

– относительное удлинение – более 10 % для труб Ду 60–1000 мм и более 7 % для труб Ду 1100–2000 мм [3].

В отличие от традиционного чугуна, где графит распределен в объеме материала в виде пластин, делая его более хрупким и подверженным разрушению, ВЧШГ благодаря своей структурной организации более устойчив к механическим повреждениям и деформациям [2]. Трубы из ВЧШГ после термического отпуска сохраняют качества чугунных труб, такие как прочность на сжатие и высокая коррозионная стойкость, а также приобретают новые эксплуатационные свойства: высокий предел упругости, ударопрочность и прочность на разрыв, которые присущи стали, а не чугуну.

Таким образом, применяя эффективные технологии при решении задач качественного водоснабжения, можно, с одной стороны, повысить для населения качество питьевой воды, а с другой – обеспечить наиболее совершенные технологии ремонта трубопроводов, повысить коррозионную стойкость труб, а также улучшить экологическую обстановку.

### Список литературы

1 Рыбаков, А. П. Основы бестраншейных технологий. Теория и практика / А. П. Рыбаков. – М. : ПрессБюро, 2005. – 304 с.

2 Солнцев, Л. А. Получение чугунов повышенной прочности / Л. А. Солнцев, А. Ф. Зайденберг, А. Ф. Малый. – Харьков : Вища школа : Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. – 152 с.

3 Преимущество труб из ВЧШГ // Производство чугуна и систем водоотвода. – URL: <https://ural-chugun.ru/preimushchestvo-trub-iz-vchshg> (дата обращения: 16.03.2025).

УДК 628.33:546.4

## АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Е. В. ЛАШКИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
llashkina@mail.ru*

**Актуальность.** Загрязнение среды, в особенности химическими веществами, – один из наиболее сильных факторов разрушения компонентов биосферы. В настоящее время во многих регионах и в мире в целом загрязнение природной среды тяжелыми металлами достигло угрожающих масштабов. Среди всех химических загрязнений тяжелыми металлами рассматриваются те, которые имеют особое экологическое, биологическое и здравоохранительное значение [1]. Для каждого металла существуют концентрационные интервалы, в которых они выступают в роли крайне необходимых

организмам (растениям и животным) микроэлементов. Эти обстоятельства указывают на необходимость всестороннего изучения роли металлов в природных объектах, в том числе тех, за которыми закрепилось название «тяжелые металлы». Наибольшее значение для окружающей среды имеют ртуть, свинец, кадмий, цинк, медь, никель, кобальт. В этот перечень входят и обязательные для животных и растительных организмов элементы, содержание которых в интервале  $10^{-2}$ – $10^{-5}$  % необходимо для инициирования и активирования биохимических процессов. В экологическом и токсиколого-гигиеническом аспекте перечисленные металлы представляют особый интерес, поскольку они наиболее широко и в больших количествах используются в промышленности, и их накопление опасно в связи с высокой токсичностью. В металлургии сточные воды травильных ванн (концентрированные сточные воды) особенно грязные и в неочищенном состоянии не могут быть сброшены в городскую канализационную сеть. Они разрушают каналы и сточные коллекторы и, уничтожая бактериальную флору, делают невозможным правильную работу станций биологической очистки.

**Цель работы** – аналитическое определение катионов и анионов в сточных водах гальванического производства.

**Основные результаты.** В настоящее время существует три направления в разработке и внедрении электрохимических методов очистки сточных вод, содержащих растворенные примеси:

1) удаление растворенных примесей (главным образом органических соединений) в результате анодного окисления и катодного восстановления с образованием нетоксичных (или малотоксичных), а в некоторых случаях нерастворимых в воде продуктов, выпадающих в осадок;

2) удаление растворенных примесей (главным образом неорганических веществ) с одновременной утилизацией ценных продуктов методами электролиза (электролиза с использованием полупроницаемых мембран);

3) удаление растворенных примесей путем электролиза сточных вод с использованием растворимых железных или алюминиевых анодов с получением нерастворимых в воде продуктов, выпадающих в осадок.

Основную массу твердой фазы осадков сточных вод гальванического производства составляют нерастворимые соединения тяжелых металлов, сорбированные масла, механические примеси. Отбор проб проводился в соответствии с целями анализа и на основании исследования местности, причем учитывались обстоятельства, которые могли бы оказать влияние на состояние взятой пробы. Суммарное количество катионов и анионов, поступающих со сточными водами гальванического производства, вносимых в процесс очистки и способных образовать нерастворимые соединения, представлено в таблице 1. Таким образом, основную массу взвешенных веществ, вносимых после отстаивания сточных вод, составляют гидроксиды и фосфаты металлов.

