

С.А. Бахарев

ОЧИСТКА ОБОРОТНОЙ ВОДЫ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ В ХВОСТОХРАНИЛИЩЕ АКУСТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Приведены результаты опытно-промышленной эксплуатации в хвостохранилище (объемом 1 млн куб. м) алмазодобывающего предприятия разработанной автором акустической установки. Показано, что при расходе хвостовой пульпы ~500 куб. м в час концентрация шламовых частиц в ней была сокращена с 100–200 до 0,5 г на 1 л и менее. При этом затраты электроэнергии не превысили 0,5 Вт на 1 куб. м хвостовой пульпы. Разработанную автором акустическую установку рекомендуется использовать также для осветления сточных (карьерных, отвальных, дренажных) вод в горизонтальных отстойниках и на полях поверхностной фильтрации алмазодобывающих предприятий Архангельской области.

Ключевые слова: алмазы, обогатительная фабрика, оборотная вода, хвостохранилище, нелинейная акустика, акустическое осветление воды, акустическое сгущение осадка.

Характерной особенностью месторождений алмазов в Архангельской области является высокое содержание минералов монтмориллонитовой группы (ММГ), обладающих высоким сорбционным потенциалом по отношению к воде и способностью увеличиваться (разбухать) в объеме более чем в 10–20 раз [4–7]. В водной среде данные глинистые минералы образуют тонкодисперсную гелеобразную суспензию, частицы которой характеризуются крупностью менее 5–7 микрон и, как следствие, низкой скоростью осаждения, что создает большие сложности при обеспечении замкнутого водооборота на обогатительных фабриках (ОФ). Особенно остро недостаток воды отмечается в период ледостава на хвостохранилище – в период с марта по апрель, когда концентрация глинистых шламов в оборотной воде превышает 50–100 г/л [6]. Это приводит к увеличению ее вязкости, плотности и, как следствие, снижению извлечения алмазов в процессах тяжелосредной и рентгенолюминесцентной сепараций,

повышению потребления чистой природной воды, снижению срока службы оборудования и т.д.

Сапонит («мыльный камень») – высокомагнезиальный глинистый минерал, триоктаэдрический смектит, в структуре которого находятся 1–2 монослоя воды. Химическая формула: $(Ca_5, Na)_3(Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O$. Цвет белый с желтоватым, красноватым, зеленоватым оттенками. В сыром виде мягок, жирен на ощупь. Находится в виде землистых или глиноподобных плотных масс, скоплений или пленок. Встречается в зоне выветривания магнезиальных горных пород, главным образом серпентинитов, в ассоциации с магнезитом и опалом; в доломитах и магнезитах; в зонах окисления многих месторождений; в миндалинах и трещинах основных эффузивных пород [6].

В качестве объектов исследований разработанной автором установки комплексного воздействия (УКАВ-ОВ) выбраны оборотные воды хвостохранилища ОФ № 1 Ломоносовского гор-

Таблица 1

Химический состав твердой фазы шламсодержащей пробы

Химический состав	Содержание, %
SiO ₂	51,61
MgO	19,29
Fe ₂ O ₃	9,09
Al ₂ O ₃	7,70
CaO	7,00
K ₂ O	1,30
TiO ₂	1,04
P ₂ O ₅	0,59
Na ₂ O	0,43
MnO	0,14
SrO	0,05
ZrO ₂	0,037

Таблица 2

Минеральный состав твердой фазы шламсодержащей пробы

Минерал	Содержание, %
Сапонит	73,2
Кварц	19,8
Кальцит	3,8
Доломит	3,2

но-обогажительного комбината (ЛГОК), характеризующиеся содержанием ММГ от 50 г/л до 270 г/л. В табл. 1 и табл. 2 представлен химический и минералогический состав твердой фазы шламсодержащей пробы ОФ № 1 ЛГОКа, соответственно, отобранной специалистами института «Якутнипроалмаз» (г. Мирный) с участием автора данной работы в августе 2013 г. [4, 6].

При этом для кристаллической структуры минералов монтмориллонитовой группы, как и для всех слоистообразных веществ, характерно слоистое расположение анионов и катионов в кристаллической решетке.

Прежде чем приступить к анализу результатов опытно-промышленной экс-

плуатации УКАВ-ОВ [2–5] на хвостохранилище ОФ № 1 ЛГОКа, кратко проанализируем известные методы очистки оборотных вод, которые в течение последних 15 лет проходили промышленное тестирование на данном хвостохранилище.

