

ОПЫТ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНО- И ПРИБОРОСТРОЕНИЯ БЕЛАРУСИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Е. А. Урецкий¹, В. В. Мороз²

¹ Инженер-эколог, Брест, Беларусь

² К. т. н., ст. преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения, начальник регионального центра тестирования и профессиональной ориентации учащейся молодежи УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь

Реферат

Проведены исследования осадка сточных вод предприятий машино- и приборостроения с целью использования его в производстве керамических изделий. Безопасность полученной продукции подтверждена Белорусским НИИ санитарии и гигиены Республики Беларусь.

Ключевые слова: осадок, ионы тяжелых и цветных металлов, глины, добавки в глинистое сырьё, керамика, обжиг, водопоглощение, морозостойкость.

EXPERIENCE OF RECYCLING WASTE WATER SLUDGE FROM BELARUSIAN MACHINERY AND INSTRUMENT-MAKING PLANTS IN PRODUCTION OF CERAMIC PRODUCTS

E. A. Uretsky, V. V. Moroz

Abstract

Research was conducted on the sewage sludge of machine-building and instrument-making enterprises with a view to using it in the production of ceramic products. The safety of the products obtained was confirmed by the Belarusian Research Institute of Sanitation and Hygiene of the Republic of Belarus.

Keywords: precipitation, heavy metal ions, non-ferrous metal ions, clays, additives to clay raw materials, ceramics, firing, water absorption, frost resistance.

Введение

Проблему обезвреживания и утилизации гальваношламов 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, а иногда и редких металлов, что в несколько раз превышает их содержание в рудном сырье, поэтому утилизация более предпочтительна.

Выбор способа переработки гальваношламов определяется целями, которые ставят перед собой предприятия. К сожалению, это чаще всего чисто экономические, и вопрос стоит об освобождении 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, а также использование осадка без дополнительной переработки в производстве других материалов.

Наиболее приемлемым для большинства предприятий, безусловно, является вариант вывоза. Однако более рациональным в экологическом отношении является второй способ.

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. Это 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.

В отечественной и зарубежной практике при решении вопросов обезвреживания и утилизации осадков сточных вод предприятий машино- и приборостроения уже известны следующие методы [3, 4, 5]:

- отверждение осадков сточных вод обработкой известью;
- отверждение осадка битумом;
- обработка осадков солями железа, алюминия и кальция;
- обработка осадков углеродсодержащими восстанавливающими агентами;
- капсулирование в полимерных материалах;

- обработка осадков цементом; а также солями железа и щёлочью;
- остекловывание отходов;
- связывание отходов керамическими материалами.

Компоненты осадка сточных вод предприятий машино- и приборостроения в значительной степени являются ценными неорганическими материалами. Однако разделение этих компонентов связано с большими организационными и техническими трудностями и, практически, не позволяет решить проблему утилизации осадка.

Это связано с тем, что осадок представляет собой сложную смесь, содержащую отходы различных участков производств, а имеющиеся технические решения позволяют успешно решить проблему выделения цветных и тяжёлых 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 целесообразно решить вопрос утилизации осадка сточных вод путём его использования в качестве компонента сырьевых смесей для строительных материалов.

В настоящее время на предприятиях машино- и приборостроения Республики Беларусь в основном решена проблема выделения из сточных вод производств защитных покрытий и печатных плат только осадка, который содержит смесь гидроксидов тяжёлых и цветных металлов, а также других минеральных и органических загрязнений.

Однако выделенный на очистных сооружениях осадок является токсичным и, несмотря на большое количество содержащихся в нём ценных компонентов, зачастую направляется в места для захоронения жидких и твёрдых отходов, что, безусловно, создаёт опасность загрязнения окружающей среды.

