

УДК 622. 272

**С.Г. Лейзерович**

## **ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПОДЗЕМНОГО СКЛАДИРОВАНИЯ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ**

*Приведены результаты исследований и технико-экономические показатели при проведении промышленных испытаний по применению гидравлической закладки подземных отработанных камер на комбинате «КМАруда».*

*Ключевые слова: обесшламливание, гидрозакладка, обогащение.*

**Семинар № 18**

**Т**енденция расширения подземных работ в горнорудной промышленности мира из-за снижения неглубокозалегающих запасов минерального сырья способствует росту объемов закладочных работ. Последнее, кроме решения чисто горных задач (снижение горного давления, увеличение извлечения полезных ископаемых и др.), позволяют в совокупности решить многие эколого-экономические проблемы, такие как размещение отходов в выработанном пространстве и уменьшение изъятия земель, существенное снижение загрязнения водного и воздушного бассейнов, почв, дефицита воды, суммарных производственных и налоговых расходов и др.

Применение наиболее дешевой гидравлической закладки (без вяжущего) при подземных горных работах имеет давнюю историю. Для этих целей использовали песок либо мелкокусковую породу. Хвосты обогащения применяли в том случае, если коэффициент фильтрации уложенной смеси превышал 100 мм/час, что достигалось их обесшламыванием. Заполняемое закладкой пространство представляло собой слоевые выработки либо камеры с небольшими параметрами.

Отходы современных обогатительных фабрик (далее хвосты обогащения) представляют собой тонкозернистый материал с преобладающим содержанием частиц  $< 0,05$  мм (более 50 %), в котором имеется большое количество пылевых частиц 20-10 мкм и менее 5 мкм. Коэффициент фильтрации такого материала 20 мм/час и менее и приближается в искусственном массиве по этому показателю в отдельных слоях к свойствам глин. В этой связи подготовка хвостов для использования их в качестве закладочного материала в соответствии с сформулированными требованиями является нелогичной и неэкономичной, т.к. выход готового продукта составит 20-40 % и сохраняются все проблемы по размещению на поверхности оставшейся массы силикозоопасных хвостов.

Поэтому для Комбината «КМАруда» был разработан и применен иной принцип отбора закладочного материала и технология его размещения в подземном выработанном пространстве.

Хвосты отбирались непосредственно из технологического процесса обогащения в точке с содержанием твердого в потоке по массе до 32 % и направлялись в шахту в ранее отра-

ботанные подготовленные камеры без обесшламивания, а основная масса осветленной воды непрерывно переливом вытекала на верхний горизонт и поступала на нижний горизонт в систему шахтного водоотлива. При завершении заполнения камеры за-кладочная смесь быстро переходит из текучего состояния в вязко-пластичное, а затем в жестко-пластичное. Через дренажи в нижней части камер фильтруется незначительная часть воды (10–15 %). В результате в верхней и средней части камер свободной воды практически не остается.

Эта технология обладает мировой новизной и запатентована [1]. В производственном плане работы по созданию и развитию опытной технологии проводилась на двух очередях опытного участка. В настоящее время всего заполнено хвостами 9 камер, в том числе по 1-й очереди 2 экспериментальные камеры, 5 опытных камер. По второй очереди заполнено 2 камеры, продолжается заполнение 10 камер. Одна частично заполненная камера используется как отстойник для осветления воды. Результаты исследований по первым двум периодам заполнения камер были изложены в [2, 3].

Камеры второй очереди опытной закладки представляет собой сложную динамично изменяющуюся и изменяющуюся многофакторную систему, подверженную внешним воздействиям от поступления пульпы, взрывов и др. источников.

Сложность системы объясняется тем, что в заполняемом пространстве, гидроизолированном на нижнем горизонте от основного массива, находится 12 камер с суммарным объемом 750 тыс. м<sup>3</sup>, в которых имеются откосы остатков отбитой руды (плановые потери), частично заполненные и свободные десятки выпускных выработок, соединяющие все камеры между собой на уровне откачного и дос-

тавочного горизонтов, а также бывшие вентиляционные и рудоперепускные вертикальные и наклонные выработки, входящие в общую вновь создаваемую гидравлически связанную систему.

