

- Отработанная биологическая пленка, выносимая из инертного заполнителя, обладает лучшими седиментационными свойствами, чем АИ аэротенка, что позволяет во вторичных отстойниках задерживать большее количество взвешенных веществ.
- Таким образом, на основании анализа экспериментальных исследований по применению загрузки производства ООО «Гефлис», можно сделать следующие выводы:
- Малый диаметр волокон полимерного носителя (50-80 мкм), его высокая пористость и размер пор, сравнимый с размерами хлопков АИ, создают благоприятные условия для их удержания.
- Применение полимерной загрузки позволяет увеличить дозу ила в аэротенке и тем самым увеличить окислительную способность самого аэротенка.
- В иммобилизованном иле присутствуют типичные для аэротенков виды микроорганизмов. В то же время, прикрепленный биоценоз АИ более устойчив к изменению расхода сточных вод и колебанию концентраций загрязняющих веществ.
- Применение загрузки увеличивает возраст ила и тем самым уменьшает вынос взвешенных веществ.
- Величина возраста ила обратно пропорциональна скорости прироста ила. Старые хлопья менее активны, но хорошо оседают. По мере того, как хлопья растут и стареют, они в большей степени состоят из мертвых клеток и аккумулированных инертных частиц.
- Хлопья ила по мере их старения увеличиваются в размере (удельный вес возрастает), лучше сорбируют загрязнения, лучше защищены биополимерным телом от токсикантов, лучше отделяются от очищенной воды при отстаивании.
- Использование в аэротенках носителей для иммобилизации биомассы снижает риск развития нитчатого вслухания.
- Загрузочный материал позволяет закрепить на поверхности этих носителей нитчатые бактерии, обладающие хорошей способностью прикрепляться к различным поверхностям и высокой окислительной способностью. Бактерии не попадают с иловой смесью во вторичные отстойники.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Яковлев, С.В. Водоотведение и очистка сточных вод [Текст]: учебник для вузов / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – М.: АСВ, 2002 – 704 с. – 4000 экз. – ISBN 5-93093-119-4.
2. Яковлев, С.В. Биохимические процессы в очистке сточных вод [Текст] / С.В. Яковлев, Т.А. Карюхина. – М.: Стройиздат, 1980 – 200 с. ил. – 10000 экз. – (Охрана окружающей среды).
3. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками [Текст] / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с. – 2000 экз. – ISBN 5-901652-05-3.
4. Ручай, Н.С. Экологическая биотехнология [Текст]: учеб. пособие для студентов специальности «Биотехнология» / Н.С. Ручай, Р.М. Маржевич. – Минск: БГТУ, 2006. – 312 с.: цв. ил. – 150 экз. – ISBN 985-434-657-9.
5. Пат. 007088 Евразийский, МПК С 02 F 3/10. Носитель биомассы фильтров для биологической очистки сточных вод [Текст] / Н.Е. Савицкий, В.Л. Лисицын, А.Г. Кравцов; заявитель ООО «ПОЛИМЕР» / Заявл. 30.03.05; опубл. 30.06.06 – 4 с.

Материал поступил в редакцию 18.06.2016

RODENKO A.V. Use of the polymeric carrier of biomass on constructions of biological sewage treatment

This article considers the possibility of intensification of the biological treatment process on wastewater treatment facilities due to the introduction of the bioblock.

The results of researches of the activated sludge localized on the polymeric carrier are presented.

It is shown that the introduction of polymer bioblock can be successfully applied in the aeration tanks for immobilizing activated sludge microorganisms.

УДК 628.162

Романовский В.И., Лихавицкий В.В., Клебеко П.А., Куличик Д.М.

ОЧИСТКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ЖЕЛЕЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АНТРАЦИТОВ

Введение. Для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Республики Беларусь в основном используется вода подземных источников, которая имеет несколько повышенную минерализацию, повышенное содержание железа и марганца, высокие бактериологические показатели [1]. Повышенное содержание железа в воде помимо негативного воздействия на организм человека вызывает зарастание водопроводных сетей и водоразборной арматуры, является причиной брака в текстильной, бумажной, пищевой и других отраслях промышленности.

