

УДК 502/504

Н.И. Грехнев, Г.В. Секисов

**ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПЕПЕРАБАТЫВАЮЩИХ
РУДОМИНЕРАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Семинар № 8

Н е смотря на значительное внимание к решению экологических проблем в горном производстве в последние 20-30 лет, пока не создано эффективных научно-методических разработок, удовлетворяющих в полной мере как исследователей этой проблемы, так и разработчиков месторождений полезных ископаемых. Это обуславливает необходимость на базе уже имеющихся разработок и полученного положительного опыта искать дальнейшие пути решения проблемы взаимодействия производства и природной среды, динамики этого взаимодействия и, главным образом, оценки влияния техногенных факторов на природные экосистемы.

Минеральный потенциал Дальневосточного региона исторически реализуется в существенной мере за счет разработки металлорудных месторождений (олово, свинец, вольфрам, цинк др.), горно-химического сырья (флюорит, боросиликаты, бруситы), и драгоценных металлов (золото, платина, серебро). В конце прошлого столетия в регионе функционировало более 20 крупных ГОКов и свыше 100 предприятий и организаций, разрабатывающих россыпные месторождения и благородных металлов.

За этот период накоплены сотни млн тонн рудоминеральных отходов, представленных, преимущественно, рудов-

мещающими породами и отходами переработки руд. Показатель использования отходов для хозяйственных нужд невысок и составляет не более 20 %, а по некоторым предприятиям (например, Солнечный ГОК) не превышает 1-2 % от объемов перерабатываемой рудной массы. Под рудоминеральные отходы и хвосты обогащения отчуждаются значительные площади ценных сельскохозяйственных земель. Максимальной землеемкостью обладают золотодобывающие предприятия, где нарушенные земли в десятки раз превосходят площади разрабатываемых полигонов, которые только по Хабаровскому краю составляют свыше 50 тыс. га в год [1].

Необходимость выделения обогачительного минерального производства (ОМП) и постановки задачи повышения его экологичности с природоохранной позиции диктуется специфичностью процессов формирования рудоминеральных отходов, интенсивностью и спецификой геохимического загрязнения, высоким накоплением аномалий токсичных металлов в почвенном покрове, поверхностных и подземных водах, зональностью проявления техногеохимических аномалий и т.д.

Процессы обогащения руд сопровождаются накоплением больших объемов рудоминеральных отходов, среди кото-

рых преобладают хвосты обогащения обогатительных фабрик, пылевые выбросы дробильных установок, дренажные стоки хвостохранилищ, протечки пульповодов и аварийные сбросы, отходы химических реагентов и др. [2].

В формирующихся на поверхности твердых отходах обогащения развиваются интенсивные геомеханические явления в виде дефляции и разноса минеральных частиц, геохимические процессы разложения сульфидов, сопровождающиеся газовыми выделениями и др., приводящие к химическому загрязнению большинства компонентов природной среды, вплоть до кризисной экологической ситуации в длительно эксплуатирующихся горно-норудных районах.

Предложенное нами понятие “экологичность горного предприятия” означает уровень или степень экологической безопасности (или опасности) влияния производства на окружающую среду и представляет собой оценочную категорию экологической безопасности горного производства. Понятие “экологизация производства” включает комплекс организационно-технических, технологических, экономических и других мероприятий, направленных на обеспечение нормативного уровня экологичности горного предприятия [3].

Поэтому экологичность обогатительного МП можно представлять как сложную функцию, зависящую от множества факторов, в том числе:

- отходоёмкости обогатительного комплекса и токсичности отходов ($P_{\text{оф}} = A \cdot P$);
- полноты и комплексности извлечения полезных компонентов из перерабатываемой рудной массы ($P_{\text{изв}}$);

- геоэкологического индикатора руд (J_p);

- экологической устойчивости природных систем к техногенным факторам (φ);

- токсичности химических реагентов и материалов, применяемых в технологическом процессе ($A_{\text{тх}}$);

- показателя экономичности минерального производства (Q);

- количества нарушаемых природных сред экосистемы (k).