Центрифугирование – является процессом разделения твердой и жидкой фаз под действием центробежных сил [1]. Высокая интенсивность отделения влаги от твердых частиц в процессе реализации данного метода обусловлена тем, что ускорение центробежных сил в центрифугах в десятки и сотни раз превосходит ускорение силы тяжести в обычных аппаратах.

Эксплуатационные затраты на центрифуги довольно высоки, что вызвано износом сит (перфорированные сита изнашиваются в течение 4–6 дней), относительно высокой стоимостью ремонтов и электроэнергии по сравнению с расходами на оборудование для обезвоживания методом дренирования. Для комплексного решения задачи получения складированного осадка и полноценной оборотной воды целесообразно применять двухстадийную технологию центрифугирования, где на первой стадии требуется получить осадок с 20–25% влажности, во второй стадии – получить оборотную воду с содержанием твердого не более 5–7 г/л [1, 4, 6].

Достоинства данного метода: высокая интенсивность процесса за счет больших значений фактора разделения; не требуются дополнительного оборудования (например вакуум-насосов); возможность механизации и автоматизации процесса; не высокие требования к суспензии и осадку и т.д. Недостатки: высокие капитальные затраты; высокий расход электроэнергии и т.д.

Для повышения эффективности разделения жидкой и твердой фазы, с одновременным снижением расхода электроэнергии, в работе для этих же целей

рекомендовано использовать акустические и магнито-акустические гидrocиклоны, которые не являются предметом обсуждения в данной статье.

Сгущение – процесс разделения твердой и жидкой фаз, основанный на естественном осаждении минеральных частиц в жидкости под действием силы тяжести. Осаждение частиц при сгущении подчиняется законам стесненного падения твердых тел в жидкой среде. Скорость осаждения возрастает с увеличением крупности и плотности частиц, повышением температуры и разбавлением сгущаемой пульпы, вызывающих уменьшение ее вязкости. Тонкодисперсные частицы оседают медленно из-за малой скорости падения, броуновского движения и взаимного отталкивания при одноименном заряде их поверхности. По этим причинам осаждение частиц меньше 0,1 мкм практически прекращается. Решение проблемы сгущения тонкодисперсных частиц достигается применением реагентов, вызывающих их слипание или агрегацию в результате коагуляции или флокуляции.

Достоинства данного метода (по сравнению с использованием сгустителей высокого сжатия): надежность обслуживания используемого оборудования; обеспечение высокой степени очистки сливов (при условии 2% содержания твердого в исходном питании сгустителя) и т.д.

Недостатки: высокие капитальные затраты; высокий расход реагентов; высокий расход электроэнергии; большая площадь, занимаемая установками сгущения хвостовой пульпы и станциями подготовки реагентов (~3637 м² без учета рабочих проходов); необходимость обогрева технологического оборудования при использовании в зимнее время; риск образования полиакриламидной сетки в объеме пульпы в зимнее время года, в связи с повышенным расходом реагентов; создание

площадок для складирования сгущенного продукта с высоким содержанием влаги (до 30%); необходимость разбавления исходной хвостовой пульпы с содержанием 20% твердого, до содержания в ней твердого 2% (для эффективного проведения процесса сгущения шламов); при использовании системы авто разбавления в предлагаемом сгустителе необходим дополнительный расход электроэнергии на перекачивание дополнительной воды (порядка 5000 м³/ч) для разбавления исходной пульпы до содержания в ней 2% твердого и т.д. [1,6].

Для повышения эффективности разделения жидкой и твердой фазы, с одновременным сокращением финансово-временных затрат, в работе для этих же целей рекомендовано использовать акустические сгустители, которые не являются предметом обсуждения в данной статье.

Электрохимическое сепарирование. Для решения проблемы сапонитов институтом ИПКОН РАН впервые разработан и апробирован безреагентный электрохимический метод, обеспечивающий эффективное выделение глинистых шламов из сапонитсодержащих водных систем. Сущность метода заключается в следующем: наличие отрицательного заряда тонкодисперсных частиц ММГ предполагает возможность их «налипания» в процессе электрохимической обработки на положительно заряженный электрод – анод [7]. В результате проведенных сотрудниками ИПКОН РАН (г. Москва) экспериментов, в том числе на ОФ № 1 ЛГОКа в декабре 2012 г. с участием автора данной работы, установлено, что применение данного способа электрохимической обработки в зависимости от числа оборотов барабана (10–40 мин⁻¹) обеспечивает получение следующих показателей продуктов: выход осветленного слива от 20% до 76%; степень очистки шламсодержа-

шей воды от 41 до 99,5%; содержание твердого в сливе без отстаивания от 1 до 60 г/л, при продолжительности отстаивания 3 ч – от 0 до 0,5 г/л с объемом очищенного слива 50–70% и т.д.

