

УДК 504. 064: 622.7

Т.Н. Александрова, Л.Т. Крупская

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩИХ
ПРЕДПРИЯТИЙ***

Разработаны показатели нагрузки на основные компоненты природной среды.

Ключевые слова: горнодобывающий комплекс, отходы горного производства, управление отходами, экологическая безопасность.

Семинар № 8

**T.N. Aleksandrova, L.T. Krupskaya
THE ECOLOGICAL ASSESSMENT
AND TECHNOLOGICAL
MANAGEMENT OF WASTES FROM
GOLD MINING ENTERPRISES.**

Load indexes that effect on main environment components are developed.

Key words: mining complex, mining operation wastes, waste management, ecological safety.

*Работа выполнена при финансовой поддержке ДВО РАН (проект № 22 - ИН - 07).

Важной особенностью функционирования горнодобывающего комплекса на юге Дальнего Востока является образование огромных объемов отходов, представляющих экологическую опасность для среды обитания живых организмов, в т.ч. человека. Причем скорость деградации компонентов биосферы значительно превышает скорость природных процессов восстановления нарушенных экосистем. Из добываемого минерального сырья 90-95% практически безвозвратно теряется в виде твердых, жидких и газообразных отходов. Все более многообразная и интенсивная горнопромышленная

деятельность становится, по В.И. Вернадскому, «основной геологической силой, преобразующей лик земли». Общее количество перемещенной на планете горной массы в настоящее время превышает 100 млрд. т. Результатом такого воздействия является образование техногенных массивов – геологических тел техногенного происхождения, представленных горными породами, отходами обогащения, золами, шлаками, шламами [1]. По степени и необратимости нарушений природного равновесия в экосистемах горнодобывающие и горноперерабатывающие предприятия занимают одно из первых мест среди всех производственных комплексов. Они являются наиболее интенсивным источником загрязнения окружающей среды твердыми, жидкими и газообразными отходами. Поэтому определяющей особенностью рубежа веков явилось возникновение новой жизненной потребности – экологической безопасности, как индивидуальной личности человека, так и общества в целом. В связи с этим сформулирована следующая цель исследования: оценить влияние горных отходов на компоненты биосферы для определения оптимальной формы взаимодей-

ствия горного производства и природной среды. Она предполагает решение следующих задач: 1. Оценка экологической ситуации зоны влияния горнопромышленных отходов; 2. Разработка научных основ системы управления отходами и стратегии управления окружающей среды.

Методологической основой явилось учение академика В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере, а также использовались методы, принятые в горной экологии.

На основании проведенных исследований установлено, что отходы горного производства оказывают негативное воздействие на литосферу, водную и воздушную среду, флору и фауну. В результате происходят экологические изменения окружающей среды, а именно: нарушение эстетической ценности ландшафта, уничтожение почвенно-растительного покрова, нарушение режима поверхностных и подземных вод, а также интенсификация плоскостного смыва, геохимическая трансформация и нарушение физико-механических свойств пород основания, аккумуляция живыми организмами загрязняющих веществ, токсичных для их жизнедеятельности.

По данным наших исследований, ежегодный экологический ущерб только земельным ресурсам одного из предприятий Хабаровского края, учитывая размещение отвалов, составляет более 200 тыс. руб. [2].

Возникает необходимость вовлечения отходов в технологический процесс не только самого предприятия, но и передачи отходов другим организациям на обезвреживание и их дальнейшую переработку. Это приводит к частичному сокращению используемого сырья, за счет рекуперации отходов, и к снижению объемов их размещения на предприятии. Они, являясь потенциально опасным

фактором негативного воздействия на ОПС, должны быть нейтрализованы либо за счет безопасного их размещения, либо внедрения малоотходных технологий [3]. Такой подход к формированию системы управления представляется целесообразным, однако необходимо развитие и конкретизация в зависимости от вида производства с учетом взаимосвязи технологических и геоэкологических факторов. На основе изложенных выше принципов был предложен алгоритм оценки состояния и управления природно-горнотехническими системами (ПГТС) (рис. 1).

Баланс исходного сырья имеет следующий вид: $X+Y=1$; после внедрения рационального комплекса технологических решений он таков: $X+x_i+Y-y_i=1$.

