрязнителей в почву, доли ед.; $V_{обр}$ - объем обрушения массива и земной поверхности над ним, м^3; $V_{п}$ - объем образованных в массиве пустот, м^3; $V_{з}$ - объем заложенных пустот, м^3; $S_{зем}$ - площадь земли для хранения отходов, м^2; $S_{н}$ - норматив отведения земли для хранения отходов, м^2/м^3.

Интегральная физическая модель описывает сумму ущерба экосистемам окружающей среды в ходе добычи полезных ископаемых. Уравнения решаются совместно методом перебора. Значения входящих в рас-четы величин определяются опыт-ным путем для конкретных условий эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

Инструментом оптимизации модели являются:

- технология добычи полезного ископаемого;
- технология утилизации отходов всех фаз.

Технико-экономические показатели оптимизированной по экологическому фактору технологии $Q^{ф}(t)$ являются функцией времени и состоят из детерминированной составляющей $Q^{g}(t)$ и случайной функции времени E (t).

Условие оптимальности имеет вид:

$$O = \sum A \sum_{\min}^{\max} \frac{a(t)}{З(t) + K(t)} \to \max$$

где $\sum A$ - производственная мощность; α - коэффициент ее использования; t - время реализации ресурсосберегающих технологий; З - доля затрат; К - коэффициент динамичности.

Целевой функцией математической модели эколого-экономического регулирования производства является максимум прибыли от снижения потерь минералов в недрах.

Математическая модель позволяет обосновать эффективность природосберегающих технологий с применением метода дискретного программирования при достаточном информационном обеспечении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Голик В.И., Еналдиев А.Ф.* Влияние продуктов переработки руд на окружающую среду. Горный информационно-аналитичес-кий бюлл. 2004. № 12.

2. *Голик В.И., Эздеков М.В.Гареев А.М.* Геоэтика и перспективы добычи твердого минерального сырья в ЮФО.VII межд. конф. «Новые идеи в науке о земле». М. 2005.

Коротко об авторах

Исмаилов Тахир Турсунович – кандидат технических наук, доцент, Московский государственный горный университет.

Эздеков Магомет Владимирович – аспирант, Северо-Кавказский горнометаллургический институт.

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ			
НАНИЕВА Бэла Муратовна	Кинематические и динамические характеристики движения измельчаемого материала в корпусе центробежной мельницы вертикального типа	05.05.06	к.т.н.
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ОРДЕНА ДРУЖБЫ НАРОДОВ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ХУЗМИЕВ Максим Маратович	Исследование и разработка подсистемы автоматизированного анализа динамических режимов сложных систем для САПР СУ технологическими объектами	05.13.12	к.т.н.

© Т.Т. Исмаилов, М.В. Эздеков, 2006

УДК 622.014.3:502.76

Т.Т. Исмаилов, М.В. Эздеков

КОНЦЕПЦИЯ КОМБИНИРОВАНИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ

Сохранность экосистем окружающей природной среды в районе горных работ является функцией корректности горных технологий [1]:

$$\sum_{ГТ} = f(P_{\Delta} - P_{П}), K_{Г}, T, (\Pi_{\Delta} - \Pi_{Л})$$

где P_{Δ}, $P_{П}$ - количество добытых и потерянных балансовых руд, т; $K_г$ - коэффициент извлечения запасов при горном переделе; Т - продолжительность горных работ; $П_{\Delta}$- объем пустот, образованных добычей; $П_{л}$ – объем заложенных пустот.

Отставание от передового уровня технологий разработки месторождений увеличивает расходы на сохранение качества окружающей среды. Так, использование технологий с открытым выработанным пространством при добыче руд и пирометаллургической переработке увеличивает затраты на восстановление окружающей среды настолько, что компенсировать ущерб за счет резервов применяемых технологий становится нереальным.

Соответствие технологий добычи минерального сырья принципам охраны окружающей среды в горнодобывающем регионе определяется не только эффективностью процессов добычи и переработки руд, но и дальнейшей судьбой потерянного сырья [2]:

$$\sum_{1}^{n} П_{э} = fK_{k}\left(T_{1}, T_{2}, \ldots T_{n}\right)$$

где n- количество добываемых минералов; K_k - показатель экологической корректности технологии разработки; $T_1, T_2 \ldots T_n$ - технологии добычи минералов.

