

УДК 629.3

DOI: 10.46548/21vek-2021-1055-0031

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

© 2021

Виноградов Олег Станиславович, кандидат технических наук,
заведующий кафедрой "Защита в чрезвычайных ситуациях"

Виноградова Наталья Александровна, кандидат технических наук,
заведующий кафедрой "Гуманитарные дисциплины"

Завалин Владимир Викторович, магистрант

Ульянов Алексей Алексеевич, магистрант

Пензенский казачий институт технологий (филиал)

*Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет)*

(440026, Россия, г. Пенза, улица Володарского, д. 6,

e-mails: fox-bbs@mail.ru, woinova53@mail.ru, rimulka058@yandex.ru)

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению вопросов повышения техносферной безопасности для производств, производящих нанесение металлических покрытий методом электролиза. Электрохимические цеха используют большое количество солей металлов, которые попадают в сточные воды. Объем стоков у таких производств очень велик из-за большого количества различных промывных операций. Снизить количество сточных вод, при этом существенно уменьшив их токсичность, можно применив рекомендации, приведенные в статье. Так, возможен подбор электролитов с невысоким коэффициентом экологической опасности, а применение определённого сочетания промывного и улавливающего оборудования позволит снизить общий объем сточных вод и поможет организовать замкнутый водооборотный цикл. Кроме того, извлеченные из стоков компоненты можно вернуть обратно в технологический цикл при помощи локальных систем очистки, которые устанавливаются на технологической линии, не допуская смешивания потоков. В статье приводится описание компьютерной программы, облегчающей выбор наименее опасной композиции технологических растворов и подбор оптимальной системы промывки с минимизацией сточных вод. Применение программного обеспечения позволяет минимизировать затраты на модернизацию электрохимических цехов, т.к. показывает возможность использования уже имеющегося оборудования в комплекте с вновь приобретаемым. Переход производства на экологически чистый путь развития сопряжен с финансовыми затратами, поэтому любая возможность экономии чрезвычайно важна. Рассматриваемое программное обеспечение дает возможность выбора оптимальных вариантов с точки зрения экологии, а задача человека, используя эти данные, создать экономически обоснованный и безопасный производственный процесс.

Ключевые слова: техносферная безопасность, коэффициент экологической опасности, электрохимическое производство, сточные воды, программное обеспечение, металлические покрытия, токсичность.

WAYS TO IMPROVE THE TECHNOSPHERE SAFETY OF ELECTROCHEMICAL INDUSTRIES

© 2021

Vinogradov Oleg Stanislavovich, candidate of technical sciences,
head of the Department "Protection in Emergency Situations"

Vinogradova Natalia Alexandrovna, candidate of technical sciences, head of the Department of "Humanities"

Zavalin Vladimir Viktorovich, undergraduate

Ulyanov Alexey Alekseevich, undergraduate

PKIT (f) of the Moscow State Technical University named after V. G. Razumovsky (First Cossack University)

(6 Volodarsky Street, Penza, 440026, Russia,

e-mails: fox-bbs@mail.ru, woinova53@mail.ru, rimulka058@yandex.ru)

Abstract. The article is devoted to the consideration of the issues of improving technosphere safety for industries producing metal coating by electrolysis. Electrochemical plants use a large amount of metal salts that end up in wastewater. The volume of effluent from such industries is very large due to the large number of different washing operations. To reduce the amount of wastewater, while significantly reducing its toxicity, you can apply the recommendations given in the article. So, it is possible to select electrolytes with low environmental hazard coefficients, and the use of a certain combination of washing and trapping equipment will reduce the total volume of wastewater and help organize a closed water circulation cycle. In addition, the components recovered from the effluents can be returned back to the process cycle using local treatment systems that are installed on the process line, preventing mixing of the streams. The article describes a computer program that facilitates the selection of the least hazardous composition of technological solutions and the selection of the optimal flushing system with minimization of wastewater. The use of software allows you to minimize the cost of upgrading electrochemical shops, because shows the possibility of using existing equipment in a set with a newly purchased one. The transition of production to an environmentally friendly development path is associated

with financial costs, so any opportunity for savings is extremely important. The software under consideration makes it possible to select the optimal options from the point of view of ecology, and the human task, using this data, is to create an economically sound and safe production process.

