
© Л.Т. Крупская, Б.Г. Саксин,
Ю.А. Мамаев, Н.И. Грехнев,
А.В. Крупский, 2008

УДК 574.4:550

**Л.Т. Крупская, Б.Г. Саксин, Ю.А. Мамаев,
Н.И. Грехнев, А.В. Крупский**

СОЗДАНИЕ СПОСОБА БЕЗДАМБОВОГО ХРАНЕНИЯ ОТХОДОВ В УСЛОВИЯХ МУССОННОГО КЛИМАТА И ГОРНОГО РЕЛЬЕФА*

Разработан способ смещивания отходов горного производства с природными вяжущими и сорбирующими материалами для их перевода в менее опасное состояние и предложен бездамбовый способ хранения полученной массы в твердом виде.

Семинар № 8

Государственной политикой Российской Федерации в горнодобывающей практике предусмотрено решение следующих основополагающих проблем:

1) повышение комплексности использования минерального сырья; 2) ограничение, сокращение или полная ликвидация экологически вредных производств по его переработке; 3) внедрение передовых экологически чистых малоотходных технологий с использованием местных материалов и производственных мощностей. 4) переработка ранее накопленных отходов горнодобывающего комплекса; 5) использование вторичных ресурсов.

Однако приходится констатировать, что в Дальневосточном регионе существующие в настоящее время технологии, способы добычи и переработки полезных ископаемых не соответствуют современным техническим, экономическим и экологическим требованиям. Поэтому освоение и использование природно-сырьевых ре-

сурсов здесь способствует интенсивному загрязнению компонентов биосфера, повышению вероятности возникновения рисков критических ситуаций природного и техногенного характера. Это связано с тем, что в результате более чем столетней эксплуатации минерального сырья образовались огромные объемы отходов горнорудного производства, содержащих токсичные тяжелые металлы, складируемые в хвостохранилище дамбового типа. Как правило, на их месте полностью уничтожены природные ландшафты, а смежные с ними территории испытывают все возрастающее негативное влияние техногенных потоков вещества. В связи с этим целью исследования явилась разработка способа бездамбового хранения отходов, направленного на снижение негативного воздействия «хвостов» обогатительных фабрик на окружающую природную среду для обеспечения экологической и социальной их безопасности. Исходя из

*Работа выполнена при поддержке инновационного проекта № 22-ИН-07.

цели, определены следующие задачи:

1. Проанализировать, обобщить и систематизировать литературные данные и материалы патентного поиска по проблеме создания бездамбового хранилища отходов;
2. Исследовать опасность дамбовых хвостохранилищ как источников техногенных катастроф;
3. Оценить современное состояние горнорудных территорий, занятых хвостохранилищами;
4. Разработать способ бездамбового хранения отходов.

Методологической основой послужило учение академика В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере (1978). Для реализации намеченных задач использовались современные инструментальные и традиционные физико-химические и химические, а также биологические методы.

В качестве главного и определяющего метода применялся системно-комплексный, отвечающий характеру исходного предмета. В процессе выполнения исследований предусматривалось изучение технологических особенностей проектирования и эксплуатации хвостохранилищ, сбор исходных данных, обобщение результатов ранее выполненных работ о состоянии окружающей среды, проведение полевых и лабораторных исследований. Математическая обработка собранного материала осуществлялась с помощью пакетов прикладных программ на персональном компьютере, в основе которых лежат общепринятые методы вариационной статистики.

Выявлено, что для горнодобывающего комплекса Дальнего Востока характерны процессы значительного нарушения состояния земных недр и ландшафтов при строительстве и эксплуатации подземных рудников, карь-

