

## К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСАДКА ПРОИЗВОДСТВ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ И ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ И ЕГО УТИЛИЗАЦИИ

*Е. А. Урецкий<sup>1</sup>, В. В. Мороз<sup>2</sup>, Т. И. Акулич<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие (РУП) Белорусский государственный проектный институт «БелГПИ», Витебск, Беларусь, euretsky@yandex.by

<sup>2</sup>Заведующий кафедрой природообустройства, БрГТУ, Брест, Беларусь, vovavall@mail.ru

<sup>3</sup>Старший преподаватель, БрГТУ, Брест, Беларусь, tigol1976@mail.ru

### **Аннотация**

В статье приведены результаты исследования осадка сточных вод производств защитных покрытий (ПЗП) и печатных плат (ППП) ОАО «Брестский электромеханический завод» (ОАО «БЭМЗ») и ряда Минских заводов приборо- и машиностроительного профиля. Выявлены различия в составе осадка ПЗП и ППП, который может быть использован для изготовления строительной керамики. Безопасность изготовленных изделий подтверждена Белорусским государственным научно-исследовательским институтом санитарии и гигиены.

**Ключевые слова:** осадок, зольность, влажность, плотность, удельное сопротивление, керамика.

## TO THE QUESTION OF THE STUDY OF THE PRODUCTION OF PROTECTIVE COATINGS AND PRINTED BOARDS AND ITS UTILIZATION

*E. A. Uretsky<sup>1</sup>, V. V. Moroz<sup>2</sup>, T. I. Akulich<sup>3</sup>*

### **Abstract**

The article presents the results of a study of sewage sludge from the production of protective coatings (PPC) and printed circuit boards (PCB) of JSC "Brest Electromechanical Plant" (JSC "BEMZ") and a number of Minsk plants of instrument and machine-building profile. Differences in the composition of the sediment of the PPC and PCB, which can be used for the manufacture of building ceramics, are revealed. The safety of manufactured products is confirmed by the Belarusian State Research Institute of Sanitation and Hygiene.

**Keywords:** sediment, ash content, humidity, density, resistivity, ceramics.

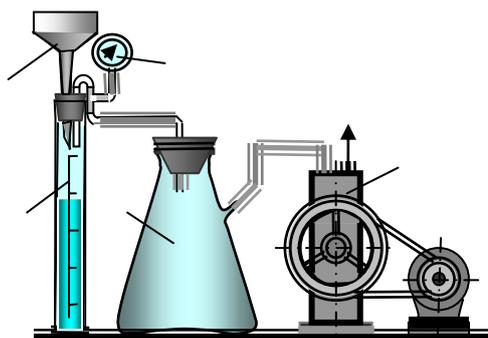
**Введение.** В Республике Беларусь сосредоточено большое количество крупных предприятий приборо- и машиностроения. Именно эти предприятия являются основными загрязнителями окружающей среды тяжёлыми металлами (ТМ) [1, 2, 3]. Согласно шкале стресс-факторов, учитывающей комплексное,

негативное воздействие на человеческий организм, ТМ (135 баллов) оставляют далеко позади радиоактивные отходы (40 баллов) [4].

По утверждению специалистов БНТУ, выполненный ими комплексный анализ показал, что во всех регионах Беларуси на 2005 год образовывалось 14 000 м<sup>3</sup>/год гальваношламов. При этом вывозилось на полигоны 12 400 м<sup>3</sup>/год, хранилось на предприятиях 1 500 м<sup>3</sup>/год, а на переработку из них поступало 130 м<sup>3</sup>/год, т.е. подвергалось переработке менее 1 % [5, 6].

Именно поэтому возникла острая необходимость разработки ресурсосберегающей технологии утилизации осадка сточных вод ПЗП и ППП.

**Материалы и методы.** Состав сточных вод ПЗП относительно хорошо изучен. Однако, появление в осадке соединений, характерных для производства печатных плат не может не повлиять на его свойства. Скорее всего, это влияние станет заметным при существенных относительных долях новых соединений. Эти предположения были проверены на натуральных образцах осадка ОАО «БЭМЗ» из отстойника и на образцах, приготовленных из нейтрализованных сточных вод с добавлением отработанных растворов, содержащих компоненты, представляющими интерес.

