

3. Многим типам пневматических мелкопузырчатых аэраторов свойственны коагуляция пор – засорение, увеличение сопротивления выходу воздуха и, соответственно, рост давления в системе, необходимого для диспергирования одного и того же количества воздуха. Данный недостаток отсутствует в новой конструкции тарельчатого аэратора конструкции БрГТУ.
4. Лучшим вариантом аэратора оказалась мембрана с диаметром отверстий 1,2 мм и шагом 5×5. Мембраны с шагом отверстий 3×3 менее эффективны, поскольку частое расположение отверстий приводило к появлению пузырьков диаметром 6-7 мм. Отверстия диаметром 0,8 мм способствовали появлению мелких пузырьков, которые создают условия для флотации, поскольку они сопоставимы с пузырьками в импеллерной флотации (0,2-0,5 мм). Это, в свою очередь, в реальных условиях может вызвать стра-

тификацию ила по высоте аэротенка и, соответственно, неравномерность изъятия загрязнений.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мешенгиссер, Ю.М. Теоретическое обоснование и разработка новых полимерных аэраторов для биологической очистки сточных вод: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.23.04 / Ю.М. Мешенгиссер – М., 2005. – 52 с.
2. Худенко, Б.М. Аэраторы для очистки сточных вод // Всесоюз. науч.-исслед. ин-т водоснабжения, канализации, гидротехн. сооружений и инж. гидрогеологии. Канализация / Б.М. Худенко, Е.А. Шпирт. – М.: Стройиздат, 1973. – 112 с.
3. Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-202-2010 (02250).

Материал поступил в редакцию 03.11.14

ZHITENYOV B.N., NAGURNY S.G. Use of membrane aerators for aerotנק

Authors in detail considered the existing domestic and foreign methods and designs of the aeration devices used the aerotנק considered their advantages and shortcomings. High power consumption of the existing aerotנק, shortcomings of work of systems of aeration and many others resulted authors of work in need of development of a design of aerators of the new type protected by the patent for the invention.

In a design of the considered dish-shaped aerator there is no kolmatation of a time, pressure in system for air dispersing decreases, many other advantages are reached.

УДК 628.523

Урецкий Е. А., Газизов Р.Т., Мороз В.В.

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ГАЛЬВАНОШЛАМОВ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ ОРГАНИЧЕСКИМИ И МИНЕРАЛЬНЫМИ ИНГРЕДИЕНТАМИ ПОКРАСОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Введение. Обработка и утилизация гальваношламов, загрязнённых органическими и минеральными ингредиентами покрасочных производств, представляет сложную проблему. Это связано с тем, что для этого вида отходов переработка механическими, биологическими и другими методами не даёт надёжных результатов. На наш взгляд, одним из эффективных методов комплексной утилизации гальваношламов, загрязнённых органическими и минеральными ингредиентами покрасочных производств, является использования их в производстве строительных материалов.

Как известно, компоненты этого вида осадков сточных вод в большинстве своем являются ценными неорганическими материалами. Однако разделение этих компонентов связано с большими организационными и техническими трудностями и не позволяет решить проблему утилизации всего выделяемого осадка.

Это связано с тем, что осадок представляет собой сложную смесь, содержащую отходы различных участков производства, а имеющиеся технические решения позволяют успешно решить проблему выделения цветных металлов из шламов при условии раздельной обработки сточных вод каждого из технологических процессов, не решая проблемы утилизации всех остальных компонентов.

В свою очередь, внедрение раздельной обработки шламов с целью выделения из них ценных компонентов, связано с капитальной реконструкцией всей инфраструктуры предприятия и требует дополнительных площадей, что в реальных условиях трудно осуществимо.

В этой связи представляется наиболее целесообразным решить вопрос комплексной утилизации осадка сточных вод путем его использования в качестве компонента сырьевых смесей, в частности, для строительных материалов.

С учетом санитарно-гигиенических требований полного обез-

вреживания выделяемого осадка наиболее перспективным является его применение в производстве строительного кирпича, искусственных пористых заполнителей для бетонов (керамзита или аглопорита), а также красящих пигментов для стекол, глазурей и эмалей; т.е. таких изделий, производство которых связано с обжигом при высоких температурах и образованием жестких структур материала при полном выгорании токсичных органических компонентов.

Можно ожидать, что применение осадка сточных вод производства защитных покрытий, загрязнённых органическими и минеральными ингредиентами, в качестве компонента таких сырьевых смесей позволит решить проблему полного обезвреживания и утилизации осадка, получить экономию дефицитных пигментов и пластичных материалов, улучшить некоторые технологические свойства сырьевых смесей, а также повысить ряд эксплуатационных показателей готовых изделий (морозостойкость, водопоглощение, внешний вид и т.п.).