В связи с этим возникла насущная необходимость внедрения в производство малоотходных и безотходных технологий, например, позволяющих утилизацию компонентов промышленных отходов при

Таблица 1 – Основные свойства осадка, образующегося при обработке сточных вод производств защитных покрытий (ПЗП) и производств печатных плат (ППП) ОАО «БЭМЗ»

№ эксперимента	Плотность, г/см ³	Влажность, %	Зольность, %	Концентрация, %	Удельное сопротивление, см/г
1	1,06	99,11	66,67	9	21,48·10 ¹⁰
2	1,00	98,50	73,10	15	21,04·10 ¹⁰
3	1,01	96,49	76,50	35	15,70·10 ¹⁰
4	1,01	95,33	71,29	48	19,55·10 ¹⁰
5	1,04	93,86	70,48	64	17,16·10 ¹⁰
6	1,01	98,14	77,89	18	17,96·10 ¹⁰
7	1,00	96,63	69,15	34	19,66·10 ¹⁰
8	1,03	96,00	69,00	40	23,34·10 ¹⁰
9	1,12	77,93	73,37	247	24,25·10 ¹⁰

Таблица 2 – Усреднённый химический состав твёрдой фазы гальванического осадка (%)

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MnO ₂	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

выпуске других материалов по принципу: отходы одного производства являются сырьём для второго производства.

Для этого необходимо детально изучить физические и химические свойства таких отходов (осадка).

Осадок (гальваншлам), образующийся в результате очистки сточных вод производства защитных покрытий (ПЗП) и производства печатных плат (ППП), представляет собой концентрированную, многокомпонентную, полидисперсную систему.

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

Анализ материалов и результаты исследований

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 гидросульфаты хрома, меди, никеля, цинка, кадмия, железа, олова и т. д. Значительный процент составляют соединения кальция и магния и других минеральных и органических загрязнений.

В таблице 1 представлены основные свойства осадка, образующегося при обработке сточных вод производств защитных покрытий (ПЗП) и производств печатных плат (ППП) ОАО «Брестский электрохимический завод» (ОАО «БЭМЗ»).

В таблице 2 представлен усреднённый состав осадка гальванических сточных вод ОАО «БЭМЗ», обезвреживаемых на очистных сооружениях реагентного типа.

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 сточных вод методов электрокоагуляции и гальванокоагуляции осадки содержат большое количество железа (20–70 %).

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)10¹⁰ 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 составляет 2300–2600 кг/м³. Исходная влажность – 97–99 %.

В своё время учреждением образования «Брестский инженерно-строительный институт» (УО БИСИ) совместно с ОАО «Брестский электрохимический завод» (ОАО «БЭМЗ») рамках Договора [2] были проведены детальные исследования по возможности использованию осадка сточных вод гальванического производства этого предприятия в качестве добавки в керамическую массу. По результатам проведенных исследований были разработаны технические решения по использованию этого осадка в производстве стеновой керамики и стеновой плитки и получено авторское свидетельство «Керамическая масса для изготовления стеновой керамики» [1, 2], которое было успешно внедрено на Брестском комбинате строительных материалов (БКСМ). При этом было установлено, что при введении этих отходов в керамическую массу в количестве 2–5 мас. % можно снизить температуру обжига изделий на 60°С при повышении механической прочности и их морозостойкости [2].

Однако необходимо отметить, что годового объема отходов ОАО «БЭМЗ» при введении в керамическую массу в количестве 2% недостаточно для того, чтобы обеспечить даже месячную программу выпуска изделий стеновой керамики в цехе № 1 БКСМ. Кроме того, использование отходов при производстве стеновой керамики в условиях БКСМ потребует значительных капитальных вложений. Поэтому при производстве стеновой керамики отходы ОАО «БЭМЗ» для этого предприятия не представляют существенного хозяйственного интереса. Эта проблема несколько может быть снижена, если на БКСМ будут поставляться осадки ПЗП других предприятий приборостроения г. Бреста. Тем более что в перспективе намечено дальнейшее развитие плиточного производства и установка еще двух поточно-конвейерных линий.