Keywords: technosphere safety, environmental hazard coefficient, electrochemical production, waste water, software, metal coatings, toxicity.

Введение. Электрохимические производства, с позиций техносферной безопасности, представляют реальную опасность окружающей среде не только в случае аварийных ситуаций, но и при обычном сливе стоков на городские очистные сооружения. Несмотря на старания, прилагаемые на стадиях заводской очистки, в стоках продолжают присутствовать растворимые соли и органические включения [1-4]. Основными причинами этому являются методы, применяемые для нейтрализации стоков, и, конечно, сами технологические процессы, производящие огромное количество загрязненной воды.

Риск возникновения чрезвычайной ситуации в промышленных условиях, в связи с износом оборудования и низкой квалификацией сотрудников, довольно высок [5-6], а в условиях использования высококонцентрированных растворов электролитов повышается вероятность еще и химического поражения работающих, поэтому необходимо изучать и внедрять способы снижения техносферной опасности.

Рассматривая возможность снижения уровня влияния на окружающую среду можно выделить три направления: снижение объема стоков, применение локальных методов очистки, позволяющих производить рекуперацию солей металлов с возвратом их в технологический цикл, а также применение наименее опасных композиций растворов. Внедрение каждого из направлений связано с внесением серьезных изменений в структуру технологических процессов и требует внимательного отношения к каждой конкретной производственной линии.

На основании особенностей технологического процесса нанесения металлического покрытия из того или иного электролита можно подобрать оптимальный вариант минимизации сточных вод и организовать максимально возможный замкнутый водооборотный цикл.

Целью работы является определение путей сокращения негативного влияния электрохимических производств на техносферу и окружающую среду в целом.

Материалы и результаты исследований. Для осуществления перевода электрохимических производств на экологически чистый путь развития необходимо пересмотреть существующие технологические процессы и используя материалы новейших исследований скорректировать процессы. Точнее, даже не сами процессы, а ряд условий их осуществления.

Первым условием является возможность применения наименее опасных, с экологической точки зрения, композиций технологических растворов и электролитов для электроосаждения металлов и сплавов. При этом необходимо руководствоваться методикой оцен-

ки экологической опасности как отдельных компонентов, так и совместной опасностью всего раствора. В настоящее время практически по каждому виду металлических покрытий существует довольно большой список составов растворов для электроосаждения. При этом, составы электролитов сильно отличаются как по производительности, так и по входящим в них вспомогательным веществам (комплексообразователям, компоненты, повышающие электропроводность и рассеивающую способность растворов и т.д.).

Для каждого вида покрываемых изделий необходимо учитывать условия их эксплуатации и, согласно предъявляемым к ним требованиям, подбирать соответствующее покрытие металлом или сплавом. Возможность выбора не ограничивается только металлическими покрытиями, можно рассмотреть возможность введения полимерных добавок и т.д. Безусловно, такие задачи должны решаться при заключении договора на осуществление покрытия. Поэтому здесь важным условием является компетентность персонала предприятия. Если же вид покрытия определен изначально, то перед производителями стоит не менее сложная задача по подбору растворов для проведения всех операций. Конечно, можно поступить проще и, используя годами проверенные технологические растворы, осуществить процесс по-старинке. Только вот про экологическую безопасность такого способа можно будет забыть. На протяжении последних десятилетий, электрохимические производства как раз из-за такого подхода и являются одними из самых неблагоприятных с точки зрения техносферной безопасности. Именно они служат одними из главных поставщиков ионов различных металлов в наши водоемы.

Рассматривая возможность замены технологических растворов на наименее токсичные композиции, необходимо обладать определенным запасом (базой) информации. Поэтому, здесь проще использовать компьютерные программы по выбору типа электролита в зависимости от вида покрытия. Таким подспорьем может служить программное обеспечение, представленное на рисунке 1. Здесь программа предлагает с учетом вида наносимого металла или сплава произвести выбор технологического раствора для его нанесения, при этом учитывается толщина требуемого покрытия, требования к внешнему виду (блестящее, полублестящее или матовое), требования по скорости электроосаждения, коэффициент экологической опасности раствора в целом.