Проблема управления качеством окружающей среды сводится к оптимизации затрат по факторам экономического и экологического характера. В начале деятельности горных предприятий ущерб экосистемам мал, компенсационные затраты незначительны и не препятствуют получению прибыли. Вовлечение в разработку значительных объемов и площадей месторождений, увеличение потерь и разубоживания сырья с возрастанием ущерба от хранения отходов и потерь в недрах, от разрушения массива увеличивают компенсационные затраты.

На этом уровне необходима существенная модернизация технологий. Для Садонских рудников этот период должен был закончиться появлением технологий с твердеющей закладкой. Для Боснийского доломитового карьера период мог завершиться с появлений технологий глубокой переработки сырья в активаторах. Но этого не произошло, деятельность обоих технологических комплексов приобрела депрессивный характер, а дальнейшее развитие отставания в смежных отраслях увеличивает размеры ущерба окружающей среде и компенсационных затрат.

Отставание в развитии технологий добычи руд и доломитов ведет к тому, что конверсия технологии добычи руд с традиционной на природоохранную может оказаться дешевле, чем компенсация последствий традиционной технологии с невосполнимыми последствиями для окружающей среды.

Закладка пустот твердеющими смесями с максимальной полнотой использования недр освобождает от затрат на компенсацию ущерба. Основным ограничением для использования этих тех-

нологий на руднике является дефицит и дороговизна материалов для приготовления смесей. В тоже время на соседнем Боснийском доломитовом карьере до 30 % добываемого минерального сырья используется вместо щебня и увеличивает минерализацию региона.

Концепция эколого-экономичес-кого управления природной средой заключается в объединении потенциалов промышленных предприятий региона с целью повышения эффективности минерального производства за счет утилизации отходов. Так, заполнение пустот рудника дешевой закладочной смесью на основе вяжущих из отходов карьера и хвостов обогащения обеспечивает полную выемку руд, что обеспечивает прирост товарного продукта на 15-35 %.

В Южном федеральном округе функционируют предприятия добычи и обогащения минералов, каждое из которых накапливает отходы на земной поверхности и допускает потери полезных компонентов в недрах. Из отходов некоторых из них могут быть получены заменители стандартного вяжущего. Вяжущее может быть использовано для приготовления твердеющих смесей на руднике, вследствие чего обеспечивается прирост его товарной продукции- металла на 14-35 % и уменьшение отходов-пород на величину 15-20 %.

Стоимость товарной продукции, полученной при утилизации отходов, уменьшает величину затрат на обработку и утилизацию отходов, в т.ч. на приготовление твердеющих смесей.

Математическая модель оценки природоохранных технологий добычи и переработки руд:

$$\Pi = (\sum_{1}^{n} A_n + A_д)\beta\varepsilon Ц_м + A_д \varepsilon_к Ц_д -$$

$$-\sum_{1}^{m}(Z_р^д + Z_р^п) + (Z_К^д + Z_к^п) \to \max$$

где П - прибыль от сопряженного производства горного региона, ден. ед; n - номенклатура извлекаемых рудником минералов; $А_п$ – добыча полиметаллических руд подземным способом, вес. ед.; $А_д$ – дополнительная добыча руд при снижении потерь за счет твердеющей закладки, вес. ед.; β - содержание металлов в руде, доли ед.; ε - извлечение металлов из руды, доли ед.; $Ц_п$ - цена товарного продукта, полученного из руд, ден.ед.; $А_д$- добыча доломитов в карьере, вес. ед.; ε - извлечение товарного доломита, доли ед.; $Ц_д$- цена товарного доломита, ден. ед.; $Z_р^д$ – затраты рудника на добычу руд, ден.ед; $Z^п_р$ –затраты рудника на переработку отходов для изготовления твердеющих смесей, ден.ед.; $Z^д_к$ – затраты карьера на добычу доломитов, ден. ед.; $Z^п_к$-затраты карьера на переработку отходов доломитов для приготовления твердеющих смесей, ден.ед.

Экономический эффект эколого–экономического комплексирования:

$$Э = \left[\frac{З\delta}{A\delta} K_R^A K_P^T + \left(\frac{\Delta э_э + \Delta э_K}{A_Ф}\right) - \frac{З_Ф}{A_Ф}\right] \times ,$$

$$\times A \cdot r \cdot K_у \ руб.$$

где Э - экономический эффект сопряжения технологий в пределах горного региона; $З_б$, $З_ф$ - затраты на единицу основной продукции базового и оптимизированного вариантов технологий, ден. ед.; K_K^A, K_P^T - коэффициенты динамичности объемов производства и времени; $ΔЭ_э$, $ΔЭ_К$ - приведенные эксплуатационные и капитальные расходы базового и оптимизированного вариантов технологий, ден. ед.; А - годовой объем выпуска продукции, масс. ед.; r- коэффициент риска рыночных операций; $K_у$ - коэффициент утилизации отходов производства (таблица).