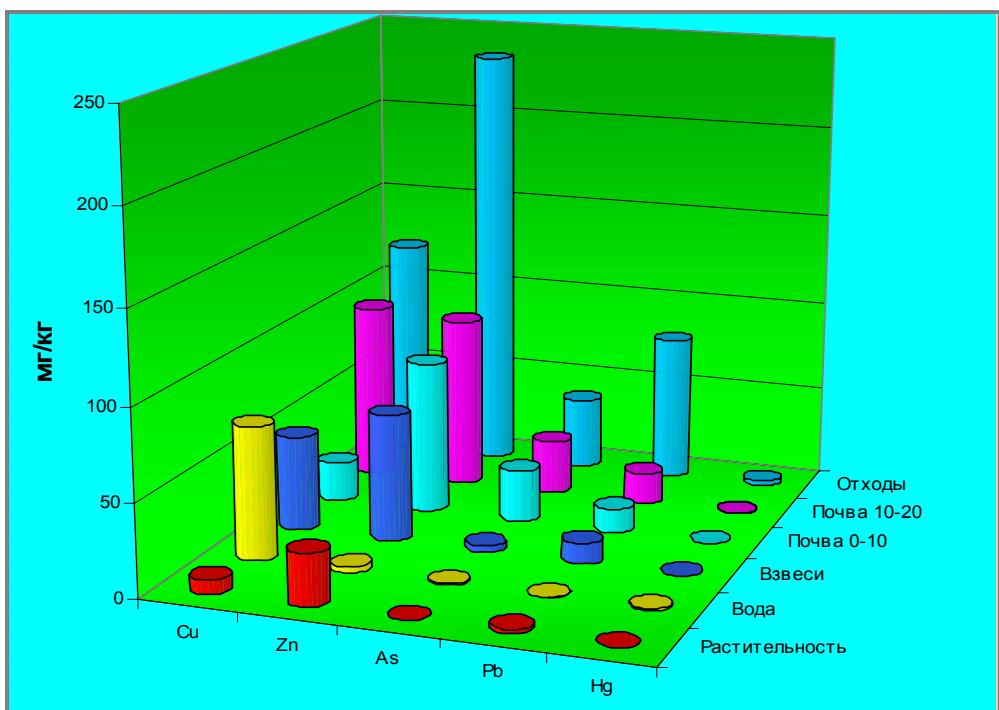
еров и хранилищ «хвостов». К сожалению, в настоящее время отходы горнорудного комплекса складируются в хвостохранилища с возведением дамбы. Установлено, что для размещения отходов горного предприятия используются хозяйственнов ценные земли, изъятые из Гослесфонда. Происходит нарушение эстетической ценности горных ландшафтов. Уничтожение почв и растительности способствует нарушению режима поверхностных и подземных вод и интенсификации эрозионных процессов. В биоте сопредельных территорий накапливаются тяжелые металлы, токсичные не только для нее, но и человека. На основании проведенного анализа и систематизации данных, всего в отвалах, полигонах, хранилишах и несанкционированных свалках накоплено свыше 80 млрд т твердых отходов. Из этого количества потенциальную угрозу для среды обитания представляют 1,6 млрд т, в т.ч. отходы функционирования минерально-сырьевого комплекса Хабаровского края. Например, объем эфельных отвалов, накопившихся при освоении золотороссыпных месторождений, составляет в Хабаровском крае около 800 млн³ (Крупномасштабное и комплексное освоение, 1997). Объемы вскрытых пород в 2-3 раза превышают указанные цифры (Остапчук, 2000). По данным Ю.А. Мамаева и др. (1997), в отвалах отработки россыпных месторождений Нижнего Приамурья (743,2 млн м³ горной массы) сосредоточено большое количество благородных металлов. Объем горной массы техногенных россыпей Верхнего Приамурья составляет 1,13 млрд м³, где выявлены значительные запасы золота. По нашим предварительным расчетам, только за период с

2000 по 2004 гг. объем промывки в Хабаровском крае составил более 400 млн т, в т.ч. объем вскрыши – свыше 200 млн т. В настоящее время в зоне влияния горных предприятий Дальнего Востока уже накоплены огромные объемы отвалов некондиционных (забалансовых) руд, созданы искусственные водоемы и хвостохранилища дамбового типа для сброса и складирования отходов переработки руды. Они подвержены опасности прорыва во время сильных ливней, таяния снегов и в результате землетрясений. Хранение забалансовых руд и шлаков в виде насыпных отвалов также создает постоянную угрозу их размыва ливневыми осадками. К тому же большая часть хвостохранилищ в Дальневосточном регионе не имеет защитной пленки на дамбах и бортах. В случае аварийной ситуации (а они происходят довольно часто) с «хвостами» золотоизвлекательных фабрик попадает в окружающую среду не только большое количество токсичных тяжелых металлов, но и остатков химических реагентов (цианид натрия, гипохлориты натрия и кальция, бутиловый и амиловый ксантогенаты и др.). Все это привело к возникновению риска экологических катастроф, загрязнению атмосферы и гидросферы и негативно сказалось на экологическом состоянии флоры и фауны, а также здоровье населения горняцких поселков (рисунок).