Учитывая важность решения проблемы утилизации отходов ПЗП и ППП для предприятий Минрадиопрома Московский государственный проектный институт (МГПИ) заключил договор с учреждением образования «Брестский государственный педагогический институт им. А. С. Пушкина» (УО БрГПИ) с целью «создания безотходной технологии за счёт исключения необходимости захоронения осадка сточных вод от производства защитных покрытий и печатных плат путём направления его на утилизацию в промышленности строительных материалов, улучшения на этой основе экологической обстановки в регионе».

В качестве соисполнителей был Белорусский НИИ санитарии и гигиены.

Представляется важным опыт, уже накопленный нами по применению осадка сточных вод предприятий машино- и приборостроения в качестве компонентов сырьевых смесей в производстве керамических материалов и пористых заполнителей на ряде предприятий РБ.

Таблица 3 – Уровни выделения токсичных компонентов из плитки керамической фасадной, изготовленной с добавлением рецептур 3% осадков сточных вод узловых ЭВМ и без добавления осадка (мг/дм³ водной вытяжки на 1 м² образца)

Образец	Определяемый компонент, мг/дм ³						
	Mn	Cr	Pb	Ni	Ti	Sn	Cu
Контроль (плитка, изготовленная без добавления осадка)	н. о.	0,67	0,007	0,06	-	0,007	0,015
Испытуемый образец (плитка, изготовленная с добавлением 3% осадка). Вытяжка	0,065	0,016	0,04	0,085	0,023	0,007	0,055
ПДК в воде водоёма	0,1	Cr ⁶⁺ - 0,05 Cr ³⁺ - 0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0

Примечание: н. о. – элемент не обнаружен

Решение вопроса утилизации этих осадков позволит создать условия для внедрения безотходной технологии и будет способствовать защите окружающей среды.

Подобная технология позволит:

- сократить производственные затраты на охрану труда и технику безопасности за счёт уменьшения, а по возможности, и исключить образование токсичных отходов;
- улучшить природоохранную деятельность путём исключения необходимости отчуждения земель для захоронения токсичных отходов, а также затрат на строительство и содержание полигонов для их размещения;
- сократить затраты на производство других изделий в других отраслях за счёт утилизации ценных компонентов, содержащихся в отходах.

В рамках Договора между МГПИ и УО БрГПИ [3] решался вопрос утилизации осадка сточных вод ПЗП и ППП предприятий приборостроения г. Минска при производстве керамических изделий в строительной отрасли

В качестве основного глинистого сырья для этих изделий использовались крамоугощие серосодержащие глины Мызинского, Ужовского и Богдановичского месторождений.

В процессе исследований проводилось определение физико-химических свойств осадка сточных вод следующих заводов по производству защитных покрытий:

1. Смешанный осадок МЗВТ и МЗПП.
2. Завода «Термопласт».
3. НИИ «ЭВМ».
4. Завода им. С. Орджоникидзе.
5. МЗУ ЭВМ.
6. МЭМЗ.

Все образцы осадков сточных вод представляют собой пастообразную массу с влажностью от 50 до 75%, pH – 8–10 и включают в себя гидроксиды различных металлов и других минеральных и органических загрязнений. Анализ по химическому составу осадка проводился на спектрографе ИСП-ЭО, а также на атомно-абсорбционном спектрофотометре АА №1.

В процессе выполнения Договора был проведен спектральный анализ осадков сточных вод и определены:

- химический состав основного глинистого сырья и стеклобоя;
- характеристика глинистого сырья и составы исследованных керамических масс;
- стойкости керамических образцов при физико-химическом воздействии.

В силу ограниченности объёма этой статьи с этими сведениями можно ознакомиться в статье [7].

Более подробно остановимся на санитарно-химических исследованиях керамических изделий с использованием осадка ПЗП и ППП предприятий радиопромышленности Минска:

1. Плитка керамическая фасадная. ГОСТ 13996-84. Применяется в промышленном и гражданском строительстве для облицовки

наружных стен каменных зданий, наружных поверхностей стеновых панелей, крупных блоков, а также оформления архитектурных элементов зданий.