Одновременно можно ожидать получение экономического эффекта за счёт экономии топливно-энергетических ресурсов на обжиг, путем снижения температуры спекания керамических материалов и дополнительной тепловой энергии, выделяемой при сгорании органических компонентов окрасочного производства [1].

Материалы и методы исследования. В рамках технического сотрудничества БЭМЗ с Московским государственным проектным институтом (лаб. № 36 МГПИ, рук. Урецкий Е.А.) и Брестским государственным университетом 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.

Урецкий Евгений Аронович, член-корреспондент Белорусской инженерной технологической академии.

Мороз Владимир Валентинович, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Газизов Ренат Тимурович, к.х.н., ст. научный сотрудник Брестского государственного университета им. А.С. Пушкина.

Беларусь, БрГУ им. А.С. Пушкина, 224016, г. Брест, б-р Космонавтов, 21.

Таблица 1. Результаты спектрального анализа осадков сточных вод на содержание тяжёлых металлов в (%) на предприятиях г. Минска

№№ п/п	Предприятие	Sn	Cu	Cd	Zn	Cr	Pb	Ni
1.	МЗВТ+МЗПП	0,12	0,91	0,13	1,26	2,18	0,045	0,9
2.	Термопласт	0,064	0,99	0,0032	3,72	11,2	0,16	0,042
3.	НИИ ЭВМ	0,76	9,89	0,14	0,21	1,8	0,3	0,75
4.	з-д Орджоникидзе	0,029	0,084	0,039	0,055	0,39	следы	0,9
5.	МЗУ ЭВМ	0,17	0,072	0,004	0,064	0,049	0,1	0,049
6.	МЭМЗ	0,2	0,36	0,2	3,5	4,9	0,05	0,15

Таблица 2. Химический состав основного глинистого сырья и стеклобоя

Виды глин	Содержание основных окислов, % масс.						Прочие примеси
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	
Мызинская	72,70	12,22	3,62	2,04	0,58	0,68	8,18
Ужовская	56,88	18,36	7,32	1,35	2,16	2,26	11,67
Богдановичская	51,35	24,64	8,26	0,67	1,04	0,54	13,50
Афонинская	75,19	9,70	7,23	1,25	1,19	0,06	5,36
“Гершоны”	50,50	13,07	4,60	7,28	2,0	-	14,55
“Вычулки”	59,30	13,22	4,62	7,37	2,07	10,12	13,30
Стеклобой	72,60	1,00	-	8,70	3,60	-	13,90

Таблица 3. Характеристика глинистого сырья

Виды глин	Дисперсность	Пластичность	Интервал спекания, °С	Кэф. чувствительности к сушке
Мызинская	Низкодисперсная	Умеренно-пластичная 8-9 до 11,4	Неспекающаяся 95	0,9-1,04
Ужовская	Среднедисперсная	Средне пластичная 8-10 до 20,8	Среднеспекающаяся 70	1,3
Богдановичская	Высокодисперсная	Средне пластичная 8-10 до 24	Огнеупорная	-
Афонинская	Низкодисперсная	Умеренно-пластичная 8-10 до 12,5	Неспекающаяся 90	0,9
“Гершоны”	Среднедисперсная	Средне пластичная 12-22	Неспекающаяся, 95	1,5-8,5
“Вычулки”	Среднедисперсная	Средне пластичная 12-22	Неспекающаяся, 95	1,5-8,5

Исследования проводились на спектрографе ИСП-ЭО, а также на атомно-абсорбционном спектрофотометре АА №-1. Чувствительность и ошибка определения удовлетворяла условиям спектрального метода анализа.

Осреднённые результаты спектрального анализа осадков сточных вод на содержание тяжёлых металлов в (%) на предприятиях г. Минска приведены в таблице 1.

В качестве добавки к глинистому сырью использовались осадки сточных вод заводов БЭМЗ, Орджоникидзе и Минского электромеханического завода. Химический состав основного глинистого сырья и стеклобоя приведен в таблице 2.

Для данных керамических масс оценивались дисперсность, пластичность, интервал спекания, коэффициент чувствительности к сушке, результаты приведены в таблице 3.

В процессе проведённых исследований определялись физико-химические свойства и состав строительных материалов, изготовленных на основе масс с добавлением осадка сточных вод согласно соответствующим ГОСТам и ТУ:

- водопоглощение и морозостойкость кирпича, камня керамического и плитки керамической фасадной;
- термическая стойкость глазури (наличия цека);
- предел прочности при сжатии;
- содержание водорастворимых сернистых соединений;
- определение насыпной плотности заполнителей пористых неорганических для строительных работ.