Выражение экологичности можно представить в следующем в общем виде:

$$\mathcal{E}_{\text{оип}} = F [(1/2k - 1) \times (P_{\text{оф}}, P_{\text{изв}}, A_{\text{тх}}, J_p, Q)] \cdot (\varphi) \quad (1)$$

Простое суммирование приводимых в формуле показателей без учета необходимых поправок искажает картину оценки, так как их отношение к экологичности предприятий неравнозначно. Поэтому необходима их дифференциация по основным группам факторов, изначально обнаруживающих положительное или отрицательное влияние на формирование оценочной величины экологичности. Так как показатели полноты и комплексности извлечения полезных компонентов и отходоёмкости обогатительного комплекса находятся в зависимости от технологического способа обогащения и типа руд место-рождения, в т.ч. геоэкологического индикатора, то их положение в формуле, как и количество нарушаемых компонентов, займет место делителя. В числителе же будут находиться показатели экологизации МП и экологической устойчивости экосистем.

Дополнительного пояснения требует уровень экономичности ОМП (Q), в котором суммированы оценочные затратные показатели потребления общих (или сопряженных) природных ресурсов таких, как водоемкость (q_1), землеёмкость (q_2), утрата биоресурсов (q_3), потеря ми-

неральных ресурсов при освоении месторождения (q_4), коэффициент использования промышленных отходов (q_5), суммирующиеся с коэффициентами долевого участия (α) в общей сумме потерь в условном или денежном выражении:

$$Q = \alpha_1 q_1 + \alpha_2 q_2 + \alpha_3 q_3 + \alpha_4 q_4 + \alpha_5 q_5. \quad (2)$$

В процессе переработки рудной массы образуются пылевые, взвешенные и растворенные формы этих элементов, которые накапливаются в верхнем слое почвогрунтов и затем вовлекаются в почвенно-геохимические процессы, а затем поступают в поверхностные водоемы. Поэтому возникающие экологические проблемы практически для всех горнопромышленных районов связаны с высоким накоплением рудоминеральных отходов и развитием ореолов механического разноса пылевидных рудных частиц (аэральные ареалы) и формирования аномальных водно-химических и механических потоков в поверхностных водотоках и грунтовых водах.

В зависимости от глубины переработки руд и применения различных разрушающих реагентов в процессах обогащения дополнительно происходит выделение воздушно-дисперсных и водно-механических форм агрессивных и канцерогенных веществ, создающих широкие ареалы специфических загрязнителей в воздушной и водной средах.

Растворенные в технологических водах эти реагенты чаще всего скапливаются в хвостохранилищах, закрытых бассейнах для оборотного водоснабжения или выпускаются в виде промышленных стоков.

В практикуемых технологических схемах обогащения руд в регионе применяется широкий набор препаратов,

таких как олеиновая кислота, кремнефтористый натрий, кислоты жирные (алловые), лигносульфаты, сернистый натрий, силикат натрия, серная кислота, капролоктам и др. На золотоизвлекательных фабриках с использованием методов выщелачивания применяются цианистый натрий, жидкий хлор, гипохлорит кальция, каустическая сода, в результате чего с пульпой и жидкими стоками в хвостохранилищах накапливаются цианиды и роданиды, а в газовых выбросах содержатся цианистый и фтористый водород, синильная кислота, нитриты и другие очень вредные вещества.

Помимо технико-технологических особенностей экологичность горного производства зависит от промышленно-экономического развития и природно-геологических условий региона, которые по значимости могут быть представлены в следующем порядке:

1. Слабое развитие хозяйственно-промышленной инфраструктуры региона, традиционная технология обогащения руд и, следовательно, низкая комплексность извлечения рудных и попутных полезных компонентов;

2) Сульфидный состав руд большинства месторождений и наличие в них и рудоминеральных отходах широкой ассоциации высокотоксичных примесей существенно снижает извлекаемость полезных компонентов и затрудняет использование отходов в качестве строительных материалов;

3) Муссонный климатический режим с резко выраженной приуроченностью увлажнения и атмосферных осадков к летне-осеннему периоду и промывной режим почв создают благоприятные условия для активной миграции токсичных металлов в поверхностной зоне.

Поэтому все усилия горнодобывающих предприятий по повышению экологичности производства могут быть свя-

заны главным образом с первым условием, с развитием промышленно-экономической структуры региона, позволяющими разрабатывать и внедрять прогрессивные технологии, прежде всего, в горно-обога-тительном комплексе. Поскольку два других исходных условий являются заданными самой природой, то их преодоление возможно лишь при разработке соответствующих технологий обогащения, применении эффективных систем природоохранных мероприятий и хранении рудоминеральных отходов.