Прогнозная величина коэффициента утилизации отходов производства

Экосистема окружающей среды	Вариант управления продуктами горных работ	Величина $K_у$
атмосфера		
Разнос пыли от взрывных работ	связывание и подавление пыли при взрывании	0,1
Вынос пыли от проветривания подземных выработок	связывание и утилизация пыли при выходе на поверхность	0,8
Пыление сухих ингредиентов хвостохранилища	закрепление бортов, орошение поверхности	нет
Пыление вынесенных в среду ингредиентов	сбор и утилизация или нейтрализация	0,2
Выбросы взрывных газов при горных работах	оптимизация технологии взрывания	нет
Выбросы газов от синергетических процессов	оптимизация технологии укладки хвостов в хранилище	нет
гидросфера		
Вынос загрязнителей стоками из горных выработок	переработка с утилизацией	0,8
Вынос загрязнителей стоками при обогащении	переработка с утилизацией	0,8
Вынос загрязнителей стоками из хранилищ	переработка с утилизацией	0,8
литосфера		
Комплексное загрязнение минеральными компонентами	оптимизация технологии разработки	1,0
Разрушение участка горными работами	оптимизация технологии разработки	-
Выведение из режима нормального функционирования участка хранения хвостов	оптимизация технологии разработки	-
Интенсификация процессов обмена веществ на участке литосферы	залечивание гидро- аэрационных каналов	-

В качестве экологических результатов учитываются уменьшение площадей занятых в производстве земель, повышение продуктивности природных ресурсов и другие показатели, характеризующие снижение вредного влияния производства на окружающую среду.

Если показатели технологии в течение расчетного периода постоянны, экономический эффект природоохранной деятельности:

$$Э_Т = \frac{P_г - З_Г}{K_P + E_H},$$

где $P_г$ - неизменная по годам расчетного периода стоимость технологии работ, руб. $З_Г$ - неизменные по годам расчетного периода затраты на производство и реализацию продукции:

$$З_Г = И + (K_P + E_H)K,$$

где И – годовые издержки при использовании продукции; K_P - норма реновации основных фондов при использовании продукции:

$$K_P = \frac{E_H}{(1+E_H)^{t_{сл}-1}},$$

где $t_{сл}$ - срок службы средств и орудий труда; $К_р$ - затраты на использование продукции.

При учете ресурсов, которые могут быть использованы только по отдельно взятому компоненту, эффективность природосбережения определяется в совокупности с ценностью других природных ресурсов [3]:

$$Д = \sum_{1}^{n} Q_i Ц_i = Q_P(Ц_Д - c_Д) - Q_З Ц_З - Q_П Ц_П - Q_В Ц_В,$$

где Q_i – величина i-го ресурса; Q_P – запасы сырья, ед.; n- количество ресурсов; $Ц_i$ – ценность i-го ресурса, руб/ед; $Q_З, Q_П, Q_В$ - ресурсы нарушенных предприятием земель, пород и воды.

В случае использования не только основного сырья, но и омертвленных ресурсов, ценность валовой продукции возрастает. Например, если использовать отходы Садонских рудников, то ценность эксплуатации месторождений:

$$Д = Q_P(Ц_Д - c_Д) + Q_В Ц_В - Q_З Ц_З - Q_В Ц_В.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Голик В.И., Исмаилов Т.Т.* Управление состоянием массивов. – М.: МГГУ. 2005.
2. *Эздеков М.В., Агапов Е.В.* Закономерности выщелачивания металлов при утилизации техногенных материалов.VII межд. конф. «Новые идеи в науке о земле». М. 2005.
3. *Шестаков В.А.* Проектирование горнорудных предприятий. Проектирование горнорудных предприятий. – М.: МГГУ. 2003.

Коротко об авторах

Исмаилов Тахир Турсунович – кандидат технических наук, доцент, Московский государственный горный университет,

Эздеков Магомет Владимирович – аспирант, Северо-Кавказский горнометаллургический институт.