Единственным недостатком вышеуказанного метода является излишне (7–8 кВт/м³ вместо 5 Вт/м⁵ – как у акустического метода) высокое потребление электроэнергии.

Комбинированный метод осветления воды с помощью карт намыва и акустического метода, предложенный автором данной статьи и сотрудниками института «Якутнипроалмаз» [4–6]. В процессе реализации данного метода, который не имеет себе равных согласно критерия: «качество–стоимость–производительность–энергозатратность–экологичность», по длине пляжной зоны происходит гравитационное осаждение с пофракционным разделением хвостовой пульпы. В пруд отстойник попадает суспензия с меньшим количеством песчаной фракции, т.к. она осаждается в пляжной зоне. Для достижения максимального результата по осаждению и осветлению хвостовой пульпы в карте намыва ее подачу необходимо обеспечить циклическую работу карты с регулировкой расхода подаваемого в ложу.

На основании результатов, полученных в ходе проведения промышленных испытаний в сентябре 2013 г.

на ЛГОКе [5,6] можно сделать следующие предварительные выводы:

- На карте намыва с геометрическими размерами: 307×37×3,7 м удалось более чем на два порядка (с 100–200 г/л до 0,16–0,32 г/л, соответственно) снизить содержание шламовых частиц в сточной воде, синхронно сбрасываемой с поступлением на карту мелкодисперсной пульпы. После акустического осветления в прудке-отстойнике мелкофракционной пульпы с ОФ № 1, оставшийся на дне и нижних бортах карты сапонитсодержащий осадок по своей структуре напоминает мягкий пластилин, что существенно отличает его (как и жидкий осадок, по своей структуре напоминающий нефть) от аналогичного осадка, сформированного гравитационным способом.

- В наиболее благоприятных погодных условиях (скорость ветра не более 3–5 м/с) акустическим способом удалось осветлить 50% слоя (0,3 м при глубине места 0,6 м), содержание твердого в сливе составило менее 0,25 г/л воды, синхронно сбрасываемой с поступлением на карту мелкодисперсной пульпы. В менее благоприятных погодных условиях (скорость ветра более 3–5 м/с) акустическим способом удалось осветлить 30% слоя (0,3 м при глубине места 0,8 м) воды, синхронно сбрасываемой с поступлением на кар-

Таблица 3

Контроль качества хвостовых отложений, намывных в пляжной зоне

№ пробы	Расстояние от выпуска до точки отбора проб, м	Гранулометрический состав, % частиц диаметром, мм							Плотность грунта, г/см ³	Влажность грунта, %
		+2,0	-2,0 +1,0	-1,0 +0,5	-0,5 +0,2	-0,2 +0,1	-0,1 +0,071	-0,071		
1	5	0,08	0,52	11,37	42,37	33,86	5,43	6,37	1,27	37,61
2	10	0,03	0,31	7,62	34,68	37,31	10,94	9,11	1,36	43,7
3	15	0	0,04	3,38	42,01	36,79	7,27	10,51	1,33	34,48
4	20	0	0,03	0,71	16,61	49,17	16,81	16,67	1,23	34,47
5	25	0	0,01	2,24	28,72	45,00	12,91	11,13	1,24	36,56

ту мелкодисперсной пульпы. При этом увеличение уровня воды в зоне осветления (нижняя часть карты намыва) до 2,5–3 м позволит осуществлять многосуточный синхронный сброс осветленной воды синхронно с поступлением мелкодисперсной и среднedisперсной пульпы в любых погодных условиях, включая период ледостава.

В период намыва карты производился отбор проб на определение гранулометрического состава из намывного массива через 5, 10, 15, 20, 25 м. Данные по гранулометрическому составу представлены в табл. 3 [6].

Таким образом применение комбинированного метода осветления позволило получить слив с требуемыми

параметрами (содержание твердого не более 0,5 г/л) и с минимальными затратами на потребление энергоресурсов (не более 5 Вт/м³), а так же позволит увеличить срок службы нового хвостохранилища ЛГОКа минимум на 3 года.

В табл. 4 представлены результаты технико-экономической оценки проанализированных выше четырех методов осветления оборотных вод ЛГОКа [6].

