

УДК 669

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАГЕНТНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

А.О. Кузьменчук

Научный руководитель – **Н.В. Водчиц**, заведующий отраслевой лабораторией
“ДНК и клеточных технологий в растениеводстве и животноводстве”

Полесский государственный университет

Гальваническое производство является значительным источником техногенного загрязнения гидросферы, что обусловлено образованием больших объемов сточных вод, содержащих высокотоксичные соединения тяжелых металлов, кислот, щелочей и поверхностно-активных веществ [1, с. 55]. Ионы тяжелых металлов (ИТМ), такие как хром, медь, никель и цинк, обладают выраженной кумулятивной способностью, канцерогенным и мутагенным действием, представляя серьезную угрозу для водных экосистем и здоровья населения [2, с. 628].

Основным методом обезвреживания гальванических стоков на большинстве предприятий является реагентная очистка, сущность которой заключается в переводе растворенных ИТМ в нерастворимые гидроксиды с последующим осаждением [3, с. 15]. Ключевым критерием экологической безопасности предприятия является эффективность работы локальных очистных сооружений и соответствие очищенных сточных вод нормативным требованиям (ТКП 17.06-08-2012) при сбросе в городскую канализацию [4, с. 39].

Цель работы провести анализ химического состава сточных вод и оценить эффективность реагентной очистки на промышленных очистных сооружениях.

Исследования проводились в производственной лаборатории УП “ЭлКис” ООО “БелТИЗ” в феврале–марте 2026 года. Объектом исследования служили пробы сточных вод, отобранные на входе и выходе реагентной очистной установки.

Определение массовой концентрации хрома (VI) выполняли фотоколориметрическим методом, основанным на образовании окрашенного в красно-фиолетовый цвет комплексного соединения хрома с 1,5-дифенилкарбазидом в кислой среде (ГОСТ 31956-2012) [5]. Содержание меди устанавливали колориметрически, используя реакцию с диэтилдитиокарбаматом натрия, в результате которой образуется устойчивый желто-коричневый комплекс (ГОСТ 4388-72) [6]. Концентрацию цинка определяли дитизоновым методом, основанным на экстракции окрашенного в красный цвет дитизоната цинка четыреххлористым углеродом (ГОСТ 18293-72) [7]. Измерение каждого образца проводили в трехкратной повторности с последующей статистической обработкой.

В ходе исследований были установлены концентрации хрома (VI), меди и цинка в пробах до и после очистки. Анализ исходных стоков показал значительное превышение нормативов по всем исследуемым показателям. Наиболее критичным оказалось содержание шестивалентного хрома, концентрация которого в 3–4 раза превышала допустимый уровень (0,1 мг/дм³). Концентрация меди и цинка также существенно превышали предельно допустимую концентрацию, в 3–4 и 2,5–2,7 раза соответственно (таблица).

Таблица – Эффективность очистки сточных вод от тяжелых металлов

Показатель	Период	До очистки, мг/дм ³	После очистки, мг/дм ³	ПДК, мг/дм ³	Эффективность удаления, %
Хром (Cr (VI))	Февраль	0,4	0,1	0,1	75,0
	Март	0,3	0,06	0,1	80,0
	Среднее значение	0,35	0,08	0,1	77,1
Цинк (Zn ²⁺)	Февраль	5,1	1,5	2,0	70,6
	Март	5,5	1,8	2,0	67,3
	Среднее значение	5,3	1,65	2,0	68,9
Медь (Cu ²⁺)	Февраль	1,5	0,5	0,5	66,7
	Март	2,0	0,4	0,5	80,0
	Среднее значение	1,75	0,45	0,5	74,3

Завышенные показатели могут создавать риск угнетения биоценозов при неконтролируемом сбросе.

После прохождения полного цикла реагентной обработки (включающего восстановление Cr (VI) до Cr (III), нейтрализацию и осаждение гидроксидов металлов) наблюдалось закономерное снижение концентраций всех анализируемых поллютантов. Средняя эффективность удаления составила: для хрома (VI) – 77,1 %, меди – 74,3 %, цинка – 68,9 %. Более высокая степень очистки от Cr (VI) объясняется двухстадийным механизмом его удаления: сначала восстановление до Cr (III) с помощью FeSO₄, затем осаждение Cr (OH)₃.

Несмотря на то, что средние концентрации металлов после очистки не превышают нормальных значений, необходимо отметить, что в февральской пробе содержание меди и хрома (VI) достигло верхней границы допустимых значений (0,5 и 0,1 мг/дм³). Это может свидетельствовать о работе очистных сооружений в режиме, близком к предельному, и требует усиления контроля за равномерностью поступления стоков, особенно отработанных концентрированных электролитов.

Применяемая реагентная очистка сточных вод гальванического производства УП “ЭлКис” ООО “БелТИЗ” обеспечивает эффективное удаление ионов тяжелых металлов. Сброс очищенных сточных вод, соответствующих нормативам, в городскую канализацию г. Пинска минимизирует риск негативного воздействия на активный ил городских очистных сооружений и, как следствие, на качество воды в водоприемнике.

Установлено, что наибольшей эффективности реагентный метод достигает в отношении шестивалентного хрома, что обусловлено двухстадийным механизмом его удаления. Несколько более низкая степень очистки от цинка, вероятно, связана с особенностями гидролиза данного металла в условиях реагентной обработки. Несмотря на соответствие очищенных стоков нормативным показателям, в отдельные периоды концентрации меди и хрома (VI) достигают верхней границы допустимых значений. Это указывает на необходимость регулярного мониторинга (не реже 1 раза в месяц) для своевременного предотвращения превышений.

Список использованных источников

1. Ильин, В. И. Минимизация негативного воздействия гальванического производства на окружающую среду / В. И. Ильин, А. Ф. Губин // Астраханский вестник экологического образования. – 2014. – № 3 (29). – С. 55–60.
2. Быкова, Я. П. Задача оптимального проектирования системы очистки сточных вод гальванического производства / Я. П. Быкова, Б. В. Ермоленко // Химическая технология. – 2009. – № 10. – С. 623–631.
3. Перелыгин, Ю. П. Реагентная очистка сточных вод и утилизация отработанных растворов и осадков гальванических производств / Ю. П. Перелыгин [и др.]. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2013. – 80 с.

4. Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок установления нормативов допустимых сбросов : ТКП 17.06-08-2012 (02120). – Введ. 01.01.2013. – Минск : Минприроды, 2012. – 76 с.
5. Вода. Методы определения содержания Cr (VI) и общего Cr : ГОСТ 31956-2012. – Введ. 01.01.2014. – М. : Стандартиформ, 2014. – 46 с.
6. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации меди : ГОСТ 4388-72. – Введ. 01.01.1974. – М. : Стандартиформ, 2008. – 8 с.
7. Вода питьевая. Методы определения содержания свинца, цинка, серебра : ГОСТ 18293-72. – Введ. 01.01.1974. – М. : Стандартиформ, 2008. – 8 с.