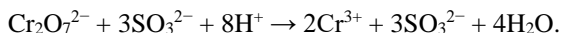
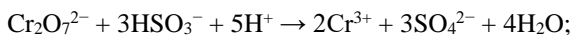
В свою очередь, ионы кадмия и цинка способны образовывать водорастворимые аммиакатные комплексные соединения [2], что оказывает влияние на эффективность работы очистных сооружений.

Обезвреживание сточных вод от токсичных соединений шестивалентного хрома с применением растворимых железных анодов осуществляется путем восстановления шестивалентного хрома до трехвалентного при  $\text{pH} < 3$ .

**Таблица 1 – Катионы и анионы гальванического производства, вносимые в процесс очистки**

№ п/п	Наименование	Масса катионов и анионов	
		г-экв/сутки	кг/месяц
1	$\text{Fe}^{2+}$	10,3	6,3
2	$\text{Fe}^{3+}$	93,8	38,4
3	$\text{Zn}^{2+}$	7,5	5,4
4	$\text{Cr}^{3+}$	34,3	13,3
5	$\text{Cd}^{2+}$	1,6	1,6
	Сумма катионов	147,5	65,3
6	$\text{PO}_4^{3-}$	23,8	16,6
7	$\text{OH}^-$	123,7	46,3
	Сумма анионов	147,5	62,9

При обработке хромосодержащих сточных вод солями серной кислоты протекают следующие химические реакции:



В обеих реакциях участвуют ионы водорода, концентрация которых в растворе снижается, т. е. происходит некоторый рост величины  $\text{pH}$  обработанной воды. В таблице 2 представлено количество ионов, вносимых в городскую канализацию.

**Таблица 2 – Сумма катионов и анионов, вносимых в городскую канализацию**

№ п/п	Наименование	Масса катионов и анионов	
		г-экв/сутки	кг/месяц
1	$\text{Fe}^{2+}$	9,3	5,3
2	$\text{Fe}^{3+}$	51,7	21,2
3	$\text{Zn}^{2+}$	6,5	4,7
4	$\text{Cr}^{3+}$	27,9	10,6
5	$\text{Cd}^{2+}$	1,0	1,2
	Сумма катионов	96,4	43,0
6	$\text{PO}_4^{3-}$	23,8	16,6
7	$\text{OH}^-$	73,6	27,5
	Сумма анионов	97,4	44,1

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что вынос загрязняющих веществ в городскую канализацию с очищенными сточными

водами приводит к определенному снижению массы образовавшегося осадка гальванического производства.

### Список литературы

1 **Гиляров, А. М.** Экология биосферы / А. М. Гиляров. – М. : Из-во МГУ им. М. В. Ломоносова, 2018. – 158 с.

2 **Радион, Е. В.** Физико-химические методы анализа. Лабораторный практикум : учеб.-метод. пособие / Е. В. Радион, А. Е. Соколовский, Н. А. Коваленко. – Минск : БГТУ, 2010. – 108 с.

УДК 692.239:620.92

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ ОБОГРЕВА ФУНДАМЕНТА ПО ТИПУ «УТЕПЛЕННАЯ ШВЕДСКАЯ ПЛИТА»

*А. В. ЛЕМЕШЕВСКАЯ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
lina.lemeshewska@gmail.com*

**Актуальность.** Проблема энергоэффективности отопления частных домов заключается в высоких затратах на энергоресурсы и значительном углеродном следе, обусловленном использованием традиционных систем отопления (газ, электричество, твердое топливо). Низкая теплоизоляция зданий, устаревшее оборудование и неэффективные системы управления климатом приводят к значительным потерям тепла, увеличивая счета за отопление и негативно влияя на окружающую среду. Кроме того, зависимость от невозобновляемых источников энергии создает риски, связанные с колебаниями цен и энергетической безопасностью.

Альтернативные источники энергии предлагают ряд преимуществ перед традиционными ископаемыми видами топлива. В частности, солнечные батареи обладают следующими достоинствами: экологическая чистота, экономическая эффективность (в долгосрочной перспективе), независимость от централизованных энергосетей, низкие эксплуатационные расходы, расширяемость системы, доступность ресурса. В сравнении с другими альтернативными источниками энергии солнечные батареи отличаются относительной простотой установки и эксплуатации, а также широкой доступностью технологий и оборудования.

**Цель работы** – анализ целесообразности использования солнечных батарей и возможности комбинирования с фундаментом утепленная шведская плита.