При подаче пульпы в конкретную камеру происходит ее активное заполнение (будущая камера – «донор»). Одновременно или с запозданием происходит пассивное заполнение других камер путем перетока и фильтрации с различным дебитом из активной камеры. При этом за счет потоков пульпы и подмокания остатков руды изменяются углы откоса, и происходит перемещение рудных масс и хвостов по камерам и соединительным выработкам с перекрытием одних путей и открытием других.

Динамичность системы обусловлена производством массовых взрывов вблизи с заполняемым участком, перетоками и массопереносом пульпы, воды, хвостов и руды, происходящими как под действием взрывов, так и от перепадов давления между уровнями в активной и пассивных камерах. В целом на состояние всей системы выработок оказывается проникаемость заполняемого пространства, а также изменения свойств вновь образующейся смеси хвостов, породы и воды внутри камеры.

Эти изменения наблюдались визуально, когда на первом этапе работ размещение и порядок возведения перемычек позволял проникать в заполняемое пространство для фактической оценки состояния выработок горизонта откатки и доставки.

В настоящее время оценка ведется по замерам результатов заполненности водой, твердым и пульпой по всем доступным с верхнего горизонта выработкам, по показаниям манометров, характеру дебита и чистоте слива из камер и дренажей на обоих горизонтах.