Были проведены также исследования влияния добавки осадка сточных вод производств МЭМЗ в керамические массы на технологические свойства сырьевых смесей и качественные показатели лицевого слоя строительного кирпича.

Основными компонентами сырьевой смеси для производства лицевого слоя строительного кирпича являлись глина, отощитель и осадок сточных вод БЭМЗ.

В качестве исходного глинистого сырья использовались легкоплавкие глины месторождения “Гершоны”. Отощителем массы яв-

лялся кварцевый песок с модулем крупности 1,8–2,1, шамот (молодые отходы обжига) или дегидратированная глина этого же месторождения с модулем крупности 2–2,5.

Кирпич формировался из сырьевой смеси, содержащей 85% глины и отощителя со степенью дегидратации 70–75%.

Для подготовки сырьевой смеси лицевого слоя глину совместно с осадком сточных вод, взятым в соответствующей пропорции в расчёте на сухое вещество, распускали в воде при влажности 42–44%. Полученный шликер тщательно перемешивали, сушили и измельчали, после чего смешивали с отощителем и увлажняли до влажности 21%. Смесь вылёживалась 72 часа и наносилась толщиной 5 мм на одну из ложковых и одну из тычковых граней кирпича. Затем кирпич сушили и обжигали при температуре 950°С и 1000°С.

Составы исследованных сырьевых смесей для лицевого слоя кирпича приведены в таблице 4.

Таблица 4. Составы сырьевых смесей для лицевого слоя кирпича

№№ смеси	Содержание компонентов, %				
	глина	песок	шамот	дегидратированная глина	осадок сточных вод
1	87	13	-	-	-
2	85	-	14	-	-
3	85	-	-	15	-
4	82	13	-	-	5
5	77	13	-	-	10
6	72	13	-	-	15
7	76	-	14	-	1
8	80	-	-	15	5
9	75	-	-	15	10
10	70	-	-	15	15

Обезвоженные при температуре 950 и 1000°C образцы двухслойного кирпича на основе указанных сырьевых смесей испытывались на водопоглощение, термостойкость и морозостойкость.

Одновременно делалась оценка внешнего вида изделий.

Результаты испытаний образцов представлены в таблице 5. На основании данных, приведенных в таблице 5, видно, что использование осадка сточных вод позволяет получить двухслойные лицевые изделия, лицевой слой которых отличается повышенной морозостойкостью, а также лучшими показателями водопоглощения по сравнению с лицевым слоем на основе известных масс.

Таблица 5. Результаты испытаний образцов

№№ смеси	Температура обжига, °С	Водопоглощение, %	Термостойкость циклы	Морозостойкость, циклы
1	950/1000	21,6/13	11/21	9/23
2	950/1000	21,0/13,5	12/20	12/27
3	950/1000	21/13,9	12/21	14/25
4	950/1000	13/12,4	20/20	24/36
5	950/1000	12,8/9,0	23/34	28/40
6	950/1000	11/10,0	19/27	23/35
7	950/1000	13/10,1	24/30	30/48
8	950/1000	12,3/11,0	23/30	27/38
9	950/1000	14/11,5	25/43	31/53
10	950/1000	14,3/12,0	20/37	25/43

Одновременно с увеличением содержания в составе сырьевой смеси осадка сточных вод изменяется цвет лицевого слоя кирпича. При этом при введении в сырьевую смесь осадка сточных вод в количестве 5–15% и обжиге изделий при 950°C обеспечивается получение продукции с качественными показателями, аналогичными показателям изделий на основе известных масс без этой добавки, которые обожжены при 1000°C.

Были также проведены исследования особенностей влияния добавки сточных вод в производстве пористых заполнителей. При этом в качестве основного глинистого сырья в производстве пористых заполнителей использовались красножгущиеся глины Мызинского, Ужовского и Богдановичского месторождений.

В качестве добавки использовались осадки сточных вод БЭМЗ, МЭМЗ и завода им. С. Орджоникидзе. Исследование технологических свойств керамических масс, количественный состав которых приведен в таблице 6.

Таблица 6. Исследование технологических свойств керамических масс

№№ массы	Глина Мызинского местор-я	Глина Богдановичского местор-я	Пиритные огарки	Осадок	Доломит
8	27	54	5	-	4
9	26	60	5	-	9
10	25	55	5	-	15
11	27	64	5	4	-
12	26	60	5	9	-
12	25	55	5	15	-

Для исследования образцов оценивалась пластичность, водопоглощение, насыпная масса и количество, выделяемых оксидов серы в обожженном материале. Данные керамические массы, используемые для получения керамзитового гравия, обжигались при температуре 1100–1170°C.