На сегодняшний день разработан широкий ряд технологий водоподготовки. В каждом случае необходимо рассмотрение наиболее эффективных и экономичных способов, что позволит снизить себестоимость самой воды и выпускаемой продукции. Для этого нужно проводить мероприятия по оптимизации существующих процессов и технологий водоподготовки, а также разрабатывать новые направления

в решении этих проблем. Одним из актуальных направлений решения является поиск новых материалов, обладающих большей селективностью и каталитической активностью к извлечению ионов железа и марганца. Отдельную перспективу и интерес в данном направлении представляет создание малогабаритных установок очистки подземных вод от железа и марганца, а также обеззараживания воды.

Основным элементом станции обезжелезивания является фильтр обезжелезивания. В качестве загрузки могут использоваться кварцевый песок, дробленый керамзит, активированный уголь, антрацит, песок, гранитный щебень. В ряде литературных источников [2–5] приведен анализ использования альтернативных материалов загрузки.

В процессе технологических изысканий в полупроизводственных условиях непосредственно у источника водоснабжения согласно [6] должны быть установлены:

- метод и состав необходимых сооружений;

Романовский В.И., к.т.н., старший преподаватель кафедры промышленной экологии Белорусского государственного технологического университета.

Лихавицкий В.В., ассистент кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники Белорусского государственного технологического университета.

Куличик Д.М., студент кафедры промышленной экологии Белорусского государственного технологического университета. Беларусь, 220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13а.

Клебеко П.А., аспирант РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов». Беларусь, 220086, г. Минск, ул. Славинского, 1, корпус 2.

- способ аэрации;
- вид фильтрующей загрузки, размер зерен материала загрузки и эффективный диаметр;
- высота слоя загрузки;
- скорость фильтрования;
- продолжительность фильтроцикла;
- длительность периода вработки фильтрующей загрузки;
- вид промывки, ее скорость и продолжительность;
- потери давления при фильтровании;
- свойства шламодержащих промывных вод и осадка

Цель данной работы – получение модифицированных сталитических загрузок фильтров обезжелезивания и анализ эффективности их работы.

При выполнении работы использовались антрациты, покрытые оксидами железа и марганца. Синтез оксидного каталитического покрытия на поверхности кускового антрацита фракции производился методом экзотермического горения в водных растворах (SCS) [7–10] стехиометрических смесей нитратов железа или марганца и соответствующего восстановителя: лимонной кислоты для синтеза Fe_2O_3 , глицина – для Mn_2O_3 . Соотношение восстановителя к окислителю $\phi = 1,5$. Исходные компоненты растворялись в дистиллированной воде, после чего в полученные растворы при постоянном перемешивании медленно приливался аммиак до получения pH раствора 5,5–6. Растворы при постоянном перемешивании переносились в термостойкие стаканы, содержащие кусковой антрацит, так, чтобы слой раствора покрывал антрацит на 1–2 мм. Затем стаканы с раствором и антрацитом помещались в печь и подогревались для быстрого удаления воды. Синтез оксидного покрытия производился двумя способами. В первом случае синтез вели в микроволновой печи, подогревая образцы до окончания реакции экзотермического синтеза. Во втором случае образцы с антрацитом, покрытым высушенными гелями прекурсоров, помещались в предварительно разогретую до 600°C муфельную печь. В обоих случаях после реакции горения антрацит приобретал темную или темно-коричневую окраску. Далее антрацит просеивали, промывали проточной водой и высушивали.

Морфологию и элементный состав поверхности образцов исследовали методом EDX на сканирующем электронном микроскопе EDXSM – 5610LV (Япония), оснащенный системой химического рентгеноспектрального анализа JED22-01 с точностью до 0,5%.

- В результате были получены следующие образцы:
- образец 1 – исходный антрацит (эксплуатируемый);
 - образец 2 – антрацит с осажденными оксидами железа и алюминия;
 - образец 3, 4 – антрацит с осажденными оксидами железа в муфельной печи;
 - образец 5, 6 – антрацит с осажденными оксидами железа в СВЧ-печи;
 - образец 7 – антрацит с осажденными оксидами марганца.