Материальные потоки отходов (Y) и ценного компонента связаны с нагрузкой на ОПС.

Связь по модифицированной функции потерь Тагути [4] определяется таким образом:

$$H(x) = c(x - x_0)^2 + x_0 \cdot c,$$

где $H(x)$ – нагрузка на окружающую среду; c – коэффициент масштаба (подбираемый в соответствии с используемой денежной единицей или измерении потерь); x – измеряемое значение показателя качества (извлечение ценного компонента); x_0 – номинальное значение.

В коренных месторождениях Дальнего Востока содержится от 4,5 до 55г золота на 1 т руды, в россыпях – от 0,7 до 1 г на куб. россыпи. Обогащение золотоносных руд проводится по разным схемам: - по гравитационной (извлечение 71%); по гравитационно - цианидной (извлечение 92 - 97%); флотацией, с последующим переводом в цианидный комплекс и электрохимическим восстановлением (извлечение 90-95%).



Рис. 1. Алгоритм оценки состояния и управления ПГТС

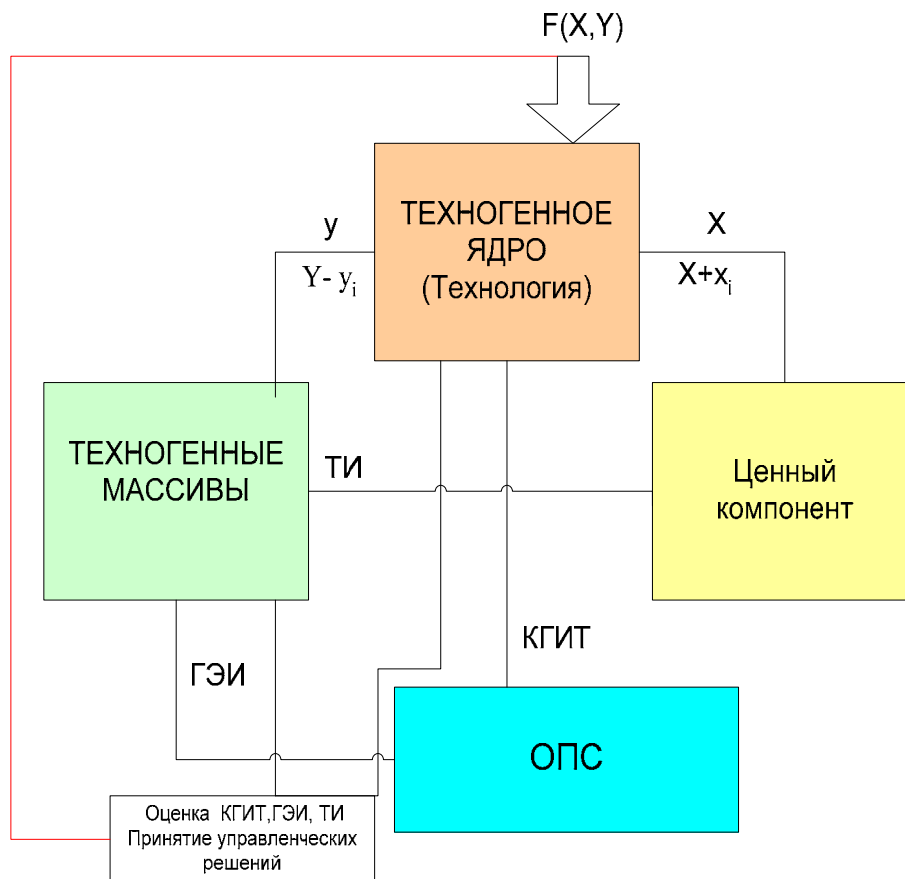


Рис. 2. Концептуальный подход к оценке и управлению ПГТС

Модифицированная функция потерь Тагути (рис. 3) служит номограммой для оценки воздействия на ОПС. Из рис. 3 видно, что падение извлечения ценного компонента в 2 раза приводит к увеличению нагрузки на ОПС в 4 раза.

Общий подход к оценке и управлению воздействием производства на ПГТС представлен на рис. 2.

