

О. С. Залыгина,  
*Белорусский государственный технологический университет, Минск,  
Беларусь*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

It is proposed to improve the system for handling waste from galvanic production, namely, the use of sewage sludge to obtain colored glaze coatings, the processing of spent electrolytes and galvanic sludge to obtain pigments. This will reduce the impact of electroplating production on the environment, expand the raw material base of the ceramic industry, as well as obtain pigments, which are currently not produced in the Republic of Belarus.

Гальванические (электрохимические) покрытия являются одним из самых распространенных методов защиты изделий от коррозии, придания им необходимых эксплуатационных характеристик и декоративных свойств: повышенной твердости и износостойкости, высокой отражательной способности, поверхностной электропроводности, облегчения паяемости и т. д. Гальванические технологии широко применяются в машиностроении, приборостроении, авиационной, электронной и радиотехнической промышленности, в других областях. Важным преимуществом гальванического производства является простота технологических процессов и экономичность, возможность нанесения покрытий на детали сложной конфигурации.

В настоящее время в Беларуси насчитывается более 140 различных предприятий, на которых функционирует гальваническое производство. Среди них ОАО «Гомсельмаш», ОАО «Белорусский металлургический завод», ОАО «Минский подшипниковый завод», ОАО «БелАЗ», ОАО «Минский автомобильный завод» и многие другие промышленные предприятия [1].

Гальваническое производство оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду, в т. ч. вследствие образования отходов, которые можно разделить на три вида – осадки сточных вод гальванического производства (ОСВ ГП), отработанные электролиты и гальваношламы. В настоящее время осадки сточных вод гальванического производства в большинстве случаев хранятся на территории предприятий, создавая угрозу загрязнения окружающей среды. Отработанные электролиты и гальваношламы, как правило, поступают на

локальные очистные сооружения вместе с промывными сточными водами, тем самым затрудняя их работу вследствие периодического резкого повышения концентрации загрязняющих веществ. Также с отходами гальванического производства безвозвратно теряются многие ценные компоненты. Поэтому целью работы является совершенствование системы обращения с отходами гальванического производства путем вовлечения их в хозяйственный оборот, что позволит снизить воздействие на окружающую среду, а также обеспечить экономию средств, предназначенных для добычи или приобретения сырья.

В литературе предлагаются различные способы переработки осадков сточных вод гальванического производства [2], наиболее распространенным является их использование в производстве керамического кирпича. Однако при этом теряются ценные свойства компонентов, входящих в состав осадков сточных вод гальванического производства, а именно соединений тяжелых металлов, которые обладают хромофорными свойствами.

В работе были исследованы осадки сточных вод гальванического производства пяти белорусских предприятий. Их элементный состав, определённый методом электронно-микроскопического анализа на сканирующем электронном микроскопе *JSM-5610 LV* с системой электронно-зондового энергодисперсионного химического анализа *EDX JED-2201 (JEOL, Япония)*, представлен в таблице 1.

Анализ элементного состава осадков сточных вод гальванического производства свидетельствует о высоком содержании железа во всех исследуемых отходах за исключением ОСВ ГП предприятия № 4. Это осадок после очистки сточных вод от процесса меднения, имеющий зеленоватый цвет. Также следует отметить повышенное содержание хрома в осадке сточных вод предприятия № 5, на котором преобладающим процессом является хромирование.

Исходя из состава осадков сточных вод гальванического производства, было предложено их использование при получении цветных глазурей. Для получения опытных образцов использовалась бесцветная глазурь

ОАО «Керамин», в которую добавляли по 15 масс. % высушенного осадка сточных вод гальванического производства различных предприятий. Глазурь наносилась на керамическую плитку методом полива. После высушивания проводился обжиг с изотермической выдержкой при температуре 1000 °С в течение часа.

Таблица 1

Элементный состав осадков сточных вод гальванического производства различных предприятий Республики Беларусь

Элемент	Предприятие № 1	Предприятие № 2	Предприятие № 3	Предприятие № 4	Предприятие № 5
C	11,48	10,40	13,21	–	31,81
O	27,86	24,5	26,51	13,56	27,36
Na	1,26	4,78	–	0,85	0,62
Mg	0,87	1,40	–	–	0,25
Al	0,15	0,39	0,11	–	2,49
Si	2,06	1,52	1,16	0,14	0,66
P	0,72	0,52	2,65	–	1,42
K	0,14	0,02	–	–	0,1
Cl	0,64	0,14	–	10,93	–
Ca	4,96	1,41	4,04	–	1,18
Cr	5,22	8,55	8,11	–	19,94
Fe	41,27	15,38	25,63	–	7,95
Zn	3,37	28,22	17,42	–	3,74
S	–	2,46	1,16	–	2,48
Cu	–	0,11	–	74,52	–
Ni	–	0,20	–	–	–

Во всех случаях была получена цветная глазурь, цвет которой зависит от состава добавляемого отхода. Первые три образца имеют коричневый цвет, что обусловлено наличием в осадках сточных вод предприятий № 1, № 2 и № 3 железа (таблица 1). Самое большое содержание железа (41,27 масс. %)

наблюдается в ОСВ ГП предприятия № 1, что обусловило темно-коричневый цвет глазурного покрытия.