На основе анализа наблюдений за уровнями твердого и пульпы в камерах и восстающих разработан алгоритм управления порядком заполнения камер, обеспечивающий безопасную технологию работ.

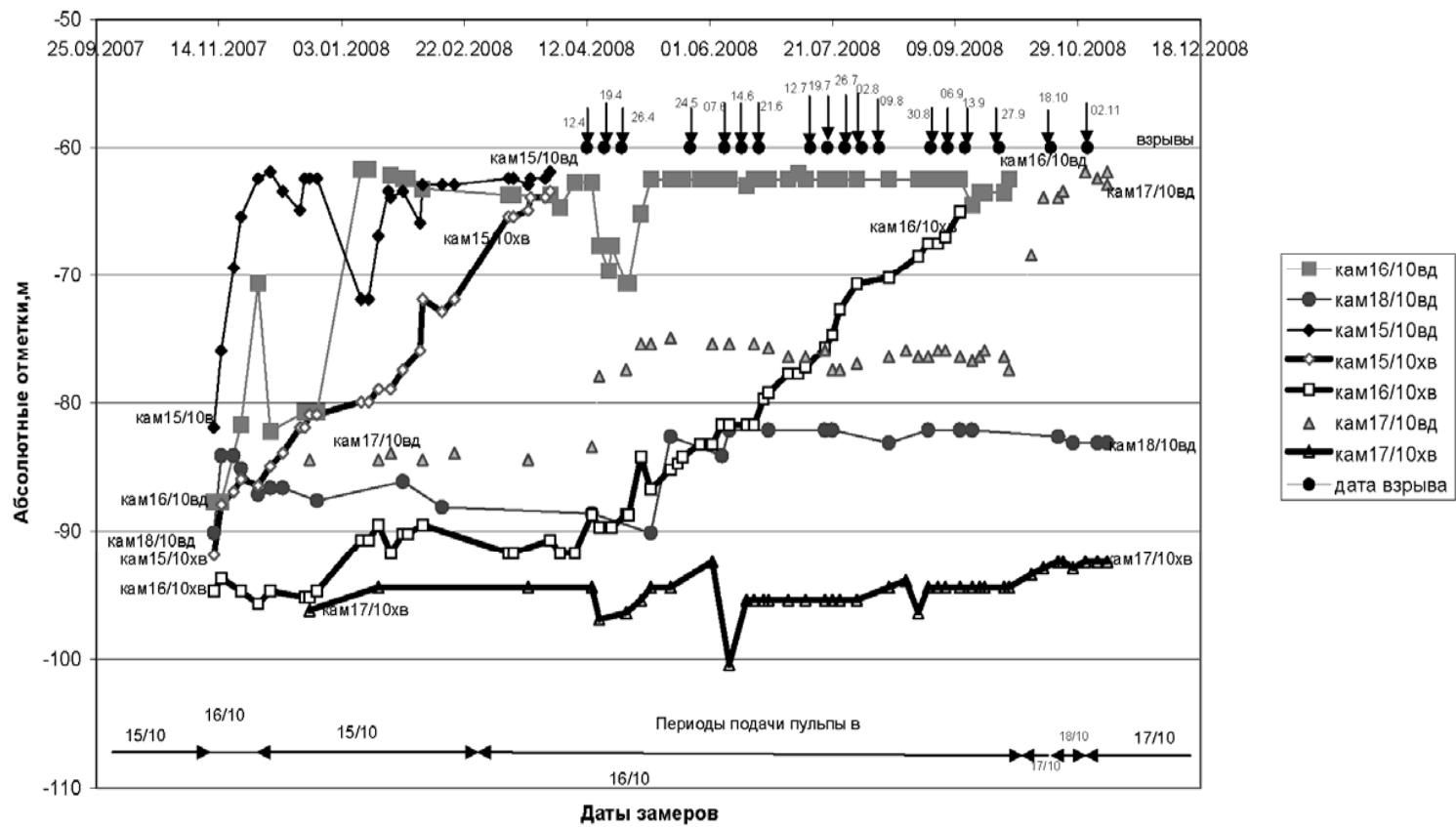
В 2008 г. закладочные работы велись только по участку 2-ой очереди, а мониторингом был охвачен весь закладочный комплекс. Работы велись в соответствии с ранее выданными рекомендациями. В них обоснован порядок ведения закладочных работ по участку и в каждой панели. Участок состоит из 3-х панелей. Порядок работ предусматривает первоочередное создание качественных дренажных площадок перед перемычками, минимизацию накопления воды в шахте и затрат на ведение закладочных работ, а также их концентрацию. В результате исследований установлено, что характер заполнения камер по участкам 1-й и 2-й очередей близки по технологии, несмотря на различие в количестве заполняемых камер. При наличии вертикальной выработки на заполняемом участке, выходящей непосредственно на откаточный и вентиляционный горизонты, требуется учет ее гидравлического сопротивления и его корректировка. Уровни заполнения таких выработок в процессе заполнения камер могут приближаться к критическим по самоизливу на рабочий горизонт, и требуется регулирование подачи пульпы по камерам.

