

регулируется изменением величины  $R_y$ . Под действием потока аргона слаботочная дуга выдувается из зазора. Катодное пятно устанавливается на катоде-стержне, анодное - перемещается к кромке электрода 2, а образующийся высокотемпературный факел снижает напряжение пробоя между катодом и анодом; существующая разность потенциалов между ними обеспечивает пробой и поджиг основной дуги. Ток в основной цепи регулируется балластным реостатом R. Далее радиальный участок дуги потоком газа, подаваемого в основную вихревую камеру 5, сносится за уступ, а столб дуги устанавливается на оси разрядной камеры. После запуска плазмотрона сопротивление  $R_y$  отключают контактором K, а реостатом R устанавливается и стабилизируется необходимый рабочий ток силовой дуги.

Проведены исследования вольт-амперных характеристик (ВАХ) плазмотрона. Напряжение дуги составляло 210-140 В при токах 50-180 А, а ВАХ имела в указанном диапазоне токов падающий вид.

Одновременно с исследованием вольт-амперных характеристик дуги проводились измерения тепловых потоков в элементы плазмотрона: катод, анод и поджигающий электрод. Это позволило вычислить тепловой к.п.д. плазмотрона, энтальпию и среднемассовую температуру T газа в зависимости от величины тока дуги и длины анода при различных расходах аргона. Измерения тепловых потерь в плазмотроне показали, что тепловой к.п.д. равен 0,6-0,72, а рассчитанная температура на выходе плазмотрона равна  $T=1800 - 4200$  К. Минимальная удельная эрозия медного анода составляет  $10^{-6} - 10^{-7}$  г/А·с. может быть увеличена до заданных величин путем изменения геометрия анода.

### Литература

1. Курочкин Ю.В., Пустогаров А.В. Исследования плазмотронов с подачей рабочего тела через пористую межэлектродную вставку / Экспериментальные исследования плазмотронов. Под ред. М.Ф. Жукова. - Новосибирск, 1977. - С. 82-104.
2. Жуков М.Ф., Коротеев А.С., Урюков Б.А. Прикладная динамика термической плазмы / - Новосибирск. «Наука» СО АН. 1975. - 299 с.
3. Даутов Г.Ю., Сазонов М.И. «Напряженность электрического поля в стабилизированной вихрем дуге» // ПМТФ. 1967. №4 - С.127-131.

УДК 628.543

## ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ГАЛЬВАНО- И ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ШЛАМОВ

*Е.А. Урецкий*

*УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Беларусь*

Проблему обезвреживания и утилизации гальвано- и железосодержащих шламов следует рассматривать как с экономической точки зрения, так и с точки зрения рационального использования вторичных ресурсов.

Известно, что твердые отходы содержат от 10 до 30% цветных, железосодержащих, а иногда и редких металлов, что в несколько раз превышает их содержание в рудном сырье, поэтому утилизация более предпочтительна.

### *Характеристика и свойства осадка*

Осадок, образующийся в результате очистки сточных вод гальванических производств, на станциях обезжелезивания, травления чёрных металлов и т.д. представляет собой концентрированную, многокомпонентную, полидисперсную систему.

Состав, количество и основные свойства подобных шламов определяются их исходным составом стоков, принятой схемой их обработки, количеством и видом применяемых реагентов, режимом эксплуатации очистных сооружений и т.п.

Объём осадка, при нормальной работе сооружений, колеблется в пределах 2,0-5,0% от общего количества сточных вод, прошедших обработку.

Химический состав твердой фазы многообразен - это смеси гидроксидов, карбонатов, а также гидроксихлориды и гидроксисульфаты хрома, железа, меди, никеля, цинка, кадмия, олова и т.д.

Значительный процент составляют соединения кальция и магния. В таблице 1 представлен усредненный состав осадка гальванических стоков обследованных автором предприятий.

Таблица 1

Усреднённый химический состав твёрдой фазы гальванического осадка, (%)

SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO <sub>2</sub>	ZnO	CaO	MgO	CuO	NiO	PbO	SnO	CdO
0,65-30,0	0,45-51,0	0,45-59,0	0,7-54,0	0,08-13,0	0,19-16,0	0,54-41,0	0,58-28,5	0,25-15	0,08-4,0	0,9-1,0	0,25-1,0	0,03-1,1

Как видно, диапазон содержания всех элементов достигает нескольких порядков. Так, например, для меди, цинка, хрома - 0,1-10%, для свинца и олова - 0,1-1,0%, для кадмия и никеля - 0,01-1,0%.

При использовании для очистки гальванических стоков методов электрокоагуляции и гальванокоагуляции осадки содержат большое количество железа (20-70%). Такого же порядка концентрация железа составляет в осадках, образующихся на станциях обезжелезивания, травления чёрных металлов и т.д.

Состояние твердой фазы, в основном, - аморфно-кристаллическое, гидроокисного типа. Такая система сильно сжимаема, плохо растворима, трудно фильтруема. Удельное сопротивление колеблется в широких пределах и для осадков после реагентной очистки составляет (15-150) 10<sup>10</sup> см/г.