Также были проведены исследования на химическую стойкость керамических образцов на основе масс с добавлением осадка сточных вод в различных средах.

Химическая стойкость керамических изделий в основном зависит от степени спекания сопротивления воздействию различных химических реагентов того материала, из которого состоят эти изделия.

Химическую стойкость керамики принято характеризовать кислотостойкостью и щелочностойкостью.

Коррозирующее действие реагентов на керамику зависит от её плотности и характера структуры, а также от её химического состава, содержания и вида примесей, концентрации реагентов, температуры взаимодействия и других факторов.

Результаты испытаний керамических образцов на химическую стойкость показали, что при кипячении в нейтральной, щелочной и кислой среде образцы не разрушались. При кипячении цилиндров, изготовленных на основе масс без добавки осадка сточных вод в кислой среде, наблюдались потери в массе, величина которых имеет тенденцию к снижению. При кипячении цилиндров на основе масс без добавки и с добавкой в керамическую массу осадка в количестве от 5 до 10% увеличивают химическую стойкость образцов, из неё изготовленных, что иллюстрируется таблицей 7.

Таблица 7. Исследование химической стойкости керамических образцов

Количество добавки осадка в массу в %	Уменьшение массы (усреднённый результат)					
	Вода		Щёлочь		Кислота	
	г	%	г	%	г	%
0	-	-	-	-	0,0599	1,5
5	0,0416	0,1	-	-	0,0514	1,2
10	-	-	-	-	0,0365	1,0

При кипячении в щелочной среде уменьшения массы не происходит.

Масса цилиндров после кипячения в дистиллированной воде изменится у одной части образцов в сторону увеличения, у другой в сторону уменьшения, независимо от состава керамической массы.

Усреднённый результат показывает, что в нейтральной среде масса образцов практически не изменяется.

Качественное исследование вытяжек из керамических образцов показало наличие крайне незначительного присутствия ряда ионов металлов (железа, цинка, меди, никеля, хрома) во все среды – нейтральной, кислой, щелочной. Причём относительно большее количество ионов обнаружено в кислой вытяжке. При этом концентрация их во всех случаях по заключению Белорусского НИИ санитарии и гигиены Минздрава СССР не влияет на получение экологически безвредной продукции, полностью отвечающей требованиям её безопасной эксплуатации для здоровья человека [2].

Заключение. Осадки сточных вод от производства защитных покрытий БЭМЗ, Мисского завода им. С. Орджоникидзе, Минского электромеханического завода, Минского завода узлов ЭВМ, а также смешанного осадка предприятий БЭМЗ, МЗВТ и ВМЗПП можно использовать в качестве добавки при производстве стеновой керамических стеновых материалов и пористых заполнителей.

Сырьевая смесь с добавлением осадка сточных вод БЭМЗ и МЭМЗ для лицевого слоя строительного кирпича камня может быть использована при производстве двухслойного лицевого кирпича и керамических камней массашликерным способом. При этом достигается повышение термостойкости и морозостойкости, снижение водопоглощения и температуры обжига изделий по сравнению с лицевым слоем на основе известных масс. При обжиге изделий при температуре 950°C обеспечивается получение продукции с качественными показателями, аналогичными показателями изделия на основе известных масс, которые обжигаются при 1000°C. Таким образом, при использовании вышеуказанного осадка сточных вод температура обжига снижается на 50°C, что обеспечит экономии топливно-энергетических ресурсов на обжиг в количестве 30–60 кг условного топлива на 1000 штук кирпича.

Керамическая масса для стеновых лицевых изделий может быть использована при производстве лицевых керамических камней и лицевого кирпича методом пластического прессования, а также при производстве фасадной керамической плитки шликерным способом.

Данная масса способствует повышению прочности, уменьшению водопоглощения и увеличению морозостойкости изделий. При этом, введение в состав керамической массы добавки осадка сточных вод

производства защитных покрытий обеспечивает увеличение предела прочности при сжатии на 1–2 марки, снижение водопоглощения и значительное, т.е. в 1,5–2,0 раза, увеличение морозостойкости изделий, одновременно улучшается их внешний вид и расширяется цветовая гамма.

Изучено влияние добавки осадка в керамическую массу для производства рядового кирпича, при этом снижается выделение оксидов серы на 60–80%, что улучшает санитарно-гигиенические условия труда и повышает срок эксплуатации оборудования, уменьшается количество растворённых соединений в обожжённом материале, увеличивается механическая прочность изделий и формовочные свойства массы. Аналогичный положительный эффект наблюдается при изучении токсикологических свойств керамзита, изготовленного из массы с добавлением осадка, кроме того, существенно уменьшается объёмно-насыпная масса гранул по сравнению с керамзитом, изготовленным из масс с добавлением доломита.