Вторым условием является создание максимально замкнутых водооборотных циклов. В связи с тем, что электрохимические цеха сбрасывают большое количество сильно загрязненных стоков, необходимо предусмотреть возможность их регенерации или реку-

перации. Уже имеется положительный опыт внедрения определенной последовательности промывных и улавливающих операций, позволяющих значительно сократить объем стоков. Однако, для каждой технологической линии приходится просчитывать большое количество возможных комбинаций установки соответствующего оборудования (каскадного (КП), бескаскадного (П) методов промывки горячей или холодной водой, учитывать установку одного или нескольких уловителей (У), порядок промывки и т.д.). Целесообразнее поручить вычислительные операции компьютеру [7-9]. Вводя данные по производительности

линии (F), коэффициенту уноса (q), начальной и желаемой концентрации основной соли (C_o, C_n) можно рассчитать объем воды при различных комбинациях промывного и улавливающего оборудования (рис. 2).

Однако, удобнее объединить указанные вычисления в одну программу, добавив при этом возможность обмена ранее полученными данными по составу электролитов.

Таким образом, в той же программе, где и был осуществлен выбор технологического электролита будет произведен расчет выбора схемы промывки с учетом возможности установки уловителей (рис. 3).

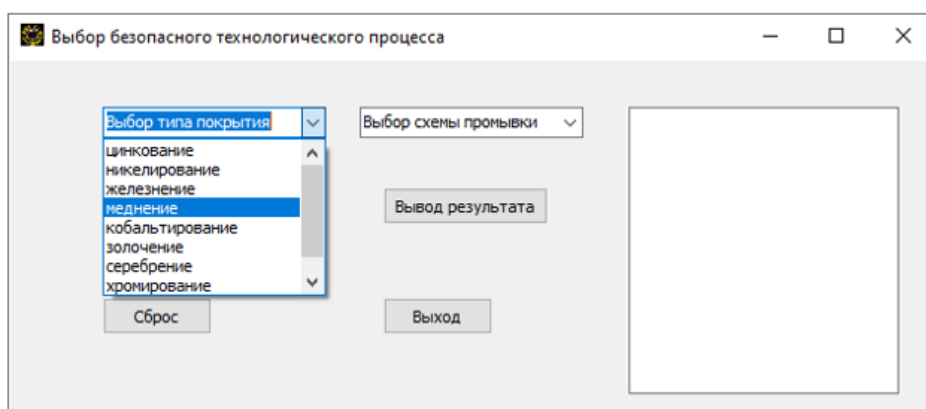


Рисунок 1 – Интерфейс программы с выбором типа покрытия



Рисунок 2 – Интерфейс программы по расчету расхода воды на промывку

Программа сама подберет наиболее подходящие варианты с учетом минимизации стоков. Однако, выбор все равно остается за человеком, ведь программа не учитывает экономические затраты на установку оборудования или закупку того или иного состава электролита. Поэтому программа не дает единственное решение, она предлагает выбор вариантов. Но это именно экологически оправданные варианты! И, за-

частую, этого вполне достаточно, чтобы значительно снизить экологическую опасность от электрохимического цеха за счет снижения общего объема стоков или возможности организации замкнутого водооборотного цикла.

Несмотря на положительные результаты внедрения комбинаций промывного и улавливающего оборудования на стадиях нанесения покрытий элек-

трохимическим способом, остается проблема со стоками с других операций и частью загрязненной воды, которую не удастся вернуть в технологический цикл. Здесь нужны серьезные очистные системы. Это третье условие перевода цехов на экологически чистый

путь развития. В связи с тем, что стоки от одной технологической линии обладают определенным набором компонентов, их можно улавливать, обеззараживать и утилизировать. Для этого можно использовать локальную очистку.