Сравнение эксплуатационных затрат при реализации различных методов осветления оборотной воды ОФ № 1 ЛГОКа позволяет сделать вывод о том, что все методы (центрифугирование, сгущение и электрохимическая

Таблица 4

Технико-экономическое сравнение методов осветления оборотной воды ОФ № 1 Ломоносовского ГОКа

№ п/п	Наименование	Единицы измерения	Сравнение затрат			
			Центрифугирование	Сгущение	Электрохимическая обработка	Комбинированный метод осветления (карта+акуст.)
1	Общие сведения					
1.1	Назначение оборудования		Получение оборотной воды с предельно допустимой концентрацией твердого			
2	Капитальные затраты					
	ИТОГО	тыс. руб.	1 179 520	596 242	774 960	15 880
3	Сравнение годового потребления материальных и топливно-энергетических ресурсов					
3.1	Расход электроэнергии	кВт·час	58 579 200	9 112 320	100 170 432	32 002
3.2	Расход флокулянта	Т	0	752	0	0
3.3	Расход коагулянта	Т	0	626	0	
4	Цена, стоимость					
4.1	1 кВт·час электроэнергии	руб.	8,76	8,76	8,76	8,76
5	Затраты на содержание оборудования в течение года					
	ИТОГО	тыс. руб.	684 184	342 328	989 862	2000
	Удельные затраты	руб./т	171,05	85,58	247,47	0,5

обработка), за исключением комбинированного метода осветления, требуют высоких капитальных и эксплуатационных затрат.

Акустическая установка для промышленной реализации разработанного метода комплексного акустического воздействия на пульпу хвостохранилища ОФ № 1 включает в себя следующие модули, которые должны использоваться совместно:

Первый, второй и третий мобильные модули (установленные в районе сброса пульпы в хвостохранилище на якорях на удалении 70–80 м от береговой черты и на расстоянии 100 м друг от друга, которые формируют первый мобильный рубеж протяженностью 300 м) осуществляют: акустическую дегазацию пульпы, акустическую коагуляцию разнодисперсных ШЧ, акустическое (принудительное) осаждение ШЧ, а также акустическое уплотнение осадка с пофракционным разделением хвостовой пульпы. По этой причине в центральную зону хвостохранилища попадает суспензия с меньшим количеством песчаной фракции, т.к. она осаждается в пляжной зоне.

При этом каждый из первых трех мобильных модулей включает в себя: малогабаритный понтон с 4 якорными линиями; термошкаф (1,5×1,5×1,5 м) 4 направленных (по 1 шт. в каждую сторону) гидроакустических излучателей НЗД частот (типа ПГИ-1), 4 одноканальных цифровых усилителя мощности (1×8 кВт) с блоком согласования (суммарное электропотребление усилителей – 8,0 кВт/ч), установленные на каждом из малогабаритных понтонов.

Четвертый, пятый и шестой мобильные модули (установленные в центральной части хвостохранилища напротив района сброса пульпы на якорях на удалении 70–80 м от шандрного колодца и на расстоянии 50 м друг от друга и формирующие второй мобильный рубеж протяженностью 150 м)

осуществляют: акустическую дегазацию воды, акустическую коагуляцию среднелдисперсных и мелкодисперсных ШЧ, акустическое (принудительное) осаждение данных ШЧ, а также акустическое уплотнение осадка.

При этом каждый из данных модулей включает в себя: малогабаритный понтон с 4 якорными линиями; термошкаф (1,5×1,5×1,5 м) 2 ненаправленных гидроакустических излучателей НЗД частот (типа ЦГИ-1), размещенных на горизонтах 1 м и 2 м; 2 направленных гидроакустических излучателей СЗД частот (типа ЦГИ-2), размещенных на горизонтах 0,5 м и 1,5 м; 2 двухканальных цифровых усилителя мощности (2×2 кВт) с блоками согласования (суммарное электропотребление усилителей – 2,0 кВт/ч), установленные на каждом из малогабаритных понтонов.

Следует отметить, что первый и второй мобильные рубежи перемещают синхронно с изменением района сброса пульпы в хвостохранилище таким образом, что всегда по трассе движения оборотной воды между районом сброса пульпы и районом водозабора находилось два рубежа очистки воды и сгущения осадка.

Первый, второй и третий стационарные модули, а также четвертый, пятый и шестой стационарные модули, установленные, соответственно, слева и справа от шандрного колодца (удаленного на 70–80 м от береговой черты) в центральной части хвостохранилища на якорях на расстоянии 70–80 м от него и на расстоянии 50 м друг от друга и формирующие первый и второй стационарные рубежи протяженностью 150 м каждый) осуществляют: акустическую дегазацию воды, акустическую коагуляцию среднелдисперсных и мелкодисперсных ШЧ, акустическое (принудительное) осаждение данных ШЧ, а также акустическое уплотнение осадка.