Проводилось исследование керамической фасадной плитки глазурированной рядовой с гладкой глазурированной поверхностью, изготовленной из глины с добавкой красителя 3% осадка (97% вес) сточных вод Минского завода узловых ЭВМ с последующим обжигом при температуре 1000°C. Глазурь наносилась на изделие и закреплялась обжигом. Плитка была изготовлена на БКСМ (г. Брест).

Уровни выделения токсичных компонентов из плитки керамической фасадной, изготовленной с добавлением и без добавления таких осадков, приведены в таблице 3.

В процессе санитарно-химического исследования было установлено:

- в составе осадка сточных вод Минского завода узлов ЭВМ олова – 0,17% , меди – 0,078%, кадмия – 0,0004%, цинка – 0,064%, марганца – 0,0024%, свинца – 0,1%, никеля 0,049, титана – 0,019;

при добавке такого осадка к глинам и обжиге полученной сырьевой массы при высоких температурах (1100–1170°C) указанные элементы не переходят в форму не летучих оксидов, что практически исключает миграцию их в воздушную среду в виде паров. Однако воздействие атмосферных осадков на стеновые конструкции, облицованные фасадной плиткой, может привести к вымыванию токсичных компонентов и последующему загрязнению почвы, грунтовых и межпластовых вод.

Учитывая возможность вымывания элементов из стеновых конструкций, постановка эксперимента по санитарно-химической оценке представленных в Белорусский НИИ санитарии и гигиены образцов керамической фасадной плитки осуществлялась следующим образом:

- плитка, изготовленная с добавлением осадка сточных вод площадью 0,01 м², закладывалась в стеклянную ёмкость и заливалась 1 дм³ бидистиллированной воды комнатной температуры и выдерживалась при этой температуре 15 часов.

В аналогичных условиях подвергался исследованию контрольный образец, не содержащий в своём составе осадков сточных вод:

- в полученной водной вытяжке проводилось определение наиболее значимых с гигиенической точки зрения элементов марганца, кобальта, хрома, свинца, никеля, титана, ванадия, олова, молибдена, меди, бериллия. Учитывая большое содержание кальция, алюминия и железа в природном глинистом сырье, используемом для производства керамической плитки, и их не высокую токсичность, определение уровня выделения этих компонентов представленных для исследования материалов не проводилось;
- для определения содержания микроэлементов в полученной водной среде использовался адсорбционно-комплексно-образовательный метод группового концентрирования и спектрального определения микроколичеств элементов в природных водах Белорусского НИИ санитарии и гигиены.

Таблица 4 – Уровни выделения токсичных компонентов из бетона на пористых заполнителях, изготовленных с добавлением в рецептуру 10, изготовленной с добавлением рецептур 3% осадков сточных вод узловых ЭВМ и без добавления осадка (мг/дм³ водной вытяжки на 1 м² образца)

Образец	Определяемый компонент, мг/дм ³						
	Mn	Cr	Pb	Ni	Ti	Sn	Cu
Контроль (бетон без добавления осадка)	следы.	0,015	0,001	0,001	--	0,001	0,003
Испытуемый образец (бетон с добавлением осадка). Вытяжка	0,0025	0,066	0,0002	0,003	0,0061	0,00069	0,024
ПДК в воде водоёма	0,1	Cr ⁶⁺ - 0.05 Cr ³⁺ - 0.5	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0

Примечание: н. о. – элемент не обнаружен

Таблица 5 – Уровни выделения токсичных компонентов: из кирпича (кубиков керамических), изготовленной с добавлением в рецептуру 10% осадков сточных вод Минского электромеханического завода и без добавления таких осадков (мг/дм³ водной вытяжки мг/дм³ из 1 кг образца)