Обозначения: y – отходы; x – ценный компонент; КГИТ – комплексный геоэкологический индикатор технологий; ГЭИ – геоэкологические индикаторы; ТИ – технологические индикаторы.

Известно, что геосистема - целостное образование, состоящее из множества отдельных, тесно связанных между собой комплексов, и, по своему существу, представляющих именно систему. Поэтому непосредственное воздействие техники на часть природных комплексов постепенно приводит к изменениям других комплексов, т.е. практически вызывает трансформацию природных комплексов в целом [1]. Для расчета коэффициентов нагрузки необходимо иметь данные о химическом составе выбросов вредных веществ в атмосферу и сбросов в водоемы.

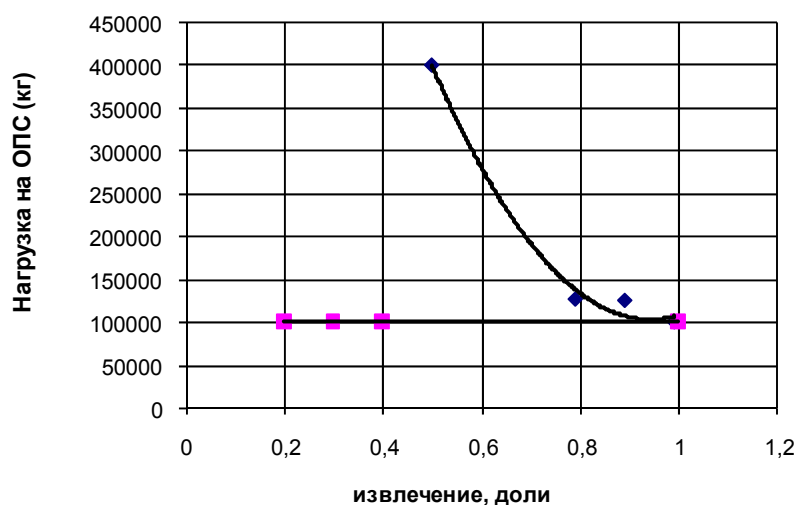


Рис. 3. Модифицированная функция потерь Тагути

Обогащительное минеральное производство (ОМП) – одна из наиболее важных стадий освоения месторождения, направленная на получение рудного или промышленного концентрата. Негативное техногенное воздействие на экосистемы имеет место в связи с пылевым загрязнением земной поверхности (почвы, растительность, водные акватории) при дроблении и измельчении руд, производственными стоками химически агрессивных растворов и образованием твердых отходов обогащения.

Показатель относительной агрессивности (A_j), входящий в состав коэффициента нагрузки, для пылегазовых выбросов в атмосферу рассчитывался в соответствии с рекомендациями, приведенными в работе [2], так как они отвечают принятому подходу:

$$A_j = \sqrt{\frac{\text{ПДК}_{\text{сут.СО}} \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з.СО}}}{\text{ПДК}_{\text{сут.}j} \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з.}j}}} = \sqrt{\frac{60}{\text{ПДК}_{\text{сут.}j} \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з.}j}}} \quad (1)$$

где $\text{ПДК}_{\text{сут.СО}}$ - среднесуточная предельно допустимая концентрация окиси углерода (СО), мг/м^3 ; $\text{ПДК}_{\text{р.з.СО}}$ - предельно допустимая концентрация окиси углерода (СО) в воздухе рабочей зоны, мг/м^3 ; $\text{ПДК}_{\text{сут.}j}$ - среднесуточная предельно допустимая концентрация j-го вещества, мг/м^3 ; $\text{ПДК}_{\text{р.з.}j}$ - предельно допустимая концентрация j-го вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м^3 .

В качестве нормирующего вещества принята окись углерода.