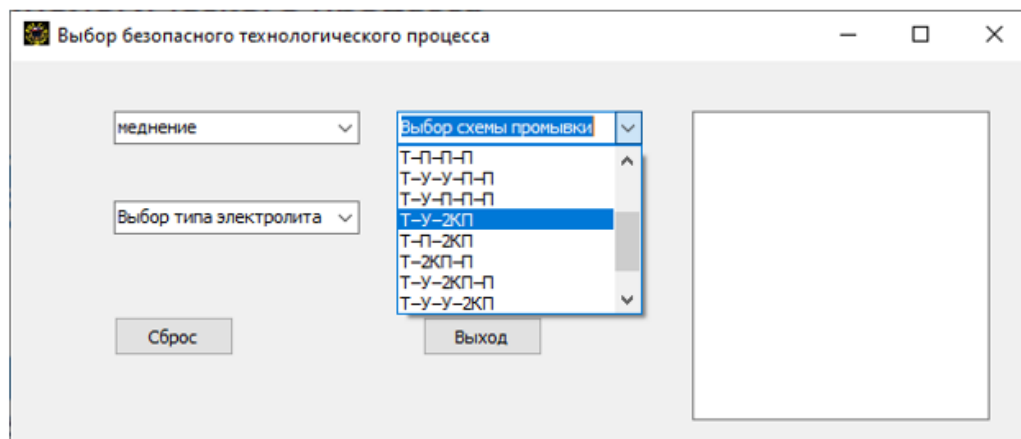


Рисунок 3 – Интерфейс программы с выбором схемы промывки

Безусловно, установка локальных очистных систем у каждой линии задача не из дешевых, однако, все зависит от того, что именно мы можем извлечь из стоков и каким образом это утилизировать. К примеру, цветные металлы вполне можно восстановить и использовать повторно, снижая тем самым стоимость очистки стоков.

В любом случае, возможность повторного использования ценных компонентов, попавших в сточную воду, гораздо экологичнее, чем существующая в настоящее время практика применения реагентной системы очистки. При такой системе происходит первоначальное смешение всех видов стоков (за исключением цианистых, роданистых и определенных хромосодержащих), добавление реагентов, вызывающих осаждение металлов в виде гидроксидов или карбонатов, их отделение (чаще фильтрованием) и вывоз на полигон для захоронения. В итоге, мы имеем большой объем загрязненной воды, которую нельзя использовать в технологических процессах из-за высокого содержания тонких взвесей и остаточного соледержания, да и осадок, который вывозится на полигон, не пригоден для переработки, т.к. извлекать из него отдельные виды металлов экономически нецелесообразно. При такой системе очистки происходит вторичное загрязнение стоков самими реагентами, флокулянтами (для ускорения отстаивания), а также щелочами и кислотами (для доведения необходимой величины кислотности). Но, к сожалению, именно такой способ очистки сточных вод гальванических производств сейчас является самым распространенным из-за своей низкой себестоимости.

В качестве локальной системы очистки можно рекомендовать системы электрофлотации, мембранной очистки, электролиза, выпаривания и другие, наиболее подходящие под конкретный технологический процесс [10-12]. Основным критерием выбора здесь будет являться экономическая и производственная

целесообразность. При этом, установки локальной очистки позволят с максимальной пользой извлекать все ценное, что ранее просто выбрасывалось, но при этом их использование ограничено финансовыми затратами на установку и обслуживание. Поэтому подходить к выбору конкретной системы надо крайне внимательно.

Электрохимические производства сейчас являются крайне востребованными в связи с бурным развитием высокотехнологичной техники, поэтому заниматься вопросами техносферной безопасности надо уже с этапов создания самих цехов гальванопокрытий и металлизации плат печатного монтажа. Проектируя каждый технологический участок надо обращать внимание на возможность установки локальных систем очистки с целью создания замкнутых систем водопотребления и рекуперации ценных компонентов растворов. Грамотно выбранная установка локальных систем очистки на каждой технологической линии может оказаться намного эффективнее общезаводских систем, поэтому ее подбор поможет и сэкономить на закупке сырья и воды, а также снизить нагрузку на очистные сооружения.

Работа, направленная на снижение техносферной опасности электрохимических производств, не ограничивается стенами предприятий, она должна быть поддержана на государственном уровне. Такой подход позволит решить финансовые вопросы перевооружения действующих предприятий и снизить угрозы экологического характера для прилегающих территорий.