Ближайшие массовые взрывы с отбойкой до 500 кг ВВ на одно замедление и максимальной общей массой 9,2 т при расстоянии до заполняемых камер 60–100 м были реализованы в соответствии с рекомендациями по заполнению камер и не привели к осложнениям технологического характера. Первые взрывы способствовали началу перетоков закладки из

камеры в камеру при давлениях, меньших, чем это имело место при естественных перетоках на 1-й очереди заполнения. Поэтому существенных перетоков твердого из камеры в камеру, как это имело место ранее, не зафиксировано. Перетоки воды могут иметь место как между камерами одной панели, так и между камерами разных панелей. В целом направление перетоков определяется положением камеры – «донора» на начальном этапе заполнения панели и степенью заполненности выработок оставшейся рудой. В дальнейшем на перетоки влияет складывающаяся ситуация по уровням твердого и жидкого в камерах и произошедшем ранее массопереносом. Динамика заполнения камер в одной из панелей приведена на рис. 1. Наличие точек слива осветленной воды из отдельных камер через скважины при процессе заполнения объема пульпой создает ступенчатую депрессионную поверхность в заперемычном пространстве.

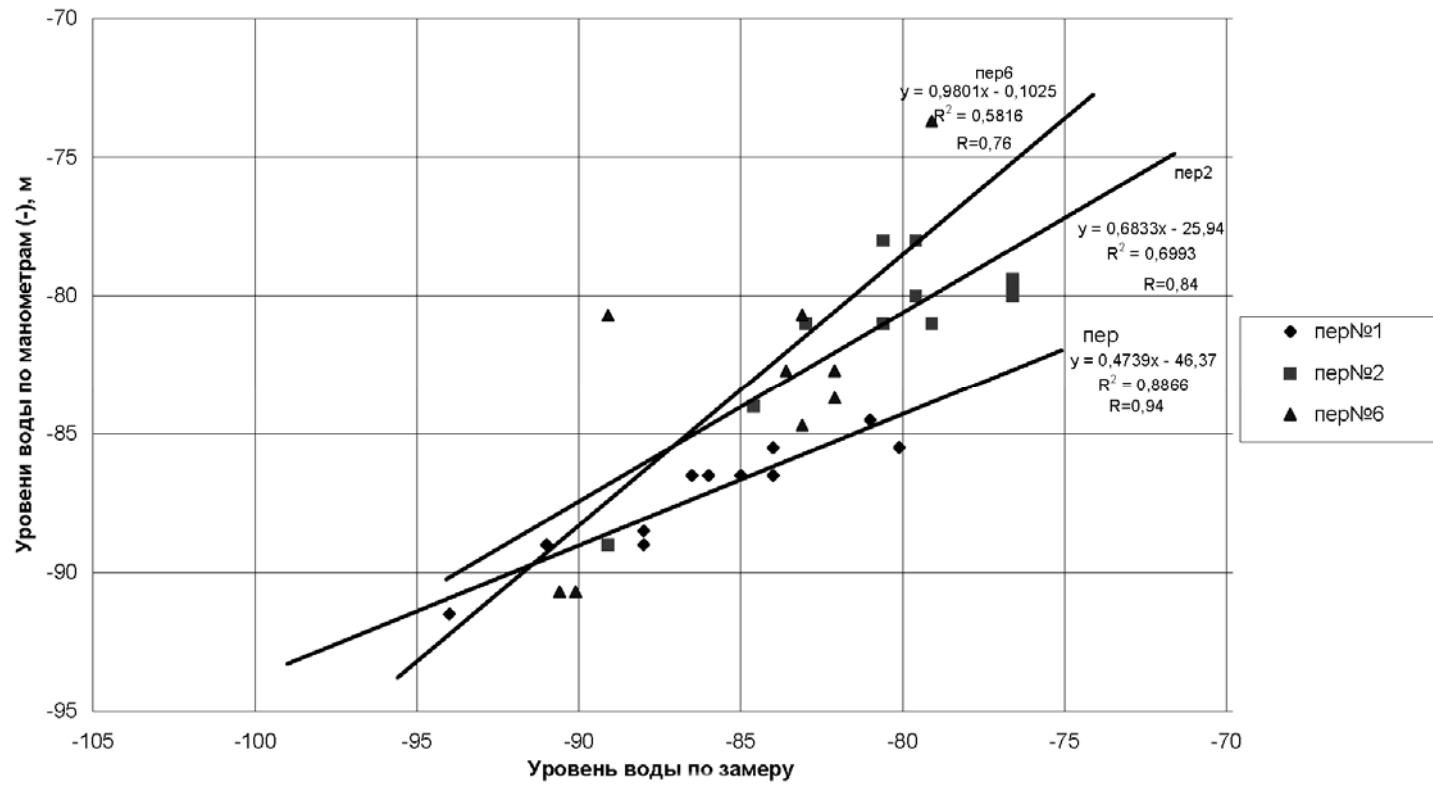
Приповерхностное осушение камер 2-й очереди происходит аналогично камерам 1-й очереди. Конечная влажность 0,5–25 %. Усадка закладки продолжается. Повторное замачивание камеры повышает скорость осаждения, которая затем снова снижается. Влажность вблизи поверхности хвостов зависит от их гранулометрического состава.

Скважины, пробуренные нами для наблюдения в хвостах ранее заполненных камер, сохраняются уже более 3-х лет в хорошем состоянии. Подъем и колебания дна скважин прекратилось. Их глубина стабилизировалась. Угол наклона подводной поверхности хвостов в период заполнения камеры и осушения не превышает двух градусов в направлении слива воды.