По гранулометрическому составу осадки относятся к песковым, включая мелкие (0,25-0,5 мм) и очень мелкие (0,05-0,25 мм) фракции.

Плотность осадков - 2300-2600 кг/м<sup>3</sup>. Исходная влажность - 97-99%.

Выбор способа переработки гальваношламов определяется целями, которые ставят перед собой предприятия. К сожалению, это чаще всего сводится к освобождению объекта от шлама. Затраты в данном случае должны быть минимальны. При этом возможны такие варианты:

- вывоз осадка для переработки в региональный центр или шламонакопитель - хранилище;

- использование осадка в подсушенном виде без дополнительной переработки в производстве других материалов.

Наиболее приемлемым для большинства предприятий, безусловно, является вариант вывоза. Однако решается этот вопрос крайне медленно, поэтому более реальным, относительно простым и дешевым является второй способ. В настоящее время в этой области уже имеется ряд интересных, опробованных разработок.

Заслуживает внимания использование осадка в качестве добавок в сырьевые смеси производств:

- строительного кирпича (содержание осадка 5-10% от общей массы) [1];

- бетона (содержание осадка от 1 до 20 частей вместо песка), - асфальта (5-10% от общей массы);

- керамической плитки (1-10% от общего состава);

- керамических горшков (25-20% от общей массы).

В настоящее время реальным способом утилизации осадка является его использование в производстве керамзитового гравия.

- исследования, проведенные совместно БЭМЗ и БИСИ [2], подтвержденные исследованиями ВНИИ ВОДГЕО, показали возможность получения высококачест-

венного керамзита (насыпная плотность 350 - 400 кг/см<sup>3</sup>) при добавлении 7% осадка с содержанием СаО не более 8,5%. Влажность осадка (с учетом природного сырья) не должна превышать 55%.

Если же предприятие заинтересовано в переработке осадка для возврата в производство ценных компонентов или для получения из него товарной продукции, то также возможно несколько вариантов:

- переработка шлама с целью извлечения одного или нескольких ценных (или дефицитных) компонентов;
- переработка с разделением на группы элементов;
- переработка с целью получения компонентов (элементов) достаточно высокой степени чистоты.

Технологии переработки гальваношламов по этим вариантам разработаны в МХТИ им. Д.И. Менделеева. Для концентрирования и разделения тяжелых металлов используется жидкостная экстракция органическими растворителями с последующим выделением металлов электролизом из водно-аммиачных и сернокислых растворов в аппаратах с нерастворимыми анодами. Извлечение металлов по схемам составляет 85-90%.

В рамках научно-технического сотрудничества Московского государственного проектного института (МГПИ) и Брестского государственного педагогического университета им. А.С. Пушкина помимо осадка сточных вод гальванических производств БЭМЗ были проведены исследования химического состава осадка предприятий г. Минска: МЗВТ, МЗПП, «Термопласт». НИИ ЭВМ, завода им. Орджоникидзе, МЗУ ЭВМ, на предмет утилизации [3].

Исследования проводились на спектрографе ИСП-ЭО, в другом режиме, а также на атомно-абсорбционном спектрофотометре АА №-1.

Чувствительность и ошибка определения удовлетворяла условиям спектрального метода анализа.

В качестве основного глинистого сырья использовались глины Мызинского и Ужовского месторождений.

В качестве добавки к глинистому сырью использовались осадки сточных вод завода ЭВМ им. С. Орджоникидзе и Минского электромеханического завода СМЗМЗ.

Исследовались технологические свойства керамических масс, составы которых приведены в табл.2.

Таблица 2

Составы исследованных керамических масс

№ массы	Содержание, % 62спо.				
	глина мызинская	глина ужовская	осадок	ДОЛОМИТ	
1.	43	43	14	-	-
2.	11	41	14	4	-
3.	39	39	13	9	-
4.	37	37	11	15	-
5.	41	41	14	-	4
6.	39	39	13	-	15
7.	37	37	11	-	-

Для данных керамических масс оценивались пластичность, предел прочности при сжатии высушенных и обожженных образцов, водопоглощение, а также количество водорастворимых соединений в обожженном материале. Массы № 1-7 обжигались при температуре 1000-1050 °С.

Результаты испытаний указанных масс и образцов на их основе показаны в таблице 3.

Таким образом, установлено, что при использовании в качестве компонента керамической массы осадка сточных вод от производства защитных покрытий в количестве 4-15 мас. % достигается следующий положительный эффект.