Показатель относительной агрессивности для водного бассейна рассчитывался по формуле:

$$A_j = \frac{\text{ПДК}_{\text{с.о.}}}{\text{ПДК}_j} = \frac{1000}{\text{ПДК}_j}, \quad (2)$$

где $\text{ПДК}_{\text{с.о.}}$ - предельно допустимая концентрация сухого остатка в воде водоёмов, мг/л ; ПДК_j - предельно

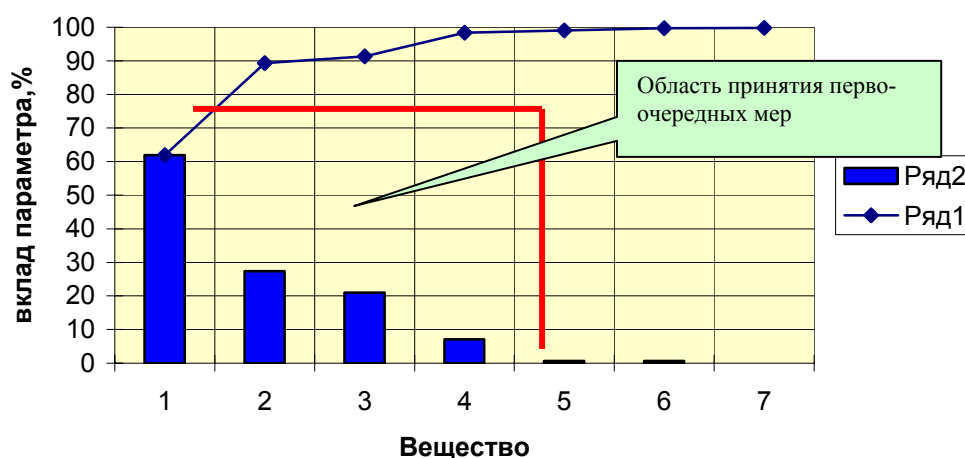


Рис. 4. Диаграмма Парето: Ряд 1 – кумулятивная кривая; Ряд 2 – абсолютный % вклада веществ в суммарный годовой выброс в атмосферу;

Вещество: 1 – доля CO; 2 – доля диоксида азота; 3 – доля диоксида серы; 4 – доля углерода; 5 – доля циана; 6 – доля марганца и его соединений; 7 – доля свинца и его соединений

допустимая концентрация j -го вещества в воде водоёмов, мг/л.

Сухой остаток принят в качестве нормирующего вещества как имеющий наибольшую величину предельно допустимой концентрации, т.е. являющийся наиболее безопасной примесью. Показатель относительной агрессивности для почвенного покрова рассчитывается по формуле:

$$A_j = \frac{ПДК_{о.ф.}}{ПДК_j} = \frac{3000}{ПДК_j} \quad (3)$$

где $ПДК_{о.ф.}$ – предельно допустимая концентрация сажи в почве, мг/кг; $ПДК_j$ – предельно допустимая концентрация j -го вещества в почве, мг.

Расчеты рассеивания загрязняющих веществ в атмосферу произведены на ЭВМ Pentium 4 по унифицированной программе расчета загрязнения атмосферы «Эколог ПРО» версия 2.55, разработанной фирмой «Интеграл» г. Санкт – Петербург на примере ГОК «Тас-Юрях».

Для принятия управленческих и технологических решений на основе программного расчета использован анализ Парето. Правило Парето – «универсальный» принцип, который применим к различным решениям проблем [4]. Диаграмма Парето для пылегазовых выбросов приведена на рис. 4.

Таким образом, основной вклад в загрязнения атмосферы, по результатам расчета и анализа Парето, вносят диоксиды углерода, азота, серы и цианистый водород. В связи с этим мероприятия по внедрению новых технологических решений должны быть направлены на снижение содержания этих компонентов в пылегазовых выбросах ОМП.

Производственные сточные воды (дренажные стоки хвостохранилища) образуются из отходов в процессе обработки руды с применением цианида натрия в качестве растворителя благородных металлов. Снижение концентрации загрязняющих веществ,

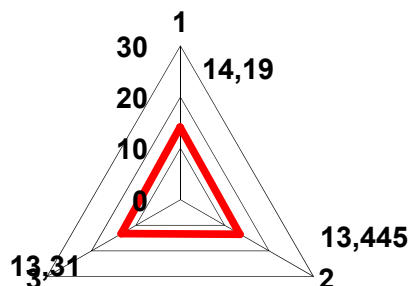


Рис. 5. Комплексный геоэкологический индикатор: 1 – нагрузка на атмосферу, 2 - нагрузка на гидросферу, 3 - нагрузка на почвенный покров

до значений допустимых к сбросу, обеспечивается при обезвреживании цианидсодержащих отходов (перед складированием хвостов в хвостохранилище) и дополнительном разбавлении условно-чистой технической водой.