При этом каждый из данных модулей включает в себя: малогабаритный понтон с 4 якорными линиями; термошкаф (1,5×1,5×1,5 м) 2 ненаправленных гидроакустических излучателей НЗД частот (типа ЦГИ-1), размещенных на горизонтах 1 м и 2 м; 2 ненаправленных гидроакустических излучателей СЗД частот (типа ЦГИ-2), раз-

мешенных на горизонтах 0,5 м и 1,5 м; 2 двухканальных цифровых усилителя мощности (2×2 кВт) с блоками согласования (суммарное электропотребление усилителей – 2,0 кВт/ч), установленные на каждом из малогабаритных понтонов.

В табл. 5, в соответствии с технологической схемой ОФ № 1 ЛГОКа с

Таблица 5

Оборудование для акустического осветления оборотных вод в хвостохранилище ОФ № 1 Ломоносовского ГОК

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Мощность, кВт·ч		Стоимость, тыс. руб. (без НДС)	
			ед-ца	всего	ед-ца	всего
1	Генератор сигналов специальной формы (типа «GFG-18A»)	9	0,05	0,5	30	270
2	Двухканальный цифровой усилитель мощности с блоком согласования («EP-4000-2×2»)	18	1,0	18,0	170	3060
3	Одноканальный цифровой усилитель мощности с блоком согласования («EP-8000-1×8»)	12	2,0	24,0	340	4080
4	Гидроакустический излучатель НЗД частот (ПГИ-ПБ-1)	12	–	–	520	6240
5	Гидроакустические излучатели СЗД частот (ЦГИ-ПБ-3)	18	–	–	340	6120
6	Гидроакустические излучатели ВЗД частот (ЦГИ-ПБ-3)	18	–	–	250	4500
7.	Герметичные подводные муфты (ГПМ-50)	48	–	–	2	96
8.	Геофизический кабель КГ-1х6 (120 м: 12×10 м)	480	–	–	0,2	96
Итого (за основное оборудование):				42,5		24 462
Термошкафы (1,5×1,5×1,5) для размещения электронных приборов		12	0,5	6,0	120	360
Понтоны с якорно-поплавковыми устройствами		12	–	–	100	1200
Итого (за дополнительное оборудование):				6,0		1560
ИТОГО (за оборудование):				48,5		26 022
Примечания: 1. Суммарные затраты на потребление электроэнергии, с учетом режима работы 12 ч в сутки, составят ~582 кВт/сут. (или ~212,43 тыс. кВт/год). 2. При отсутствии стационарного электропитания 220В 50 Гц потребуется 12 дизель-генераторов с электрической мощностью не менее 5 кВт каждый. 3. При увеличении геометрических размеров хвостохранилища пропорционально увеличатся затраты на основное и дополнительное оборудование.						

производительностью 1,1 млн т руды в год, представлен комплект основного и вспомогательного оборудования УКАВ-ОВ (цены на 01.01.2014 г. без НДС).

В табл. 6 представлены, в виде содержания шламовых частиц (г/л) в оборотной воде, поступающей на ОФ ЛГОК, результаты опытно-промышленной эксплуатации установки УКАВ-ов в период с 21 сентября 2013 г. по 30 апреля 2014 г.

Анализируя данные, представленные в табл. 6, можно сделать следующие выводы:

1. Установка УКАВ-ов, даже несмотря на использование в ограниченной конфигурации (с сентября 2013 г. – 50%, а с февраля 2014 г. – 10%), хотя

и при сокращении (на 30%) объема сбрасываемой в хвостохранилище ОФ № 1 пульпы по отношению к 2012 г. и непрерывный сброс гравитационно очищенной оборотной воды из хвостохранилища ОФ № 2, позволила существенно сократить содержание ШЦ в оборотной воде. В частности: в октябре – в 8,3 раза; в ноябре – в 73,8 раза; в декабре 2013 г. – в 250,0 раз; в январе 2014 г. – в 387,5 раза; в феврале 2014 г. – в 6,9 раза; в марте 2014 г. – в 7,5 раза; в апреле 2014 г. – в 5,3 раза. Однако необходимо отметить, что это удалось достичь благодаря использованию стальных понтонов в районе водозабора (понтонный мост к шандорному колодцу) и в районе сброса пульпы (понтонный в районе погрузочно-

Таблица 6

Содержание шламовых частиц (г/л) в оборотной воде, поступающей на обогатительную фабрику