Результаты испытаний масс для изготовления рядового кирпича  
на основе серосодержащего сырья

№ массы	Вид и к-во добавки в мас-су, % на 1% содержания	Пла-стичность		Предел прочности образ-цов при сжатии, Мпа				Водопоглоще-ние, %		Количество выделяемых оксидов серы, г/кг		Снижение выделения оксида серы, %	Количество во-дораствори-мых соедине-ний в мате-риале, г/кг	
		МЭМЗ	З-А ЭВМ	Сформо-ванных образцов		Обожжен-ных об-разцов		МЭМЗ	З-А ЭВМ	МЭМЗ	З-А ЭВМ		МЭМЗ	З-А ЭВМ
				МЭМЗ	З-А ЭВМ	МЭМЗ	З-А ЭВМ							
1	0	9		0,68		16,8		15		3		-	0,5	
Осадок МЭМЗ и ЭВМ														
2	4	10	9	0,72	0,75	21,6	20,3	13	14	1,04	1,1	68	0,7	0,8
3	9	12	10	0,82	0,85	29,3	26,4	11	12	0,75	0,9	75	0,5	0,6
4	15	13	12	0,96	0,97	17,7	15,6	14	15	0,54	0,6	82	0,3	0,45
Доломит														
5	4	9		0,66		16,7		15		1,10		63	1,5	
6	9	8		0,64		14,8		17		0,60		80	1,9	
7	16	7		0,65		11,2		18		0,50		83	2,1	

- обеспечивается обезвреживание отходящих при обжиге керамических материалов газов за счет снижения выделения оксидов серы на 68-83%, что улучшает санитарно-гигиенические условия труда и повышает срок эксплуатации оборудования и механизмов;

- уменьшается количество растворимых соединений в обожженном материале, что способствует уменьшению высолов на поверхности изделий, улучшению сцепления материала с раствором и снижению коррозии армирующих элементов;

- увеличивается механическая прочность сырца и обожженных изделий, а также улучшаются показатели водопоглощения;

- улучшаются формовочные свойства массы за счет повышения пластичности, что особенно важно при использовании низкопластичного сырья.

Добавление осадка сточных вод производства защитных покрытий в сырьевые смеси для рядового кирпича, плитки керамической фасадной, гравия керамзитового, а также бетона легкого на пористых заполнителях в пределах 5-15 мас %, обеспечивает в соответствии с заключением Белорусского НИИ санитарии и гигиены Минздрава СССР получение экологически безвредной продукции, полностью отвечающей требованиям её безопасной эксплуатации для здоровья человека [3].

Разработанные составы керамических масс могут быть рекомендованы для внедрения в производство на заводах объединений стройматериалов, при этом использование метода пластического прессования должно предусматривать создание узла подсушки осадка сточных вод до 25-30% влажности и дробление плава солей с его просевом в условиях сухого крытого помещения, при производстве изделий шликерным способом позволяет использовать осадок сточных вод без предварительной подсушки с влажностью до 70%.

По результатам научных исследований осадок сточных вод Минского завода узлов ЭВМ рекомендован к использованию в качестве красителя для плитки керамической, фасадной.

Используя наши разработки, Брестский комбинат строительных материалов уже в 1984 г. изготовил промышленную партию плитки керамической фасадной. Экологичность этой партии была подтверждена заключением Брестской областной СЭС [4].

С 2006 г и по настоящее время разработанная нами и использованная научно-производственным ОДО «САФАРИ» технология утилизации осадка на русском и английском языках размещена в сети республиканского центра трансфера технологий при содействии Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь, Национальной Академии наук Беларуси, Программы Развития ООН (ПРООН) и Организации Объединённых наций «UNIDO» [5].

### Литература

1. Урецкий и др. а.с. 922098 «Керамическая масса для изготовления стеновой керамики». Приоритет с 24 января 1980г.
2. БИСИ, БЭМЗ. Отчёт о научно-исследовательской работе «Разработка элементов безотходной технологии и их исследование по очистке стоков БЭМЗ. УДК 628.543 № Госрегистрации 80028756. Брест. 1983 г.
3. МГПИ, БГПИ им. А.С. Пушкина. Отчёт о научно-исследовательской работе «Осадок-88» «Исследование осадка сточных вод от производства защитных покрытий с разработкой технологических регламентов и санитарно-химической паспортизации осадка и продукции, полученной с его использованием. Брест.1988 г. УДК 658.567: 666.7. № госрегистрации 01.8.80 014999.
4. Заключение государственной санитарной службы Брестской области №1/764 от 04.08.84 г.
5. РУП «Брестский центр научно-технической информации и инноваций». Рецензия на монографию Урецкого Е.А. «Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных предприятий» №50 от 22.02.06. Брест. 2006.

УДК.628.356

## ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С SBR-РЕАКТОРАМИ

*А. Д. Гуринович*

*Белорусский национальный технический университет. г. Минск, Беларусь*

Автором в рамках научно-технического обмена был проведен анализ работы очистных сооружений по одной из перспективных технологий биологической очистки сточных вод с использованием SBR-реакторов городов Хайнувка -24800 жит., Сокулка-20000 жит., Чарна Белостоцка - 9.800 жит. (Польша) и Мессель - 5500 жит. (Германия).

Сооружения биологической очистки сточных вод с SBR-реакторами существенным образом отличаются от классической схемы тем, что все процессы биологической очистки происходят поочередно в одной емкости [1].

Сегодня SBR-реакторы эффективно работают во многих городах, поселках и различных предприятиях в многочисленных странах мира, однако, к сожалению, они не получили у нас в республике внедрения по причине недостаточности информации.

В Польше, в связи с вступлением в Евросоюз, директивы которого уже сдвинули экологические нормативы к качеству сбрасываемых в водные объекты сточных вод, практически для каждого