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 % 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 [2].

Разработанные составы керамических масс могут быть рекомендованы для внедрения в производство на заводах объединения 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 закрытого помещения. При производстве изделий шликерным способом можно использовать осадок сточных вод без предварительной подсушки с влажностью до 70%.

По результатам научных исследований осадок сточных вод БЭМЗ и Минского завода узлов ЭВМ можно рекомендовать к использованию в качестве красителя для плитки керамической фасадной.

Установлено, что при использовании в качестве компонента керамической массы осадка сточных вод от производства защитных покрытий происходит полное выгорание токсичных органических загрязнений покрасочного и других производств.

На основании проведённых исследований на Брестском комбинате строительных материалов в своё время была изготовлена промышленная партия плитки керамической фасадной. Акт о внедрении [3].

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Урецкий, Е.А. Керамическая масса для изготовления изделий из стеновой керамики / Е.А. Урецкий, О.И. Никитина, И.Д. Кузьмин, Б.А. Митин, В.И. Никитин – А.С. № 922098.
2. Белорусский научно-исследовательский санитарно-гигиенический институт. Результаты санитарно-химических исследований на основе керамических масс с добавкой осадка сточных вод от производства защитных покрытий. Информационные карты по результатам санитарно-химических исследований 1988 г.
3. Акт от 28 ноября 1988 г., утверждённый гл. инженером Брестского комбината строительных материалов Н.А. Когаленюком.

Материал поступил в редакцию 17.02.15

URETSKIY E.A., GAZIZOVA R.T., MOROZ V.V. Alternative technology galvanic waste, contaminated with organic and mineral ingredients paint industries in the production of building materials

The results of studies, and case studies of resource utilization technology galvanic contaminated with organic and mineral ingredients paint industries in the production of building materials.

УДК 628.316

Мороз В.В., Урецкий Е.А., Юхимук М.М.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОКОВ ОКРАСОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА В РАМКАХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Введение. Почти 90% действующих очистных сооружений предприятий приборо- и машиностроительного профиля имеют очистные сооружения реагентного типа. Сопоставляя составы технологических растворов, применяемых в производстве защитных покрытий (гальваника, покраска), и виды товарных реагентов, идущих на обработку стоков, выясняется, что во многих случаях используются сходные по технологическим свойствам химические растворы. Результаты исследований показали принципиальную возможность эффективной очистки стоков, загрязнённых лакокрасочными материалами в рамках традиционных реагентных схем очистки стоков гальванического производства, а также возможность использования отработанных технологических растворов гальванического производства вместо приобретаемых реагентов для очистки этого вида стоков.

Технология очистки стоков окрасочного производства в рамках очистных сооружений гальванического производства внедрена на Брестском электромеханическом заводе. В основу этой технологии положен патент на изобретение [1].

Технология состоит из пяти последовательных этапов:

- **на первом этапе** сточные воды, содержащие лакокрасочные материалы (ЛКМ), из окрасочного производства поступают в два приемных резервуара, оборудованные барботажными устройствами. Продувка сжатым воздухом этих сточных вод в

течение 20 мин позволяет снизить ХПК легкоокисляемых органических загрязнений кислородом воздуха до 20% и предотвратить выпадение легкооседаемой взвеси (пигменты, наполнители и т. п.) на дно приемных резервуаров. После продувки сжатым воздухом сточные воды, содержащие ЛКМ, равномерно подмешиваются с помощью дозаторов в накопительные ёмкости промывных хромсодержащих стоков;

- **на втором этапе** в смеси хромсодержащих и краскосодержащих сточных вод происходит восстановление ионов хрома (VI) до ионов хрома (III) и одновременно деструкция трудноокисляемых органических веществ в присутствии традиционного катализатора. Процесс осуществляется в кислой среде (рН=2,0–3,0), создаваемой кислыми отработанными технологическими растворами (ОТР), содержащими восстановитель железо (II). Концентрация железа (II) в этих ОТР достигает 90% от железа общего – 250 г/л; В процессе восстановления ионов хрома (VI) до ионов хрома (III) происходит окисление ионов железа (II) до ионов железа (III), и соответственно многократно увеличивается концентрации последнего. При этом решается одна из главных технологических проблем – окисление железа (II) до железа (III), так как осаждение гидроксида железа (II), в отличие от железа (III), требует высокого щелочного резерва.

Юхимук Михаил Михайлович, ст. преподаватель кафедры высшей математики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.