Отрицательные последствия горного техногенеза при освоении минерального сырья заключаются не только в общетоксическом действии на живые организмы, ослаблении жизнеспособности и преждевременной гибели особей. Они также проявляются в отдельных его эффектах – терато-

генных, цитотоксических и др. В связи с ужесточающимися экологическими требованиями возникает необходимость создания природно-горнотехнических систем, не нарушающих необратимого естественного баланса биосфера. Для получения экологически чистой продукции необходимо развитие дружественных к природе биоориентированных технологий, основанных на применении биологических процессов, участии в них живых организмов (растений, животных, микроорганизмов) и их частей (клеток, ферментов). Целесообразно создавать технологии освоения месторождений по аналогии с природными экосистемами, позволяющими вписать горное производство в природный геохимический круговорот веществ, превращая его в геохимически замкнутую природно-производственную систему.

Анализ, систематизация и обобщение литературных источников и материалов патентного поиска свидетельствуют о том, что хвостохранилища дамбового типа представляют огромную опасность для окружающей среды. Так, в последние годы произошло большое количество аварий на горных предприятиях, которые нанесли значительный материальный ущерб и привели к человеческим жертвам (Антоненко и др., 2000 и др.). В климатических условиях Дальнего Востока ограждающие дамбы хвостохранилища также подвержены опасности прорыва во время муссонных дождей и сильных ливней. В результате этого токсичные вредные вещества в огромных объемах («заплом») попадают в водоемы и грунтовые воды, нанося тем самым большой экологический и материальный ущерб природным системам. Такого типа хвостохранилища требуют



Концентрации тяжелых металлов в компонентах природной среды в зоне влияния хвостохранилища ЗАО "Многовершинное")

постоянного контроля и ремонтно-восстановительных работ, оставаясь все же опасными на протяжении многих лет (Мелентьев, Павчич, 1986; Чантурия, Сидельникова, 1998; Ногаева, Малюкова, 2000; Панченко и др., 2001 и др.).

Выявлено, что в отечественной литературе отсутствует описание опыта бездамбового хранения «хвостов». Известен способ обустройства хранилища для промышленных отходов (А.С. СССР, № 2130820, 1996), предполагающий сооружение емкости – хранилища отходов в естественных грунтах и он может быть использован для строительства системы техногенных барьеров, которые ограничивают распространение в грунтах шестивалентного хрома. Ем-

кость выполняется с многослойной изоляцией из механической смеси песка, глины и золы с добавлением порошка гетита, торфа (сапропеля) и мелкого щебня гипса или ангидрита, что позволяет не только хранить, но и самоочищать твердые отходы хромового производства от подвижного (шестивалентного) хрома. Однако недостатком названного способа является то, что складирование отходов требует устройства геохимического барьера на границе хранилища. К сожалению, не исключено нештатное разрушение барьера, что несомненно приведет к последующему техногенному химическому загрязнению экосистем на сопредельных территориях.