Заключение. В заключении можно сказать, что применение различных способов снижения техносферной опасности электрохимических производств не ограничивается вышеперечисленными, ведь можно применить ряд дорогостоящих методов очистки сточных вод и с легкостью очищать стоки до требований ПДК, и ниже. К примеру, комбинации адсорбционного и ионообменных методов дают удивительные резуль-

таты, вот только стоимость такой очистки зачастую дает такую прибавку к себестоимости продукции, что производителями просто не рассматривается как вариант.

Применение компьютерной программы для работы по выбору наиболее экологичного пути производства — это простой и удобный путь. Однако, база данных такой программы должна постоянно обновляться, не только с учетом выхода новых перспективных растворов, но и с учетом новых знаний по экологической опасности веществ. Работа над вопросами безопасности должна продолжаться и внедрение экологически наименее опасных технологий должно быть экономически выгодно самим предприятиям. Для этого необходима программа государственной поддержки как крупных, так и средних предприятий, специализирующихся на производстве металлических покрытий электрохимическим способом. Сокращение количества сточных вод и уменьшение их токсичности, наряду с улучшением экологической ситуации в самих цехах гальванопокрытий — это серьезный шаг к переходу таких предприятий от категории основных загрязнителей к экологически малоопасным объектам хозяйствования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Kobya M.A., Erdem N.A., Demirbas E.B., 2015. Treatment of Cr, Ni and Zn from galvanic rinsing wastewater by electrocoagulation process using iron electrodes. Desalination and Water Treatment, Vol. 56: P. 1191-1201.
2. Benvenutia T. et al., 2014. Recovery of nickel and water from nickel electroplating wastewater by electrodialysis. Separation and purification technology, V. 129: P.106-112
3. Scarazzato T. et al., 2015. Treatment of wastewaters from cyanide-free plating process by electrodialysis. Journal of cleaner production, V. 91: P. 241-250.
4. Ferguson G., 2015. Deep injection of waste water in the western Canada sedimentary Basin. Groundwater, V. 53: 184-194.
5. Горин С.С., Паршина А.Ю., Мартынюк В.А., Гуляева Э.Ю. Комплекс мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций// E-Scio. 2019. № 3 (30). С. 85-91.
6. Гурковская Е.А., Богданова А.Ю., Кургузёнок И.Ю., Качан О.Б. Техносферная безопасность на эстакадах нефтеналивных участков нефтебаз //В сборнике: Национальная безопасность в эпоху Индустрии 4.0 Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-методической конференции с международным участием. Под редакцией И.В. Палаткина, И.С. Санду. 2019. С. 142-151.
7. Казаков В.А., Виноградова Н.А., Виноградов О.С., Боклашов Н.М. Моделирование движения автооператора в целях повышения эффективности ванн улавливания. Экономика и управление. 2012. № 3 (77). С. 120-125.
8. Ахтямов Р.Г., Елизарьев А.Н., Вдовина И.В., Планида Ю.М., Хасертдинова Э.С. Применение сетевых моделей при планировании аварийно-спасательных и других неотложных работ. / Р.Г. Ахтямов и др. / Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. — 2012. - №2. - С. 29 – 34
9. Виноградов О.С., Виноградова Н.А., Гуляева Э.Ю., Полудняков А.И. Программное обеспечение по расчету уровня загрязнения при техногенных авариях //Сурский вестник. 2019. №2 (6). С. 31-3
10. Petrinic et al., 2015. A feasibility study of ultrafiltration/ reverse osmosis (UF/RO)- based wastewater treatment and reuse in the metal finishing industry. Journal of cleaner production, V. 101: 292-300.
11. Гурковская Е.А., Кургузёнок И.Ю., Богданова А.Ю., Качан О.Б. Стратегия повышения качества жизни населения с позиций техносферной безопасности//В сборнике: Формирование и реализация стратегии устойчивого экономического

развития Российской Федерации. Сборник статей IX Международной научно-практической конференции. 2019. С. 140-144.

12. K. Do, J. Walder SF., 2018. Journal of Environmental and Earth Science An Evaluation of technologies for Reduction of Wastewater from Plating Industry in Vietnam, 1: 1-8

Статья поступила в редакцию 16.08.2021

Статья принята к публикации 15.09.2021