Образец	Определяемый компонент, мг/дм ³							
	Mn	Cr	Pb	Ni	Ti	Sn	Cu	Co
Контроль (без добавления осадка)	0,0016.	0,0007	н.с.	0,0006	0,0011	0,0002	0,004	н. о.
Испытуемый образец (с добавлением 10% осадка ст. вод). Вытяжка	0,0019	0,0022	н.с.	0,001	0,004	0,0002	0,0033	н. о.
ПДК в воде водоёма	0.1	Cr ⁶⁺ - 0.05 Cr ³⁺ - 0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	1.0	1.0

Примечание: н. о. – элемент не обнаружен

По результатам проведённых исследований Белорусский НИИ санитарии и гигиены выдал Заключение о возможной сфере применения изучаемого материала:

«Учитывая, что концентрация определяемых элементов в водной вытяжке из исследуемого образца не превышала, а в некоторых была даже ниже их содержания в водной вытяжке из контрольного образца, изготовленного без добавления осадка сточных вод, а также не превышала предельно допустимых концентраций исследуемых элементов в водах хозяйственно-питьевого назначения, считаем, что после утверждения Минздравом БССР возможно применение плитки керамической фасадной, изготовленной с добавлением в качестве красителя 3% осадка сточных вод Минского завода узлов ЭВМ в промышленном и гражданском строительстве (для облицовки наружных стен каменных зданий, наружных поверхностей стеновых панелей, крупных блоков, а также оформления архитектурных элементов зданий».

2. Бетон лёгкий на пористых заполнителях. ГОСТ 25192-82.

Бетон – искусственный камень, получаемый в результате отверждения рационально подобранной смеси, состоящей из вяжущего вещества, воды и наполнителя. Применяется в промышленном и гражданском строительстве

В Белорусском НИИ санитарии и гигиены исследовался образец, изготовленный БКСМ (Брест): цемент 25% вес. керамзитовый гравий, полученный с добавлением в массу 10% вес. осадков сточных вод Минского завода ЭВМ им. С. Орджоникидзе – 50%, песок – 25%.

В процессе исследования устанавливались уровни выделения токсичных компонентов: из плитки керамической фасадной, изготовленной с добавлением и без добавления таких осадков, которые приведены в таблице 4.

В составе осадка сточных вод Минского завода ЭВМ им. С. Орджоникидзе: олова – 0,029%, меди – 0,034%, кадмия – 0,0039%, цинка – 0,0055%, хрома 0,39%, марганца – 0,36%, свинца – следы, никеля – 0,9%, титана – 0,015%, молибдена – 0,045%.

При производстве лёгкого в качестве пористого заполнителя использовался керамзит (50% вес), изготовленный с добавлением осадка сточных вод Минского завода ЭВМ им. С. Орджоникидзе (10% вес.)

Перечисленные выше элементы при воздействии высоких температур (более 1000°C) указанные элементы не переходят в форму нелетучих оксидов, что практически исключает миграцию их в воздушную среду в виде паров. Однако воздействие атмосферных осадков на стеновые конструкции, изготовленные с применением бетона лёгкого, может привести к вымыванию токсичных компонентов и последующему загрязнению почвы, грунтовых и межпластовых вод.

Для определения содержания микроэлементов в полученной водной среде использовался адсорбционно-комплексно-образовательный метод группового концентрирования и спектрального определения микроколичеств элементов в природных водах

Возможность вымывания элементов из стеновых конструкций, постановка эксперимента по санитарно-химической оценке представленных в Белорусский НИИ санитарии и гигиены образцов керамической фасадной плитки осуществлялись аналогично исследованиям для плитки керамической фасадной ГОСТ 13996-84.