П.Л. Литвиновым с соавторами (2000, 2001, Кыргызстан) предлагается способ переработки и захоронения отходов промышленных предприятий. Технологическая схема данного способа предусматривает смешивание «хвостов» с природными вяжущими и/или сорбирующими материалами (глинами, суглинками, цеолитами, карбонатами) для перевода их в пластичное состояние с целью бездамбового хранения. Недостатком такого способа является то, что в условиях муссонного климата и горного рельефа Дальнего Востока хвостохранилище может быть подвержено разрушению и значительному техногенному загрязнению экосистем. Тем более что основным методом извлечения, например, благородных металлов на Дальнем Востоке остается цианирование. Другие способы, несмотря на меньшую опасность используемых реагентов, не получили пока широкого распространения (Ногаева и др., 2000; Литвинов, Ногаева, 2000; Дементьев и др., 2001; Петров и др., 2001 и др.). Большинство новых технологических процессов находятся в стадии экспериментального изучения или укрупненных лабораторных исследований. По нашему мнению, на равных конкурировать с цианидным выщелачиванием может кучное выщелачивание (Ногаева и др., 2000; Литвинов, Ногаева, 2000; Дементьев и др., 2001; Петров и др., 2001 и др.). Но для дальнейшей разработки, усовершенствования и внедрения этого метода необходимо проведение научно-исследовательских работ, направленных на оценку технологических, экономических и экологических его особенностей.

Одним из методов решения описываемой проблемы является использование биотехнологии, а также перевод отходов горного производства в менее опасное состояние. Нами разработан способ смешивания «хвостов» с природными вяжущими и сорбирующими материалами и предложено бездамбовое хранение полученной массы в твердом виде (Крупская, Мамаев, Саксин и др., 2006, Патент РФ). При этом достигается обезвреживание отходов, перевод опасных компонентов, содержащихся в них, в малорастворимые соединения, то есть происходит управление геохимической подвижностью компонентов руд и отходов.

Способ бездамбового хранения отходов золотодобычи в условиях муссонного климата и горного рельефа заключается в смешивании «хвостов» обогатительной фабрики с карбонатами, для чего вводится крошка брусила, а также продукты лесохимической переработки древесины – лигнин. Распределение карбонатов осуществляется равномерно во всем объеме «хвостов». На начальной стадии формирования отвала проводится в понижениях на поверхности земли с предварительным снятием почвенного слоя и его последующей рекультивацией. Для предлагаемого способа используется широко применяемая в горнодобывающем комплексе и строительстве техника (бульдозеры, экскаваторы, погрузчики, самосвалы, скреперы). Как правило, смешивание компонентов производится на грохотах или ленточных транспортерах, бетономешалках, агломераторах, применяемых в горной, металлургической или цементной отраслях промышленно-

сти. Выбор комплекса технических средств определяется объемами перерабатываемых материалов и видом горнорудных отходов, а режимы обезвреживания и соотношения компонентов смеси – конкретно для каждого хвостохранилища или места хранения отходов с помощью комплекса аналитических и технологических работ. Выбранные способы в обязательном порядке согласовываются с государственными органами санитарного и экологического контроля. Для предотвращения неблагоприятных гидрологических условий используется дополнительно гидроизоляционный слой не только из глинистого материала, но и водонепроницаемая пленка толщиной 2 мм, выдерживающей без разрыва воздействие колесной и гусеничной техники. Предлагаемый способ представляется особо важным с геохимическими позиций, так как способствует предотвращению интенсивной миграции токсикантов в природные системы в условиях горного рельефа в период муссонных дождей, характерных в летне-осенне время для Дальневосточного региона. В связи с этим предусматривается дренирование и водоотведение ливневых и талых вод в виде водоотводной траншеи в нижерасположенную часть долины с последующей их очисткой в прудах – отстойниках.

Новым является то, что предлагается способ бездамбового хранения «хвостов» в твердом состоянии. Полученная смесь укладывается в пониженные части рельефа с послойным уплотнением материала. Такие понижения из экономических и технических соображений обычно выбираются в дренирующей долине, ниже по течению водотока. В условиях вос-

точной окраины России в подобные места периодически поступают огромные объемы ливневых и талых вод, поэтому предусмотрено специальное водоотведение от мест хранения отходов.

Достоинство описанного способа состоит в том, что он позволяет исключить попадание токсичных компонентов, содержащихся в «хвостах», в почвы и водоемы и значительно снизить затраты на долговременное обслуживание хвостохранилищ. Положительный технический результат заключается в получении отходов с химически связанными вредными компонентами, благодаря чему уменьшается геохимическая подвижность опасных веществ и снижается риск загрязнения окружающей среды. Кроме того, разработанный авторами способ предполагает промежуточную стадию попутного извлечения ценных компонентов геотехнологическими методами в случае, если при этом не увеличиваются общие затраты на обезвреживание.