Год / Месяц	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Условия опытно-промышленной эксплуатации
Январь	40	31	0,08**	Непрерывно работает 1 излучатель из 9. Сброс воды из хвостохранилища № 2.
Февраль	18	40	5,82**	Периодически работает 1 излучатель из 9. Сброс воды из хвостохранилища № 2.
Март	50	36	4,76**	Периодически работает 1 излучатель из 9. Сброс воды из хвостохранилища № 2.
Апрель	49	24	4,52**	Периодически работает 1 излучатель из 9. Сброс воды из хвостохранилища № 2.
Май	5	3	5	УКАВ-ОВ не работает
Июнь	5	4	5	УКАВ-ОВ не работает
Июль	13	4	5	УКАВ-ОВ не работает
Август	6	3	6	УКАВ-ОВ не работает
Сентябрь*	11	6**	2**	По заданной программе работают 5 из 9 излучателей.
Октябрь	25	3,0**	0,5**	По заданной программе работают 5 из 9 излучателей.
Ноябрь	31	0,42**	0,5**	По заданной программе работают 5 из 9 излучателей. Сброс воды из хвостохранилища № 2.
Декабрь	65	0,26**	0,5**	По заданной программе работают 5 из 9 излучателей. Сброс воды из хвостохранилища № 2.

** содержание шламовых частиц (г/л) в оборотной воде при работающей УКАВ-ОВ.

го насоса). Для этого параметры акустических сигналов (частота, форма сигналов и др.) были специально адаптированы под собственные резонансные частоты стальных понтонов.

2. Наиболее корректными для сравнения следует считать результаты, полученные с установкой УКАВ-ов в период с 21 сентября по 12 ноября 2013 г., когда сброс гравитационной воды из хвостохранилища ОФ № 2 еще не осуществлялся, и вся оборотная вода с выхода ОФ № 1 (пульпа) еще сбрасывалась в хвостохранилище ОФ № 1. В этот период содержание ШЦ в оборотной воде было снижено с 6 г/л до 0,4 г/л (в 15 раз), а также уплотнен осадок. Свидетельством последнему является слой (толщина – более

0,5 м) относительно чистой (содержание ШЦ в воде – менее 0,05 г/л) подледом (толщиной ~ 0,5 м) в период с декабря 2013 г. по апрель 2014 г.

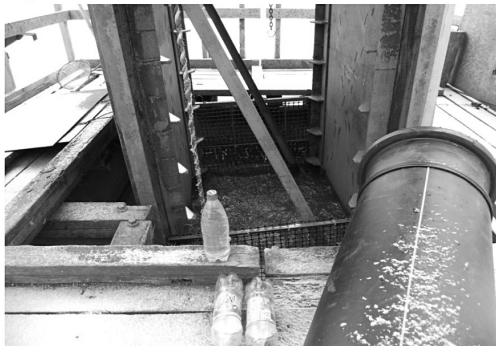
3. Суммарный расход электроэнергии установкой УКАВ-ов в составе девяти гидроакустических излучателей и пяти цифровых усилителей мощности с общей стоимостью ~3,6 млн руб. для очистки оборотных вод от ШЦ при исходном их содержании ~150 г/л до содержания менее 0,5 г/л с расходом оборотной воды ~500 м³/ч составил менее 0,05 Вт/м³.

Для примера, на рис. 1 иллюстрируется мутность оборотной воды ОФ № 1 ЛГОКа в хвостохранилище (район шандорного колодца) в начале (рис. 1, а) – 05.09.2014 г. опытно-про-

а)



б)



в)



г)



Рис. 1. Мутность оборотной воды в хвостохранилище обогатительной фабрики № 1 Ломоносовского ГОКа: а) начало промышленных испытаний, б) октябрь 2013 г., в) ноябрь 2013 г., г) декабрь 2013 г.

а)



б)



Рис. 2. Процесс акустической дегазации воды на акватории водозабора через не замерзающие полыньи: а) понтон с излучателем б) полынья с газовыми пузырьками

мышленной эксплуатации УКАВ-ОВ, а также: в октябре (рис. 1, б), ноябре (рис. 1, в) и декабре (рис. 1, г) 2013 г.

Как видно из рис. 1 в процессе опытно-промышленной эксплуатации УКАВ-ОВ мутность оборотной воды, подаваемой из хвостохранилища на ОФ № 1 ЛГОКа, существенно уменьшилась, что является качественным показателем эффективности работы УКАВ-ОВ.

Для примера на рис. 2 иллюстрируется процесс акустической дегазации оборотной воды в хвостохранилище через не замерзающие полыньи в ноябре 2013 г.