В осадке сточных вод предприятия № 4 железо отсутствует. Этот отход характеризуется высоким содержанием меди (74,52 масс. %), чем обусловлен бирюзовый цвет глазури. Осадок сточных вод гальванического производства предприятия № 5 содержит такие хромофорные элементы, как хром и железо, что обеспечивает темно-горчичный цвет глазури.

Цвета образцов керамической глазури также определялся с помощью атласа, основанного на цветовых моделях *RGB* и *CMYK* (таблица 2). *RGB* – цветовая модель, описывающая способ кодирования цвета для цветовоспроизведения с помощью трех основных цветов: красного, зеленого и синего. *CMYK* – цветовая модель, использующая голубой, пурпурный и желтый в роли основных цветов, а также черный цвет.

Таблица 2

Колористические характеристики опытных образцов

Номер предприятия	Цвет полученного образца	Шестнадцатеричное значение цвета	Цветовая модель <i>RGB</i>			Цветовая модель <i>CMYK</i>			
			R	G	B	C	M	Y	K
1	Бистр	#3D2B1F	61	43	31	0	30	49	76
2	Бледно-коричневый	#987654	152	118	84	0	22	45	40
3	Красновато-коричневый	#755A57	117	90	87	49	60	56	26
4	Зелень Гинье	#40826D	64	130	109	0	16	49	169
5	Ксанаду или Занаду	#738678	115	134	120	14	0	10	47

Переработке отработанных электролитов в настоящее время уделяется меньше внимания, по-видимому, вследствие небольшого объема их образования. В литературе встречаются такие направления переработки отработанных электролитов, как их регенерация, извлечение металлов, получение катализаторов, пигментов и других ценных продуктов (препаратов для защиты древесины от гниения, удобрений, микроэлементных добавок) [3]. В работе

предлагается использовать отработанные электролиты для получения пигментов, производство которых в Республике Беларусь отсутствует.

Путем осаждения ионов тяжелых металлов из отработанных электролитов различными реагентами (фосфатом и гидроксидом натрия) с последующей термообработкой (сушкой либо прокаливанием) были получены пигменты различной цветовой гаммы: белые из отработанных электролитов цинкования; зеленые, желтые и черные из отработанных электролитов никелирования; зеленые из отработанных электролитов хромирования; бирюзовые из отработанных электролитов меднения.

Гальваношламы образуются в процессе эксплуатации гальванических ванн в очень малых количествах. В их состав в основном входят соединения железа. Поэтому предлагается использовать их также для производства пигментов либо железосодержащих коагулянтов.

Таким образом, предлагается совершенствование системы обращения с отходами гальванического производства, а именно использование осадка сточных вод для получения цветных глазурных покрытий, переработка отработанных электролитов и гальваношламмов с получением пигментов. Это позволит снизить воздействие гальванического производства на окружающую среду, расширить сырьевую базу керамической промышленности, а также получить пигменты, производство которых в настоящее время в Республике Беларусь отсутствует.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Марцуль, В. Н. [и др.] Очистка сточных вод гальванических цехов предприятий Республики Беларусь // Труды БГТУ. Химическая технология неорганических материалов и веществ. – 2013, № 3. – С. 61–66.

2. Бабков, В. В. Утилизация осадков сточных вод гальванических производств / В. В. Бабков, Д. М. Закиров, А. Н. Чулков, Е. М. Иксанова. – Москва : Руда и металлы, 2003. – 272 с.

3. Zalyhina, V. S. Analysis of the sources of formation of the waste electrolytes of the electrolyte production and methods of their processing / V. S. Zalyhina, N. E. Zhuravska, V. I. Cheprasova // Modern engineering and innovative technologies. – 2022, Issue 19, Part 1, December–February. – P. 57–67.

Volha S. Zalygina,  
*Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus*

**IMPROVEMENT OF THE WASTE MANAGEMENT SYSTEM OF  
ELECTRONIC PRODUCTION**