Существенное отличие предлагаемого решения от применяемых способов состоит в том, что отходы хранятся не в виде полужидкой ядовитой, токсичной пульпы, а в виде водоупорного материала. Отличительной особенностью хвостохранилища является также то, что оно выполнено с многослойной изоляцией из механической смеси отходов с природными и сорбирующими материалами (помимо глины, суглинка, цеолитов, карбонатов, нами предлагается использование крошки брусины, угольных отходов, лигнина). Причем это может быть достигнуто смещиванием «хвостов» и их уплотнением.

Итак, экологически безопасное функционирование хвостохранилища в условиях муссонного климата и горного рельефа обеспечивается применением вяжущих и сорбирующих материалов для перевода опасных компонентов «хвостов» в мало растворимые соединения с последующим хранением их без строительства дамбы. Таким образом,

достигается управление геохимической подвижностью составных токсичных элементов, содержащихся в рудах и отходах. Этот способ позволяет уменьшить их экологическую опасность и по завершению работ возвратить путем рекультивации в хозяйственный оборот земли, отчужденные под хвостохранилища.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мелентьев В.А., Павлич М.П. Катастрофические аварии хвостохранилиш //Гидротехническое строительство, 1986. № 11. – С. 15-21.
2. Чантурия В.А., Сидельникова Г.В. Развитие золотодобычи и технологии обогашения золотосодержащих руд и россыпей //Горный журнал, 1998. № 5. – С. 4-9.
3. Ногаева К.А., Малюкова Н.Н. Перспективные технологии переработки золотосодержащего сырья способом кучного выщелачивания //Кыргызский Горно-металлургический институт, 2000. – С. 5-23.
4. Панченко А.Ф., Лодейников В.В., Хмельницкая О.Д. Подземное выщелачивание золота //Горный журнал, 2001. № 5. – С. 60-62.
5. Антоненко Л.К., Зотеев М.Г., Морозов М.Г. Наземные хвостохранилища каскадного типа как реальные источники техногенных катастроф. Причины и следствия Качканарской аварии //Горный журнал, 2000. № 4. - С. 49-52.
6. Авторское свидетельство СССР, № 2130820, Кл. 6 В 09 В 1/00
7. Литвинов П.Л., Ногаева К.А. Минералогический состав золотосодержащих руд и их пригодность для кучного выщелачивания //Изучение гор и жизнь в горах. Матер. Конференции. КГМИ, Бишкек, 2000. – С. 34-39.
8. Дементьев В.Е., Татаринов А.П., Гудков С.С. Основные аспекты технологии кучного выщелачивания золотосодержащего сырья //Горный журнал, 2001. № 5. – С. 53-55.
9. Ногаева К.А., Литвинов П.Л., Мамашева З. Физико-химические основы, техника и технология извлечения золота из руд при кучном выщелачивании //Наука и новые технологии. Бишкек, 2000. № 6. – С. 4-16.
10. Петров В.Ф., Петров С.В., Мурашов Н.М. Экологическая оценка установок кучного выщелачивания //Горный журнал, 2001. № 5. – С. 56-58.
11. Патент ЕА на изобретение № 001735, 2001. Кл. C 04 B 18/30, B 09 B 3/00, C 02 F 11/00 (авторы Литвинов П.Л. и др.)
12. Патент РФ на изобретение № 2277020 от 27 мая 2006 г. «Способ бездамбового хранения и утилизации отходов золотодобычи в условиях муссонного климата и горного рельефа (авторы: Крупская Л.Т., Мамаев Ю.А., Литвинов П.Л., Саксин Б.Г. и др. ГИАБ

Коротко об авторах

Крупская Л.Т. – доктор биологических наук, профессор, зав. лабораторией,
Саксин Б.Г. – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник,
Мамаев Ю.А. – доктор технических наук, профессор, советник,
Грехнев Н.И. - кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник,
Крупский А.В. – инженер,
Института горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 8 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. Е.А. Ельчанинов.