Как видно из рис. 2 вокруг понтона (рис. 2, а) с ненаправленным широкополосным гидроакустическим излучателем видны не замерзающие (из-за выходящих на поверхность воды газовых пузырьков (рис. 2, б) полыньи.

В заключении, опираясь на полученные в 2013–2014 гг. данные опытно-промышленной эксплуатации установки УКАВ-ОВ для очистки оборотных вод ОФ № 1 ЛГОКа ОАО «Севералмаз» (табл. 6), результаты ее опытно-промышленной эксплуатации для очистки сточных (карьерных, отвалных) вод ЗАО «Корякгеолдобыча» (производственные участки «Пенистый» и «Левтыринываям» по добычи россыпной пла-

тины) в 2004–2007 гг. [2–4], а также результаты ее полупромышленных испытаний в 2013 г. для очистки карьерных вод тр. Архангельского и тр. им. Карпинского-1, можно рекомендовать ее в качестве установки предварительного (грубого) осветления сточных вод алмазодобывающего предприятия – до концентрации взвешенных веществ (ВВ) 40–50 мг/л.

При этом для окончательного (тонкого) осветления сточных вод алмазодобывающего предприятия – до концентрации взвешенных веществ (ВВ) 4–5 мг/л, рекомендуется дополнительно использовать акустические (магнито-акустические) гидроциклоны или акустико-реагентные методы очистки, при которых существенно сокращается (в 5–10 раз) расход дорогостоящих и экологически опасных при хранении реагентов – за счет акустической кавитации, а также повышается эффективность коагуляции мелкодисперсных – класс крупности от 0,5 до 5 мкм, и коллоидных – класс крупности менее 0,5 мкм, частиц при: резком изменении их концентрации в сточных водах (например, в процессе осадков и т.д.), резком изменении их физико-химических свойств (например, в процессе горных работ в карьере и т.д.), низких температурах окружающего воздуха

(в зимний период и т.д.) и т.д. – за счет физико-химической активации вводимых реагентов под воздействием акустических волн.

Таким образом, проведение работ по повышению эффективности осветления оборотных вод алмазодобывающих предприятий России, особенно в условиях глобального финансово-экономического кризиса и частичной изоляции России, в том числе с помощью акустических методов и средств, не имеющих аналогов в горной промыш-

ленности мира, крайне необходимы: для предотвращения переполнения емкости хвостохранилища, преждевременного расширения площадей хвостохранилища на прилегающей территории, повышения извлечения алмазов при обогащении алмазосодержащего сырья на обогатительной фабрике, снижения потребления чистой природной воды, увеличения срока службы эксплуатируемого на ОФ оборудования, а так же снижения экологической нагрузки на окружающую среду.

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Бахарев С.А. – доктор технических наук, профессор, индивидуальный предприниматель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акустическая технология в обогащении полезных ископаемых / Под ред. В.С. Ямшикова. – М.: Недра, 1987, 230 с.

2. Бахарев С.А., Максимова И.С. Новая технология безреагентной очистки сточных вод от взвешенных веществ в бассейне нерестовых рек Камчатки. Вестник XXI. Разведка, добыча, переработка полезных ископаемых / Под общ. ред. В.Ж. Аренса. – М.: Интернет Инжиниринг, 2007. – С. 43–46.

3. Бахарев С.А. Результаты использования акустического метода очистки сточных вод от взвешенных веществ в бассейне нерестовых рек Камчатки. Вестник XXI. Разведка, добыча, переработка полезных ископаемых / Под общ. ред. В.Ж. Аренса. – М.: Интернет Инжиниринг, 2007. – С. 43–46.

4. Бахарев С.А. Акустика в горной промышленности. Монография. – Germany, Изд-во: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH, 2013, 278 с.

5. Бахарев С.А. Очистка оборотной воды алмазодобывающего предприятия на карте намыва акустическим способом // Обогащение руд. – 2014. – № 6. – С. 3–7.

6. Решение проблем сапонитов с помощью карт намыва и акустического метода // Доклад института «Якутнипроалмаз» для Круглого стола. Международный научный симпозиум «Неделя горняка-2013». – 2013, 5 с.

7. Чантурия В.А. Развитие горных наук и проблемы комплексного освоения недр Земли // Горный журнал. – 2007. – № 10. – С. 101–112. **ГИАБ**

UDC 534.222.2

PURIFICATION OF THE CIRCULATING WATER PRODUCING COMPANY IN THE TAILINGS POND WAY ACOUSTIC

Bakharev S.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Individual businessman, Moscow, Russia.