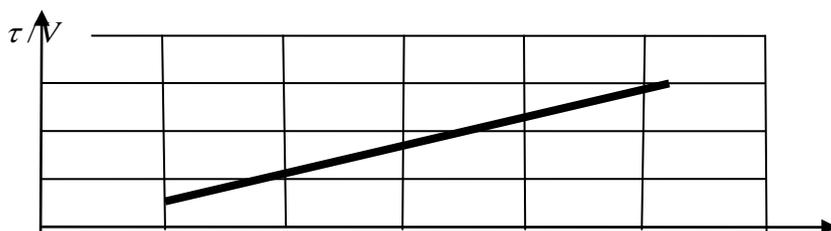


**Рисунок 1** – Схема установки для определения удельного сопротивления осадка

1 – мерный цилиндр; 2 – воронка Бюхнера; 3 – колба Бунзена; 4 – вакуумметр; 5 – вакуум-насос с электродвигателем.

Проведены исследования основных свойств осадка: зольности, влажности, плотности, концентрации, удельного сопротивления. Определение зольности, влажности, плотности, концентрации, удельного сопротивления проводилось по стандартным методикам [7, 8]. Определение удельного сопротивления производилось наиболее простым и обеспечивающим достаточную точность, объёмным способом. Суть его заключается в определении величины удельного сопротивления по объёму фильтрата, выделяющегося в процессе фильтрования за определённые промежутки времени при постоянном давлении [7, 8]. Схема установки приведена на рис. 1.

Параметр  $b$  определялся графически (рис. 2) [7, 8]. Концентрация осадка принималась равной количеству находящихся в  $1\text{ м}^3$  осадка твёрдых или растворённых частиц сухого или растворённого вещества.



**Рисунок 2** – Графическое определение параметра  $b$

Получены опытные данные в результате обработки образующегося осадка:

- по химическому составу осадка ПЗП (таблица 1);
- промывных сточных вод гальванического производства (таблица 2);
- по основным свойствам модельных осадков сточных вод с повышенной концентрацией меди (таблица 3);
- промывных сточных вод производства защитных покрытий и производства печатных плат (таблица 4);

**Таблица 1** – Химический состав твёрдой фазы осадка сточных вод ПЗП (%)

Содержание твёрдой фазы в подсушенном осадке, %	Химический состав									Потери при прокаливании, %
	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	
1,6	4,9	15,3	2,3	1,1	10,3	4,0	16,3	5,5	1,9	27,4
2,2	2,9	12,9	4,7	1,0	4,6	5,8	22,9	1,5	1,4	23,6

**Таблица 2** – Основные свойства осадка, образующегося при обработке сточных вод ПЗП

№ эксперимента	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зольность, %	Концентрация, %	Удельное сопротивление см/г
1	1,07	88,42	73,90	124	$24,16 \cdot 10^{10}$
2	1,02	99,77	74,54	23	$13,56 \cdot 10^{10}$
3	1,00	97,94	68,77	21	$17,13 \cdot 10^{10}$
4	1,01	95,00	72,00	34	$9,4 \cdot 10^{10}$

**Таблица 3** – Основные свойства модельных осадков сточных вод с повышенной концентрацией меди

№ эксперимента	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Зольность, %	Концентрация, %	Удельное сопротивление, см/г
1	1,030	78,82	12,37	24	$111,91 \cdot 10^{10}$
2	1,004	97,68	76,59	23	$35,70 \cdot 10^{10}$
3	1,003	97,71	71,21	23	$60,49 \cdot 10^{10}$

**Таблица 4** – Основные свойства осадка, образующегося при обработке сточных вод ПЗП и ППП

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

Результаты исследований позволили выявить определённые тенденции и сделать предварительные выводы.

Показатели свойств натурального образца осадка, полученного в результате совместной обработки сточных вод ПЗП и ППП, колеблются в следующих пределах:

- плотность 1,00-1,12г/см<sup>3</sup>
- влажность 96,00-99,11%
- зольность 66,67-78,50%
- концентрация 9 - 64г/л

Сопоставление этих величин с соответствующими показателями осадка сточных вод гальванического производства показывает значительные различия.

Представляется возможным при концентрации меди в исходных сточных водах менее 300 мг/л использовать имеющийся узел обезвоживания осадка, ограничившись проверкой его производительности на обработку увеличивающейся массы осадка. Масса осадка растёт пропорционально количеству обработанных сточных вод.

Увеличение содержания в сточных водах меди более 500 мг/л, хрома и преобладание одного из них сказывается на величину удельного сопротивления осадка. Оно резко возрастает (см.табл. 3).

Помимо этого, был исследован осадок минских заводов по производству защитных покрытий и печатных плат:

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

Все образцы осадков сточных вод представляют собой пастообразную массу с влажностью от 50 до 75 %, рН = 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. Чувствительность

и ошибка определения удовлетворяет условиям спектрального метода анализа. Результаты спектрального анализа осадков сточных вод приведены в табл.5.