Элементный состав поверхности полученных материалов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание элементов на поверхности полученных образцов, %

Элемент	Образец						
	0	1	2	3	4	5	6
C	9,20	39,90	11,38	24,55	22,64	19,90	34,59
O	0,89	10,46	33,56	5,53	9,09	9,93	8,64
Fe	0,74	12,75	1,13	3,17	6,68	6,58	7,96
Mn	0,70	11,50	51,24	61,90	52,30	51,10	35,52
Al	–	15,25	0,88	1,24	2,26	–	2,32
Si	–	–	–	–	–	–	–

Исходный антрацит имеет размеры зерен 1,25–3,15 мм, коэффициент неоднородности равен 1,5, не содержит на своей поверхности железа, однако в процессе эксплуатации содержание железа на поверхности исходного антрацита составляет около 11% (образец 1). Из таблицы 1 видно, что обработка в СВЧ-печи приводит к

снижению содержания железа на поверхности на 10,8% (образец 3 к образцу 5) и 16,8% (образец 4 к образцу 6).

Структура поверхности эксплуатируемого антрацита (образец 1) и покрытого оксидом железа (образец 4) показаны на микрофотографиях (рис. 1). При обработке антрацитов в СВЧ-печи получаемые структуры оксида железа на поверхности антрацита до 100 раз меньше в сравнении с получаемыми в муфельной печи.

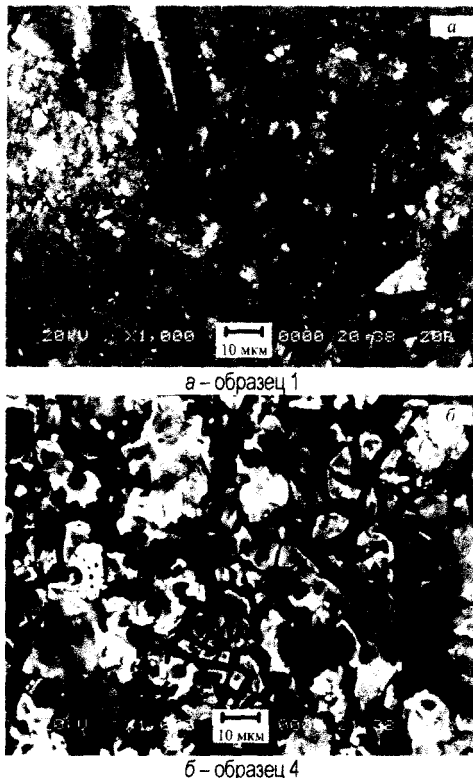


Рисунок 1 – Поверхности полученных образцов при увеличении в 1000 раз

Испытания обезжелезивания подземных вод с использованием модифицированных загрузок были проведены на станции обезжелезивания Луинецкий КУП ВКХ «Водоканал». Испытания проводились на модельной установке (рис. 2), расположенной в здании фильтров обезжелезивания и представляющей собой колонки диаметром 20 мм и высотой 1,7 м. Высота загрузки составляла: 0,5 м верхний каталитический слой и 1,0 м нижний фильтрующий слой (кварцевый песок). В качестве каталитических загрузок использовались образцы модифицированных антрацитов 1, 5, 6 и 7.

Вода, подающаяся в установку на фильтрование, аэрировалась в градирне с хордовой насадкой. Установленная начальная скорость фильтрования составляла 12,0 м/ч [6]. Время фильтроцикла составляло 100 часов.

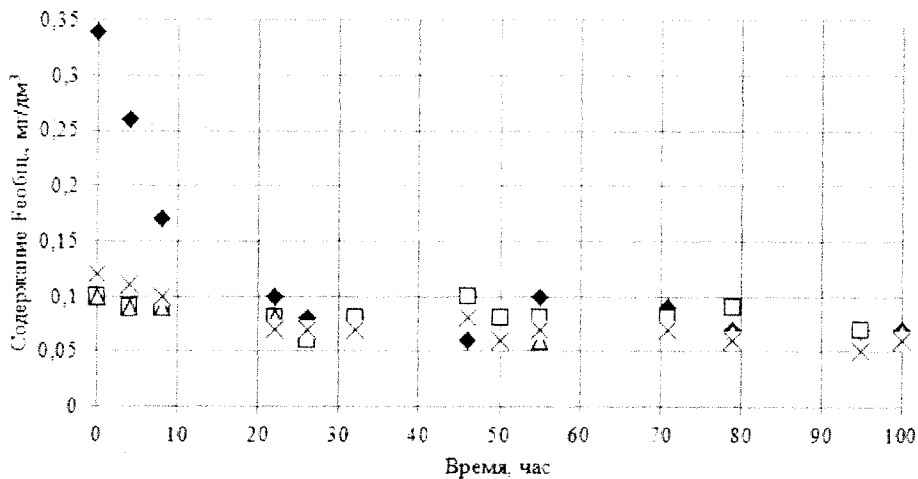
Анализ состава воды проводился в аккредитованной лаборатории Луинецкий КУП ВКХ «Водоканал» по следующим показателям: железо общее, железо (III), pH.