Белорусский НИИ санитарии и гигиены по результатам проведённых исследований выдал Заключение о возможной сфере применения изучаемого материала:

«Учитывая, что содержание определяемых элементов в водной вытяжке из исследуемого образца несколько превышало, однако было значительно ниже предельно допустимых концентраций исследуемых элементов в водах хозяйственно-питьевого назначения, считаем, что после утверждения Минздравом БССР возможно применение бетона лёгкого на пористых заполнителях (керамзитовый гравий, изготовленный с добавлением в рецептуру 10% вес. осадков сточных вод Минского завода ЭВМ им. С. Орджоникидзе) в промышленном и гражданском строительстве».

3. Кирпич (кубики керамические) ГОСТ 530-80. Изготовлен БКСМ (Брест). Применяется для кладки наружных и внутренних стен жилых, общественных и промышленных зданий.

В Белорусском НИИ санитарии и гигиены исследовался образец: масса глины – 90% вес, осадок сточных вод Минского электромеханического завода – 10% вес. Кирпич изготавливается из глины с добавлением осадков сточных вод путём формования и последующего обжига при температуре 1000°C.

Уровни выделения токсичных компонентов: из кирпича (кубиков керамических), изготовленного с добавлением в рецептуру 10% осадков сточных вод Минского электромеханического завода и без добавления таких осадков, (водной вытяжки мг/дм³ на 1 кг образца) показаны в таблице 5.

В составе осадка сточных вод Минского электромеханического завода: олова – 0,2%, меди – 0,35%, кадмия – 0,0039%, цинка – 0,0055%, хрома 4,9%, марганца – 0,015%, свинца – 0,05, никеля – 0,15%, титана – 0,007%, молибдена – 0,0012%.

При добавке такого осадка к глинам и обжиге сформованного из полученной массы кирпича (кубиков керамических) при высоких температурах (950–1150°C) указанные элементы не переходят в форму нелетучих оксидов, что практически исключает миграцию их в воздушную среду в виде паров.

Однако воздействие атмосферных осадков на стеновые конструкции, изготовленные из кирпича, может привести к вымыванию токсичных компонентов и последующему загрязнению почвы, грунтовых и межпластовых вод.

Белорусский НИИ санитарии и гигиены по результатам проведенных исследований выдал Заключение о возможной сфере применения изучаемого материала:

«Учитывая, что концентрация определяемых элементов в водной вытяжке из исследуемого образца несколько превышала, однако была значительно ниже предельно допустимых концентраций исследуемых элементов в водах хозяйственно-питьевого назначения, считаем, что после утверждения Минздравом БССР возможно применение кирпича (кубиков керамических), изготовленного с добавлением в рецептуру 10% вес. осадков сточных вод Минского электромеханического завода в промышленном и гражданском строительстве».

Заключение

1. Осадки сточных вод от производства защитных покрытий Минского завода им. С. Орджоникидзе, Минского электромеханического завода, Минского завода узлов ЭВМ, а также смешанного осадка предприятий МЗВТ и ВМЗПП, рекомендуется использовать в качестве добавки при производстве керамических стеновых материалов и пористых заполнителей.
2. Сырьевая смесь с добавкой осадка сточных вод МЭМЗ для лицевого слоя строительного кирпича может быть использована при производстве двухслойного кирпича и керамического камня шликерным способом. При этом достигается повышение термостойкости и морозостойкости, снижение водопоглощения и температуры обжига изделия по сравнению с лицевым слоем на основе масс.
3. При обжиге изделий при 950°C обеспечивается получение продукции с качественными показателями, аналогичным показателям изделий на основе известных масс, которые обжигают при 1000°C.
4. При использовании высушенного осадка сточных вод температура обжига изделий может быть снижена на 50°C, что обеспечит экономию топливно-энергетических ресурсов в количестве 30–40 кг условного топлива на 1000 штук кирпича.
5. Керамическая масса для стеновых лицевых изделий может быть использована при производстве лицевых керамических камней и лицевого кирпича методом пластичного прессования, а также при производстве фасадной керамической плитки шликерным способом.
6. Керамическая масса, изготовленная с добавками осадка сточных вод ПЗП и ППП, способствует повышению прочности при сжатии на 1–2 марки, уменьшению водопоглощения и увеличению морозостойкости изделий в 1,5–2 раза, одновременно улучшению их внешнего вида и расширению цветовой гаммы.
7. Добавка осадка в керамическую массу для производства рядового кирпича способствует снижению выделения оксидов серы на 68–83%, улучшает санитарно-гигиенические условия труда и способствует повышению срока эксплуатации оборудования, уменьшает количество растворимых соединений в обожженном материале.
8. Уменьшается объемно-насыпная масса гранул по сравнению с керамзитом, изготовленным из масс с добавлением доломита.
9. Наблюдается положительный эффект при изучении токсикологических свойств керамзита, изготовленного из массы с добавлением осадка.
10. Добавление осадка сточных вод ПЗП и ППП 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 Беларуси получение экологически безвредной продукции, пол-