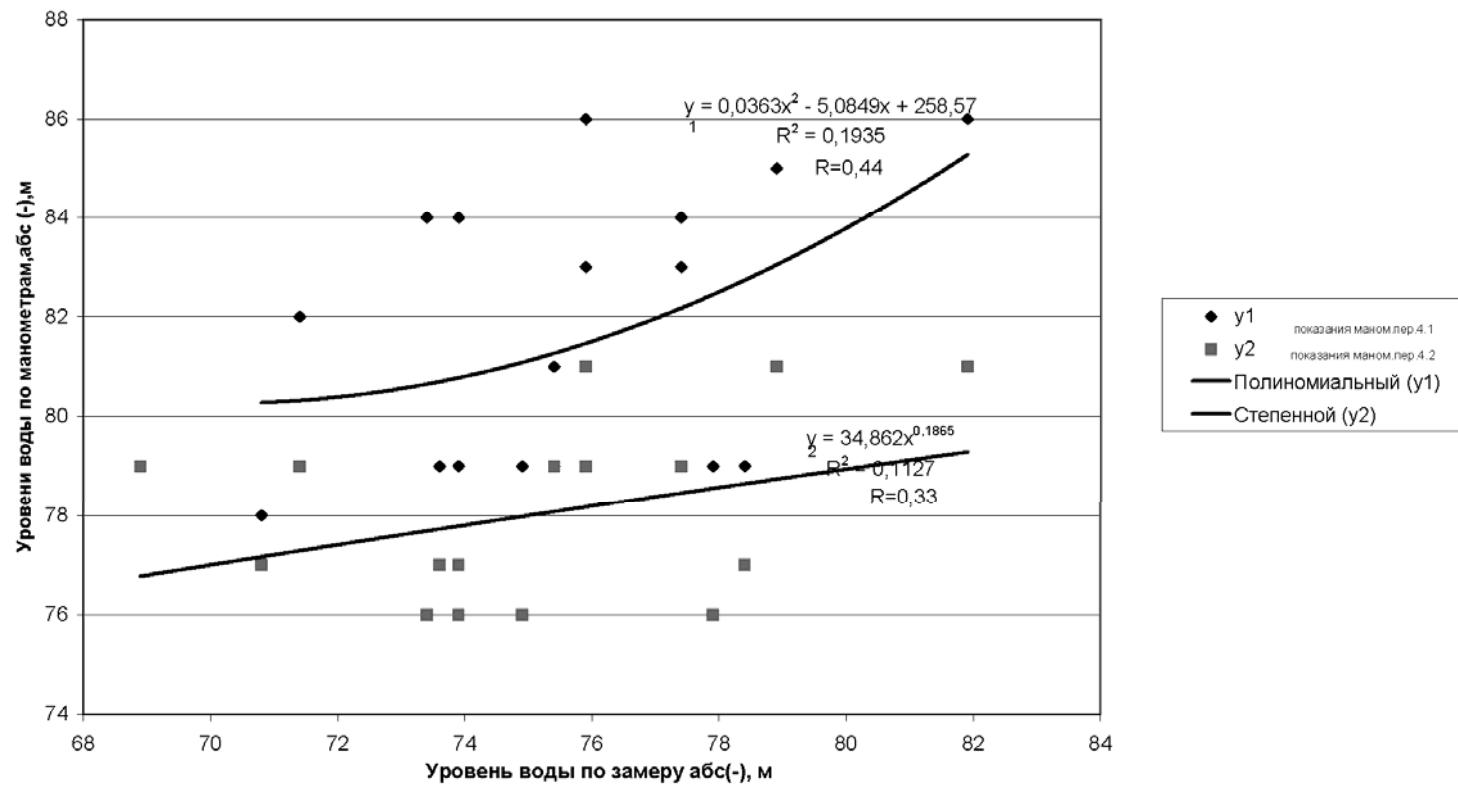
**Рис. 1. Динамика заполнения камер в панели**

*a*



*б*

("активная" камера)



**Рис. 2. Соотношение абсолютных уровней воды в камерах по прямым замерам и показаниям манометров:** а – «пассивные» камеры; б – «активная» камера