Для определения общего железа использовалась методика по ГОСТ 4011-72. Метод определения общего железа основан на взаимодействии в сильнокислой среде окисленного железа и роданида с образованием окрашенного комплексного соединения. Чувствительность метода 0,01–0,03 мг/дм³.

Метод определения железа (III) основан на том, что сульфосалициловая кислота или ее натриевая соль образует с солями железа окрашенные комплексные соединения (МВИ № 2.1.10.2., 2.2.16.1). Чувствительность метода 0,1 мг/дм³.

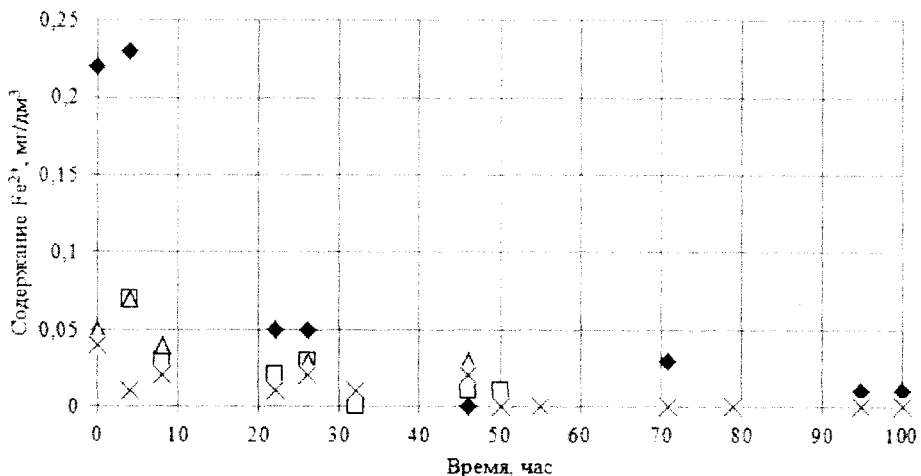
Определение содержания железа (II) проводили по разнице значений, полученных при определении железа общего и железа (III).

Определение pH проводили согласно СТБ ISO 10523-2009.



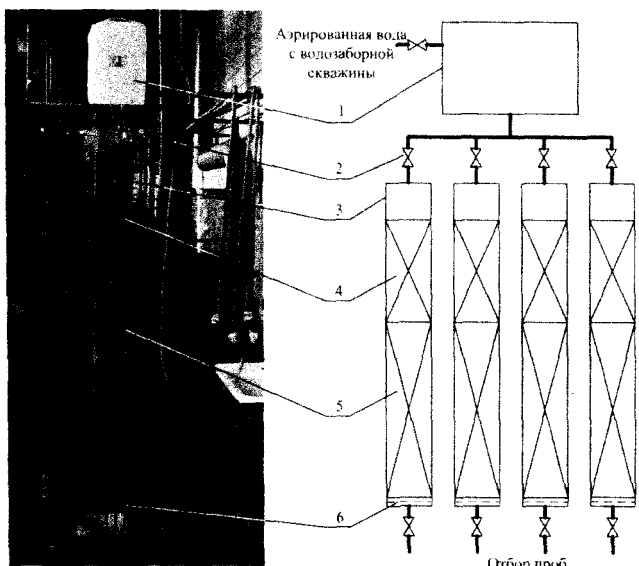
◆ Образец 1 □ Образец 5 △ Образец 6 × Образец 7