И все же, основные экологические проблемы низкого уровня экологичности технолого-обогатительных МП связаны с образованием больших объемов твердых отходов - хвостов обогащения, связанных с сооружением и длительным хранением хвостохранилищ, что приводит к продолжительному по времени химическому загрязнению открытых водных систем и приземной атмосферы.

Исходя из этого, решение экологических проблем в горнопромышленных районах должны быть направлены прежде всего на осуществление:

- более глубокой переработки руд эксплуатируемого месторождения и комплексное извлечение полезных компонентов;

- максимальной локализации ореолов рассеяния токсичных элементов и их соединений за счет сокращения объемов и площадей складирования рудоминеральных отходов;

- предварительной дифференциации рудной массы по типам руд и количеству содержащихся в них сульфидов;

- проведения экологической паспортизации отходов и разработку проектов по использованию отходов для хозяйственных целей;

- формирования и хранения твердых отходов в изолированных от внешних атмосферных и гидрохимических воздействий хранилищах.

Твердые отвальные материалы должны полнее использоваться для закладки выработанного пространства горных выработок, особенно глубоких горизонтов, где создаются условия низкой аэрации и слабого водопритока обогащенных кислородом вод. Таким образом можно влиять на замедление процесса окисления сульфидов или его полное прекращение. Регулирование этого процесса возможно при поддержании соответствующей рН (не ниже 8,0) окислительно-восстановительной среды за счет добавления известковой муки или цемента низких марок.

Принятое в практике дальневосточных ГОКов формирование хвостохранилищ открытого типа, как правило, в горных долинах, совершенно не согласуется с современной политикой снижения экологической опасности горного производства и заслуживает радикального пересмотра этой негативной практики. Известно, что помимо возникновения катастрофических явлений в виде разрушительных селевых потоков, открытые хвостохранилища являются активным и длительным источником загрязнения поверхностных и грунтовых вод горно-рудного района. В связи с тем, что состав твердый хвостовой пульпы сложен на 10–35 % и более сульфидными минералами, которые в открытых атмосферных условиях интенсивно разлагаются с образованием агрессивных сульфатных растворов. Последние активно вовлекаются в процесс дальнейшего растворения более устойчивых минералов и формирования насыщенных солевых растворов, что подтверждается на примере стоков аномальных вод хвостохранилища Солнечного ГО-

Ка, откуда сбрасывается в открытую гидросеть свыше 20 тыс. м³ в год аномально загрязненных вод с высокой концентрацией тяжелых металлов.

Изолирование экологически опасных материалов хвостохранилищ от атмосферного воздействия является, в существенной мере, решением экологической проблемы. Оно может быть осуществлено несколькими способами:

- устройство хвостохранилища в выработанном пространстве горных выра-

боток, ниже зоны аэрации и активного водообмена;

- заложение котлованов хвостохранилищ в непроницаемых водонепроницаемых породах;

- использование в устройствах котлованов хвостохранилищ повышенной мощности известкового ложа, способного длительное время осуществлять нейтрализацию сульфатно-кислотных растворов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Состояние* природной среды и природоохранная деятельность в Хабаровском крае в 2003 году / Доклад Комитета охраны окружающей среды и природных ресурсов. Хабаровск, 1997.

2. *Грехнев Н.И.* Эколого-геохимические аспекты оценки техногенного загрязнения геосистем горнорудных районов юга Дальнего Востока / Влияние процессов горного производства на объекты природной среды. Владивосток, Дальнаука, 1998. С.32-45.

3. *Грехнев Н.И., Секисов Г.В.* Экологичность горнопромышленных предприятий: понятийный аппарат, исходные принципы и критерии применения / Проблемы формирования и освоения минерально-сырьевых ресурсов Дальнего Востока. Хабаровск: ИГД ДВО РАН, 2004.

4. *Грехнев Н.И., Секисов Г.В.* Основные типы минеральных производств и их экологичность. Горный информационно-аналитический бюллетень, №12 2005. С.170-174.

ИГД

Коротко об авторах

Грехнев Н.И. – кандидат геолого-минералогических наук,

Секисов Г.В. – доктор технических наук, профессор,

ИГД ДВО РАН.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 8 симпозиума «Неделя горняка-2007».

Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.А. Харченко*.