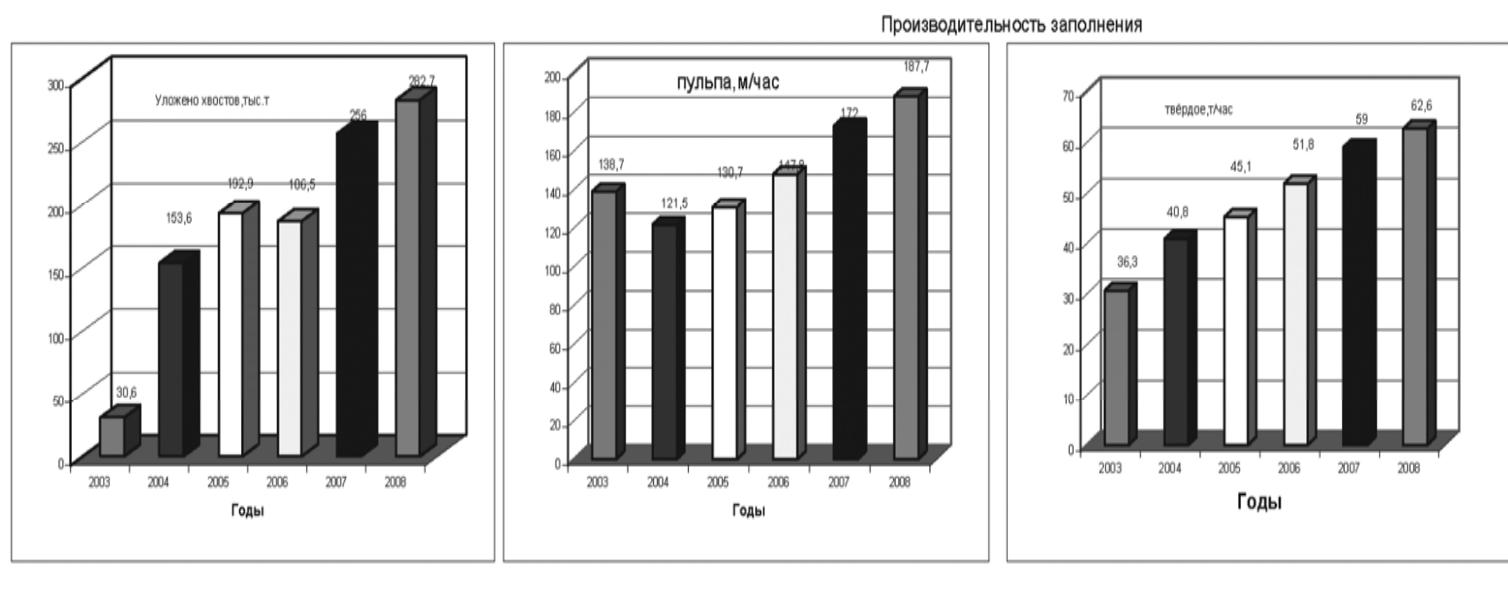
На завершающем этапе заполнения камеры при увеличивающейся производительности подачи пульпы возможно самообразование вала из хвостов со стороны слива, который может изменить направление потока осветленной воды. Осветленность слива из заполняемых камер удовлетворительная (до 3 г/л), кроме завершающей стадии, когда глубина до слоя хвостов составляет 1,5 м и менее. В этом случае необходимо проводить ряд мероприятий, чтобы обеспечить чистоту слива. Исследованиями установлено, что при активном и пассивном заполнении камер внутри них происходят различные физические процессы, что приводит соответственно к коррелируемости либо некоррелируемости наблюдаемых параметров. Так показания манометров на перемычках хорошо коррелируется с величиной уровня воды над ними в ближайших пассивно заполняемых пульпой камерах и не коррелируется в активно заполняемой камере (рис. 2). Это связано с тем, что при активном заполнении подача пульпы производится сверху, идет существенное уплотнение хвостов. При пассивном – имеется более тесная гидравлическая связь между манометром и уровнем воды в камере, так как хвостов в камере пока мало, и они не уплотнены. В процессе длительного промышленного эксперимента накоплены интересные практические результаты по реальному износу вертикального закладочного трубопровода. Из-за абразивного износа уже заменено два вертикальных стока. Оказалось, что по его длине имеется 4 участка, износостойкость которых отличается на порядок.

Наибольшему износу подвержена верхняя часть трубопровода: воронка, ее хвостовик, верхняя стыковоч-

ная труба – «маломерок», 1-я магистральная труба. Их износостойкость составляет до 20 тыс. т/мм толщины металлической стенки. Наиболее износостойки – нижние трубы (до 200 тыс. т /мм). Последнее связано с тем, что низ вертикального трубопровода практически постоянно заполнен на величину, равную сопротивлению горизонтального участка транспортной системы.

На основе этих исследований разработаны рекомендации по подготовке труб, технологии замены и обеспечения равнозношенностии всего вертикального става к моменту его демонтажа, что существенно снижает затраты на транспорт пульпы.