Рисунок 3 – Остаточное содержание Fe_{общ}, мг/дм³ в фильтрате



◆ Образец 1 □ Образец 5 △ Образец 6 × Образец 7

Рисунок 4 – Остаточное содержание Fe²⁺, мг/дм³ в фильтрате



1 – емкость, 2 – вентиль регулирующий, 3 – колонка, 4 – каталитический слой, 0,5 м, 5 – фильтрующий слой, 1,0 м, 6 – сетка

Рисунок 2 – Схема установки

На рисунке 3 представлены данные остаточного содержания Fe_{общ} в фильтрате. Однако, как известно, эффективность работы каталитической загрузки определяется по остаточному содержанию Fe²⁺ в фильтрате (рис. 4).

На основании полученных экспериментальных данных были построены уравнения регрессии, описывающее зависимость содержания железа общего в фильтрате (C(Fe_{общ}), мг/дм³) и содержания железа двухвалентного в фильтрате (C(Fe²⁺), мг/дм³) от времени фильтрования (T, час) и содержания железа на поверхности модифицированного антрацита (u_{Fe}, %) – уравнение (1). Уравнение построены для следующего интервала значений: T = 0–100 часе u_{Fe} = 11,5–51,1%.

$$C(Fe_{общ}) = 0,4508 - 0,01808 \cdot T - 0,01374 \cdot u_{Fe} + 0,0002567 \cdot T^2 + 0,0002494 \cdot T \cdot u_{Fe} + 0,0001342 \cdot u_{Fe}^2 \quad (1)$$

где T – время работы фильтра, час;

u_{Fe} – содержание железа на поверхности модифицированного антрацита, %.

Коэффициент корреляции полученной модели составляет 0,932.

$$C(Fe^{2+}) = 0,3086 - 0,0167 \cdot T - 0,009306 \cdot u_{Fe} + 0,0002924 \cdot T^2 + 0,0001792 \cdot T \cdot u_{Fe} + 0,00008802 \cdot u_{Fe}^2 \quad (2)$$

Коэффициент корреляции полученной модели составляет 0,715.

Заключение. Полученные результаты испытаний свидетельствуют о том, что:

- при использовании образцов антрацитов 5 и 6, покрытых оксидами железа, остаточная концентрация $Fe_{общ}$ в первых порциях фильтрата в 3,4 раза меньше, чем при использовании исходного антрацита (образец 1);
- при использовании образца 7, покрытого оксидами марганца остаточная концентрация $Fe_{общ}$ в первых порциях фильтрата в 2,8 раза меньше, чем при использовании исходного антрацита (образец 1);
- зарядка поверхности исходного антрацита (образец 1) происходит через 6 часов после включения фильтра в работу, в то время как модифицированные антрациты обеспечивают высокую эффективность в первых порциях воды;
- при увеличении содержания железа на поверхности с 11 до 35% приводит к увеличению эффективности окисления Fe^{2+} до Fe^{3+} до 20%, дальнейшее же увеличение содержания железа до 52% приводит к увеличению эффективности окисления Fe^{2+} до Fe^{3+} всего на 2%;
- снижение установленной скорости фильтрования (12,5 м/ч) на 50% происходило по прошествии 54 часов работы фильтра, через 100 часов скорость фильтрации снизилась до 0,5 м/ч