The results of experimental-industrial operation in the tailings pond (volume of 1 million cubic metres) diamond mining company developed by the author acoustic installation. It is shown that when the flow rate of tailings slurry ~500 cubic metro per hour, the concentration of the slurry particles was reduced from 100–200 to 0.5 grams per 1 liter or less. While the cost of electricity does not exceed 0.5 watts per 1 cubic meter of tailings slurry. Developed by the author acoustic setting is recommended for clarification of waste (dump,

dump, drainage) water in a horizontal settling tanks and fields of surface filtration diamond-mining enterprises of the Arkhangelsk region.

Key words: diamonds, coal washing plant, circulating water, tailing, nonlinear acoustics, acoustic the water clarification, acoustic sludge thickening.

REFERENCES

1. *Akusticheskaya tekhnologiya v obogashchenii poleznykh iskopaemykh*. Pod red. V.S. Yamshchikova. Acoustic technology in mineral processing. Yamshchikov V.S. (Ed.), Moscow, Nedra, 1987, 230 p.
2. Bakharev S.A., Maksimova I.S. *Sokhranenie bioraznoobraziya Kamchatki. Vserossiyskaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya* (Preservation of biodiversity on Kamchatka. All-Russian Conference), Petropavlovsk-Kamchatskiy, KIG, 2005, pp. 25–28.
3. Bakharev S.A. Rezul'taty ispol'zovaniya akusticheskogo metoda ochestki stochnykh vod ot vzheshennykh veshchestv v bassejne nerestovykh rek Kamchatki. *Vestnik XXI. Razvedka, dobycha, pererabotka poleznykh iskopaemykh*. Pod red. V.Zh. Arensa (Results of acoustic method removal of suspended solids from waste water in the basin of spawning streams on Kamchatka. XXI Bulletin. Mineral exploration, mining and processing. Arens V.Zh. (Ed.)), Moscow, Internet Inzhiniring, 2007, pp. 43–46.
4. Bakharev S.A. *Akustika v gornoy promyshlennosti*. Monografiya (Acoustics in mining industry. Monograph), Germany, LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH, 2013, 278 p.
5. Bakharev S.A. *Obogashchenie rud*. 2014, no 6, pp. 3–7.
6. Reshenie problem saponitov s pomoshch'yu kart namyva i akusticheskogo metoda. *Doklad instituta «Yakutnioproalmaz» dlya Kruglogo stola. Mezhdunarodnyy nauchnyy simpozium «Nedelya gornyaka-2013»* (Saponite problem handling using maps of depositing sites and the acoustic method. Yakutnioproalmaz Institute report at a panel discussion. Miner's Week-2013 International Symposium), 2013, 5 p.
7. Chanturiya V.A. *Gornyy zhurnal*. 2007, no 10, pp. 101–112.



УМНАЯ КНИГА – ПРЕДМЕТ ПЕРВОЙ НЕОБХОДИМОСТИ

МЫ НЕ ДАЕМ ОБЕЩАНИЙ, СВЯЗАННЫХ СО СРОКАМИ ВЫХОДА КНИГИ И ЕЕ СТОИМОСТЬЮ

Один раз не исполнишь обещанное, потеряешь доверие. Объяснения и извинения не помогут.

В книгоиздании многое можно планировать с высокой точностью, но не все. Во-первых, не стоит брать на себя обязательства по срокам выхода книги, особенно если в технологии предусмотрены собственные инвестиции. Технологическая модель может дать временные сбои в любой из сотен точек передачи рукописи или оригинал-макета из рук в руки. Многие задержки устранить нельзя, или это может потребовать больших финансовых издержек.

Себестоимость изготовления тиража тоже плохо прогнозируется. В процессе работы над макетами книги, переплета, оформления появляются новые идеи, меняются дизайн, объемные характеристики, материалы, виды работ. Предвидеть это заранее сложно. Кроме того, полиграфпредприятия и торговые фирмы часто меняют расценки, материалы, экспериментируют (с согласия заказчика). Все это не может не отразиться на себестоимости тиража книги. Отметим, что почти все перечисленные обстоятельства носят случайный, непреднамеренный характер. Избежать их невозможно, впрочем, опытный издатель сводит эти случайности к минимуму.

Конечно, если завышать сроки и расценки вдвое и более, можно смело брать на себя любые обязательства, «запас прочности» велик. Но это оттолкнет от издателя авторов и инвесторов со средними финансовыми возможностями. Лучше меньше обещать и создать себе репутацию добросовестных и корректных партнеров. Неудачна и другая крайность: брать на себя невыполнимые обязательства и обманывать заказчиков. Но если взялись за дело, лучше нести потери и сохранить лицо издателя.

(Продолжение на с. 86)