Анализ простого закладочного комплекса (ЗК), жестко связанного с работой обогатительной фабрики (ОФ), показал, что в его работе имеются значительные резервы. Коэффициент использования рабочего времени ЗК составляет 55 % от времени работы ОФ. Время простоев ЗК по вине ОФ составляет 10 %, остальные простои связаны с шахтой и носят в основном организационный характер. Наличие резерва времени и освоение технологии складирования хвостов позволили постоянно повышать интенсивность ведения закладочных работ (рис. 3), которая за 5 лет выросла по объемам и производительности подачи твердого на 84 и 53 % соответственно. Содержание твердого в пульпе превысило проектные показатели и составило 27,4 %. Всего с начала эксперимента по ведению закладочных работ уложено в шахту более 1,2 млн. т хвостов (по сухой массе), откачено более 2,3 млн. м<sup>3</sup> чистой воды, заполнено более 700 тыс. м<sup>3</sup> пустот. Опытные закладочные работы ежегодно окупались и приносили прибыль.



**Рис. 3. Технологические показатели работы закладочного комплекса за 2003–2008 гг.**

Реальный экономический эффект за 2008 г. составил более 26 млн. руб. и увеличился за год на 46 %.

Проведенный крупномасштабный промышленный эксперимент подтвердил правильность предложенных принципов технологии гидрозакладки

хвостов в шахту и послужил основой для подготовки к переходу на безотходное производство железорудного концентрата. Комбинат КМАруда» завершает подготовку к сгущению всех текущих хвостов и их складированию в отработанных камерах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ № 2224112
2. Ельников В.Н., Лейзерович С.Г. Безотходное производство железорудного концентрата ближайшего будущего. Горный журнал № 4–5, 2003. – с.13–15.
3. Усков А.Х., Лейзерович С.Г. Результаты исследований и внедрения опытной технологии гидрозакладочных работ. Горный журнал № 4, 2008. – с. 18–20. ГИАБ

#### Коротко об авторах

Лейзерович С.Г. – заведующий лабораторией технологии подземных горных работ ОАО «Научно-исследовательский институт по проблемам КМА им. Л.Д. Шевякова» (НИИКМА), niiikma@mail.ru



#### КОММЕРСАНТ ОДНОЙ СДЕЛКИ

Это бизнес, господа!

Жил-был в одном вузе доцент Вова Коньков-Древлянский. И хотя было ему за пятьдесят, никто его по имени-отчеству не звал, просто Вова. Проходимец он был профессиональным, но те, кто знал Вову получше, не верили ни одному его слову. Поэтому и звали доцента коммерсантом одной сделки: второй раз с ним уже никто не связывался. Но для незнакомых людей Вова был находкой: обаянием, напористостью, красноречием он обволакивал собеседника, а обещаниями добивался решения сложнейших вопросов. Конечно, обещания не выполнялись, а его благодетели, позавидившись некоторое время, оставляли Вову безнаказанным. В старые времена так было принято, и этим пользовались многочисленные авантюристы.

Но наступила новая эра в жизни России. В бизнес пришли бывшие уголовники, а в их среде слово стоит недешево. На свое несчастье Вова не заметил очевидных перемен и продолжал свое легкомысленное вранье. Пока не нарвался на какого-то авторитета. Он предложил этому новому коммерсанту вложить сто тысяч долларов в какое-то изобретение, обещая немыслимые прибыли. Авторитет выложил деньги, не взял даже расписки и отпустил Вову восвояси.

Прошло время. Вова решил, что провел легковерного богача, но ошибся. Сначала к нему зашли двое молодых людей и напомнили, что слово надо держать. Вова опять начал врать, но ему доходчиво объяснили насколько вырос его долг, через месяц его «уговорили» отдать квартиру, но и это не покрыло сумму долга. А еще через месяц ему уже не нужно было жилье — его убили.

Не сориентировался вовремя и поплатился жизнью за глупость. Впрочем, подобных историй в начале 1990-х было очень много. Сейчас проходимцы стали осторожнее.

Из книги Л.Х. Гитиса «Верхом на тигре». М.: Горная книга, 2009. С.239