Таким образом, использование полученных материалов позволит существенно снизить объем (высоту слоя) используемой загрузки и повысить эффективность очистки при первом запуске фильтров после регенерации, при условии положительного экономического обоснования получения и использования.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2012 год) / Минприроды Республики Беларусь, Минздрав Республики Беларусь. – Минск, 2012. – 40 с.
2. Barłoková, D. Removal of Iron and Manganese from Water Using Filtration by Natural Materials / D. Barłoková, J. Ilavský // Polish J. of Environ. Stud. – Vol. 19. – No. 6. – 2010. – P. 1117–1122.
3. Ilavský, J. Chémia vody a hydrobiológia / J. Ilavský, D. Barłoková, F. Biskupič. – STU Bratislava, 2008. – P. 303.
4. Barłoková, D. Natural Zeolites in Water Treatment / D. Barłoková, J. Ilavský // Vodní hospodářství. – № 6. – 2007. – P. 213.
5. Doula, M.K. Removal of Mn²⁺ Ions from Drinking Water by Using Clinoptilolite and Clinoptilolite-Fe Oxide System // Water Research. – №40(17). – 2006. – P. 3167.
6. Сооружения водоподготовки. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-31-2009 Введ. 06.07.2009. – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2009. – 63 с.
7. Patil, K.C. Solution combustion synthesis of nanoscale oxides and their composites / K.C. Patil, T. Mimani // Mater. Phys. Mech. – № 4. – 2001. – P. 134–137.
8. Patil, K. Combustion synthesis / K. Patil, S. Aruna, S. Ekambaram // Curr. Opin. Solid State Mater. Sci. – 1997. – № 2. – P. 158.
9. Patil, K. Combustion synthesis: an update / K. Patil, S. Aruna, T. Mimani // Curr. Opin. Sol. State Mater. Sci. – 2002. – № 6. – P. 507.
10. Mukasyan, A.S. Combustion synthesis and nanomaterials / A.S. Mukasyan, P. Epstein, P. Dinka // Proc. Combust. Inst. – 2007. – № 31. – P. 1789–1795.

Материал поступил в редакцию 26.02.2016

ROMANOVSKY V.I., LIKHAVITSKY V.V., KLEBEKO P.A., KULICHIK D.M. Purification of underground waters of iron with use of the modified anthracites

The structure and properties of the modified anthracites by oxides of iron and the manganese received by method of exothermic burning are presented in article. Results of the comparative analysis of the received materials in comparison with initial anthracites for purification of underground waters of iron and manganese are presented.

УДК 504.064.47:621.357.7

Чепрасова В.И., Залыгина О.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПИГМЕНТОВ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ МЕДНЕНИЯ И НИКЕЛИРОВАНИЯ

Введение. Гальваническое производство является одним из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды вследствие образования большого объема сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов, неорганические кислоты и щелочи, поверхностно-активные и другие вещества. Среди данных соединений наиболее опасными являются ионы тяжелых металлов, которые содержатся как в промывных водах, так и в отработанных электролитах.

В машиностроении широкое распространение получили такие покрытия, как никелевое и медное. Никелирование используется не только для декоративных целей, но и в химической промышленности для защиты рабочих поверхностей оборудования от воздействия агрессивных сред, а также для повышения износостойкости деталей. Основным компонентом никелевых электролитов является сульфат или хлорид никеля. Для повышения электропроводности в электролит иногда вводят сульфат натрия или калия. Важным компонентом этого электролита является также борная кислота, которая выполняет роль буферной добавки, поддерживающей постоянную кислотность электролита. Для предупреждения

пассивирования анодов в никелевый электролит вводят активаторы – ионы хлора в виде солей NaCl, KCl [1, 2]. На ОАО «Минский тракторный завод» применяется никелевый электролит следующего состава: $NiSO_4$ 155–175 г/л, H_2BO_3 35–40 г/л, NaCl 8–15 г/л, добавки 0,5–6 г/л; на ОАО «Экран» (г. Борисов): $NiSO_4$ 120–140 г/л, H_2BO_3 20–30 г/л, NaCl 5–10 г/л, $MgSO_4$ 10–30 г/л, Na_2SO_4 50–100 г/л, добавки 0,5–3 г/л.

Медные покрытия обычно не применяются как самостоятельные ни для защиты стальных деталей от коррозии, ни для декоративных целей вследствие их химических и электрохимических свойств. Медь в атмосферных условиях быстро окисляется, образуя на поверхности оксиды и основные соли. Вследствие этого медные покрытия рекомендуется использовать в качестве подслоя при никелировании и хромировании, что очень важно для экономии дорогих и дефицитных металлов. Электролиты меднения делятся на два основных типа: кислые и щелочные. Наиболее широкое использование в промышленности имеют серноокислые электролиты, которые дешевы, просты по составу, устойчивы при работе и допускают высокие плотности тока. Обычно применяют серноокислый электролит

Чепрасова В.И., аспирант кафедры промышленной экологии Белорусского государственного технологического университета.

Залыгина О.С., к.т.н., доцент, доцент кафедры промышленной экологии Белорусского государственного технологического университета.

Минск, 220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13а.