**Таблица 5** – Результаты спектрального анализа осадков сточных вод

№ п/п	Предприятия г. Минска	Sn	Cu	Cd	Zn	Cr	Ni	Ti	Pb
1	МЗВТ+МЗПП	0,12	0,91	0,13	1,25	2,18	0,9	0,09	0,045
2	Термопласт	0,064	0,99	0,0032	3,72	11,2	0,042	0,04	0,16
3	НИИ ЭВМ	0,76	9,89	0,14	0,21	1,8	0,75	0,024	0,3
4	Орджоникидзе	0,029	0,084	0,039	0,0025	0,39	0,9	0,15	следы
5	МЗУ ЭВМ	0,17	0,072	0,0004	0,064	0,05	0,049	0,019	0,1
6	МЭМЗ	0,142	0,36	0,2	3,5	4,9	0,15	0,007	0,05

**Заключение.** На основании проведенных исследований и производственных испытаний можно сделать следующие выводы:

1. Осадки сточных вод от производства защитных покрытий Минского завода ЭВМ им. С. Орджоникидзе, Минского электромеханического завода (МЭМЗ), Минского завода узлов ЭВМ, а также смешанного осадка предприятий МЗВТ и МЗПП 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 Минского электромеханического завода, Минского завода узлов ЭВМ, а также смешанного осадка предприятий МЗВТ и МЗПП рекомендуется использовать в качестве добавки при производстве керамических стеновых материалов и пористых заполнителей.

3. При обжиге изделий при  $950^{\circ}\text{C}$  обеспечивается получение продукции с качественными показателями, аналогичным показателям изделий на основе известных масс, которые обжигают при  $1000^{\circ}\text{C}$ .

4. При использовании высушенного осадка сточных вод температура обжига изделий может быть снижена на  $50^{\circ}\text{C}$ , что обеспечит экономию топливно-энергетических ресурсов в количестве 30 – 40кг условного топлива на 1000 штук кирпича.

5. 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.

6. 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, полностью отвечающей требованиям её безопасной эксплуатации для здоровья человека [9].

**Рекомендации для внедрения в производство.** Разработанные составы керамических масс могут быть рекомендованы для внедрения в производство на заводах стройматериалов, при этом использование метода пластического пресования должно предусматривать создание подсушки осадка сточных вод до 25-30 % влажности и дробления плава солей с его просевом в условиях сухого крытого помещения. Производство 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 рекомендовано использовать в качестве красителя для плитки керамической фасадной.

По представленным рекомендациям на Брестском комбинате строительных материалов изготовлена промышленная партия плитки керамической фасадной [10].

### **Список цитированных источников**

1. Урецкий Е.А., Гогина Е.С., Мороз. Оптимизация существующих и разработка новых ресурсосберегающих технологий в водном хозяйстве предприятий приборо- и машиностроения В.В. Монография. – М.: Изд-во АСВ, 2022. – 624 с. ISBN 978–5–4323
2. Урецкий Е.А., Николенко И.В. Мороз В.В. Разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий утилизации твёрдых и жидких отходов сточных вод производств защитных покрытий и печатных плат. Монография. -133 стр.
3. Гогина Е.С., Гуринович А.Д, Урецкий Е.А. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водоотведения: Справочное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов РФ, 2012. – 312 с.
4. Гибкие автоматизированные гальванические линии: Справочник /В.Л. Зубченко, В.М. Рогов и др. под общей редакцией В.Л. Зубченко. -М: Машиностроение, 1989. – 672 с.
5. Использование осадков гальванического производства / В. Н. Марцуль [и др.] // Труды БГТУ. - Минск : БГТУ, 2012. - № 3 (150). - С. 70-75.
6. В. Н. Марцуль, и др. Инвентаризация гальванических шламов и осадков очистных сооружений на предприятиях Республики. Труды БГТУ. № 3. Химия и технология неорганических веществ. Минск 2012г.
7. Методика проведения технологического контроля работы очистных сооружений городских канализация, изд-во литературы по строительству., М 1971г.
8. И.С. Туровский. Обработка осадков сточных вод, М., Стройиздат , 1975 г .
9. Белорусский научно-исследовательский санитарно-гигиенический институт. Результаты санитарно-химических исследований на основе керамических масс с добавкой осадка сточных вод от производств защитных покрытий. Информационные карты по результатам санитарно-химических исследований 1988г.
10. Акт от 28 ноября 1988 г., утверждённый гл. инженером Брестского комбината строительных материалов Н.А. Когаленюком.