ностью отвечающей требованиям её безопасной эксплуатации для здоровья человека.

Список цитированных источников

1. Керамическая масса для изготовления изделий стеновой керамики : А С. 922098, МКИ С 04 В 333/00 / Урецкий [и др.] // Приоритет 24 января 1980 г.
2. Разработка элементов безотходной технологии и их исследование на сооружениях БЭМЗ. № гос. регистрации 80028756 : Учреждение образования «Брестский инженерно-строительный институт». НИР. – Брест, 1983.
3. Исследование осадка сточных вод от производства защитных покрытий с разработкой технологических регламентов и санитарно-химической паспортизации осадка и продукции, полученной от его использования. № гос. регистрации 880.014998 : Учреждение образования «Брестский государственный педагогический институт им. А. С. Пушкина». Отчёт НИР. – Брест, 1988.
4. Урецкий, Е. А. Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных предприятий : монография / Е. А. Урецкий – Брест : БрГТУ, 2008. – с илл. – 320 с.
5. Гогина, Е. С. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водоотведения / Е. С. Гогина, А. Д. Гуринович, Е. А. Урецкий. – М. : АСВ, 2012. – 312 с.
6. Урецкий, Е. А. Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных предприятий : монография – LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany – 358 с.
7. Ресурсосберегающая технология утилизации гальваношламов, загрязнённых органическими минеральными ингредиентами покрасочных производств, в производстве строительных материалов / Е. А. Урецкий, Р. Т. Газизов, В. В. Мороз // Вест. Брестского гос. техн. ун-та – Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – 2015. – № 2(80) – С. 54–57.

References

1. Ceramic mixture for making wall ceramic products: A С 922098, МКИ С 04 В 333/00/Uretsky [etc.] // Priority January 24, 1980.
2. Development of elements of waste-free technology and their research at BEMZ structures. State Registration No. 80028756: Institution of education "Brest Engineering and Construction Institute." NIR. – Brest, 1983.
3. Study of sewage sludge from the production of protective coatings with the development of technological regulations and sanitary and chemical certification of sludge and products obtained from its use. State Registration No. 880.014998: Institution of Education "Brest State Pedagogical Institute named after A. S. Pushkin." NIR report. – Brest, 1988.
4. Uretsky, E. A. Resource-saving technologies in the water industry of industrial enterprises: monograph / E. A. Uretsky – Brest : BSTU, 2008. – from ill. – 320 p.
5. Gogina, E. S. Resource-saving technologies of industrial water supply and sanitation / E. S. Gogina, A. D. Gurinovich, E. A. Uretsky. – Moscow : ASV, 2012. – 312 p.
6. Uretsky, E. A. Resource-saving technologies in the water industry of industrial enterprises: monograph – LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany – 358 p.
7. Resource-saving technology of utilization of electroplating contaminated with organic mineral ingredients of paint production in production of construction materials / E. A. Uretsky, R. T. Gazizov, V. V. Frost // West. The Brest state. technical un-ta – Water and thermal power engineering. – 2015. – № 2 (80) – P. 54–57.

Материал поступил в редакцию 07.04.2020