Определение класса опасности отходов обогащения руд было проведено в соответствии с действующими «Критериями отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды», утвержденными приказом МПР №511 от 15 июня 2001 г и специально разработанной программой «Расчет класса опасности отходов». В соответствии с приведенными расчетами хвосты ЗИОФ после хлорирования и после обработки формалином имеют одинаковый четвертый класс опасности.

Комплексный геоэкологический индикатор технологий переработки природного сырья (КГИТ) предлагается рассчитывать как интегральный показатель нагрузки на компоненты природной среды.

Для экспрессной оценки КГИТ рассчитывался по формуле:

$$\text{КГИТ} = \sum \lg(M_i \cdot A_i), \quad (4)$$

Суммарные показатели агрессивности: $A_{j,1} = 250$, $A_{j,2} = 120$, $A_{j,3} = 80$.

$$\begin{aligned} \text{КГИТ}_n &= \lg(5,465 \cdot 250) + \\ &+ \lg(6,789 \cdot 120) + \\ &+ \lg(233059,132 \cdot 80) = 13,31 \end{aligned}$$

Графическая интерпретация приведена на рис. 5.

Шкала геоиндикации представлена на рис. 6.

Геоэкологический индикатор технологий переработки природного сырья (КГИТ) для базовой технологии составляет 42,37, и свидетельствует о том, что предприятие (ГОК «Тас-Юрях») оказывает доста-

точно сильное влияние на окружающую среду. После внедрения мероприятий по оптимизации работы дробильно-измельчительного передела непроизводственный расход циана снижается на 27 %, КГИТ составит 31,5, т.е. нагрузка на окружающую среду снизится до умеренной.

Таким образом, с помощью предложенного комплексного геоэкологического индикатора технологий переработки природного сырья можно оценить нагрузку на основные компоненты природной среды с учетом технологических особенностей процесса. Реализация предлагаемого алгоритма управления позволит повысить извлечение ценного компонента и минимизировать нагрузку на окружающую среду. Необходимо иметь ввиду, что управление отходами, в т.ч. технологическое, является составной частью общей системы управления. Его структура, ответственность, практические методы и процедуры должны координироваться с работами в других областях, как, например, в производственной и экономической деятельности, в области охраны здоровья и обеспечения экологической безопасности населения. Система этого управления должна быть интегрирована в систему экологического управ

0-8 I	8-16 II	16-32 III	Более 32 IV
----------	------------	--------------	----------------

Рис. 6. Шкала геоиндикации: I - малоопасные технологии, II - умеренно-опасные, III - высокоопасные, IV - чрезвычайно опасные

ления, как это принято в промышленно развитых странах. Они прежде предприняли при-родоохранные ме-

ры законодательного и нормативного характера, выработали, а затем на практике реализовали определенную стратегию управления окружающей средой. Иными словами были приняты экологически ориентированные методы управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пашкевич М.А. Техногенные массивы.- Санкт-Петербургский горный институт. СПб.: 2000. 230 с.
2. Ясаманов Н.А. Основы геоэкологии. - М.: Изд. центр «Академия», 2003. - 352 с.
3. Папичев В.И. Методология комплексной оценки техногенного воздействия горного производства на окружающую среду - [Электронный ресурс]: Дисс...д-ра техн. наук : 25.00.36.
4. Мазур И.И., Шапиро В.Д. Управление качеством.- М.: Высш.шк.,2003. – 334 с.

ГИАБ

Коротко об авторах

Александрова Т. Н. - кандидат технических наук, зав. лабораторией,
Крупская Л. Т. – доктор биологических наук, профессор, зав. лабораторией,
Институт горного дела ДВО РАН, eco@ign.kvn.ru



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ИГНАТОВ Антон Олегович	Обоснование режима добычных и вскрышных работ при освоении коренных месторождений алмазов с мощной толщей покрывающих пород	25.00.21	к.т.н.
ЛХАЕЙЗА- МЫН Батаа	Повышение эффективности флотации медно-молибденовых руд на основе рентгенофлуорисцентного контроля сортности и электрохимического анализа окисленности минералов	25.00.13	к.т.н.