

Павлюк Вадим Антонович, доктор фізико-математичких наук, професор, кафедра технології і організації ресторанного бізнесу, Харківський торговельно-економічний інститут Київського Національного торговельно-економічного університету, пров. Отакара Яроша, 8, м. Харків, Україна, 61045

Біленко Леоніда Мстиславівна, Заступник директора з навчальної роботи, Харківський торговельно-економічний коледж Київського національного торговельно-економічного університету, вул. Клочківська, 202, м. Харків, Україна, 61045
E-mail: kharkiv@htek.com.ua

Стуконоженко Тетяна Анатоліївна, аспірант, кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051
E-mail: tasichkayo@gmail.com

Лосєва Світлана Михайлівна, доцент, кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051
E-mail: ktrppom@ukr.net

УДК 628.38: 546: 56

DOI: 10.15587/2313-8416.2019.169005

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

© М. А. Добрян, А. А. Правда, О. И. Юрченко, Ю. С. Глизнаца, Т. П. Карпова, Р. Р. Зоря

Исследованы составы исходных и отработанных технологических растворов производства радиоэлектронной аппаратуры. Разработаны и внедрены ресурсосберегающие технологии: травления печатных плат меднохлоридными растворами с использованием противотоком отработанных промывных растворов и утилизацией отработанных травильных растворов в производстве фунгицидов на основе хлорокиси меди; регенерации галогенорганических растворителей. Внедрение этих технологий позволяет предотвратить загрязнение окружающей среды токсичными соединениями меди (ПДК меди в рыбохозяйственных водоёмах 0,01 мг/дм³) и галогенорганическими растворителями

Ключевые слова: радиоэлектронная аппаратура, травильные растворы, хлорокись меди, галогенорганические растворители, регенерация, утилизация

1. Введение

По данным Всемирной организации охраны здоровья (ВОЗ), относительно средней продолжительности жизни, в разных странах можно отметить, что верхние строчки таблицы занимают страны двух типов:

– страны, где сложились благоприятные природные условия – есть в достаточном количестве природная маломинерализованная чистая вода;

– страны, где нет природной маломинерализованной природной воды, но государством установлены и соблюдаются жёсткие стандарты на питьевую воду [1].

К сожалению, запасы природной маломинерализованной воды, особенно в восточных регионах Украины, недостаточные для обеспечения нормальной жизнедеятельности. Нильс Бор сказал: «Человечество не погибнет в атомном кошмаре — оно задохнется в собственных отходах» [2]. Действительно, на состояние воздушного бассейна, водных объектов, земельных ресурсов, растительного и животного мира негативно влияет антропогенная деятельность человека [3, 4]. В докладе о состоянии окру-

жающей природной среды в Харьковской области в 2017 году приведена удручающая информация. В течение года 995 предприятий вывезли на полигоны для захоронения отходов области 42 млн. 414 тыс. 898,2 тонн твёрдых промышленных и бытовых отходов, которые под действием атмосферных и грунтовых вод загрязняют почву, почвенные и подземные воды, водоёмы, растительный и животный мир. В поверхностные водные объекты Харьковской области сброшено 270,3 млн. м³ воды, из них только 198,1 млн. м³ нормативно очищенной. Из 76 водочистных сооружений области только 33 (46 %) обеспечивают эффективную очистку воды. В воздушный бассейн из стационарных источников загрязнения выбросы составили 45 тыс. тонн, из них 49,8 % – от сжигания топлива в энергетике, из которых 25,3 % (5,7 тыс. тонн) – окисей и других соединений серы, 5,766 тыс. тонн углекислого газа. Объёмы выбросов от транспорта составляют 3,118 тыс. тонн. В Харьковской области на душу населения приходится 16,7 кг выбросов в воздух [5]. Более 70 % всех загрязнений попадают в организм челове-

ка с пищевыми продуктами и водой [6]. Следует отметить, что Украина занимает 122 место по средней продолжительности жизни в мире (последнее в Европе) [7]. Ведь существующие в Украине технологии и оборудование практически не в состоянии обеспечить необходимую степень очистки воды, забираемой из открытых водоёмов, грунтовых и подземных вод от природных и особенно антропогенных загрязнений.

Хотя общеизвестно, что безопасность и качество пищевых продуктов, продовольственного сырья и воды относятся к основным факторам, определяющим здоровье населения и сохранение его генофонда.

2. Литературный обзор

Технологические процессы гальванического нанесения металлических покрытий, а также химической и электрохимической размерной обработки металлов, нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. Они позволяют значительно улучшить защиту металлов от коррозии, увеличить срок эксплуатации и улучшить товарный вид изделий, автоматизировать их производство, изготавливать детали сложной конфигурации, которые невозможно производить механической обработкой металлов. Однако они имеют существенный недостаток – наличие концентрированных отработанных технологических растворов (ОТР), промывных растворов и вод, содержащих токсичные соединения металлов и других органических и неорганических веществ. На предприятиях, как правило, они объединяются в кислотно-щелочные стоки и направляются для обезвреживания на станции нейтрализации, где под действием щелочных реагентов металлы переводятся в смесь малорастворимых в воде гидроксидов металлов, которые извлекаются в виде шламов, а условно очищенные стоки направляются для дальнейшей очистки вместе с бытовыми сточными водами на городские очистные сооружения. При наличии в стоках аммонийных соединений они под действием щелочей разлагаются с выделением аммиака, который является лигандом для многих металлов, в результате чего в условно очищенных стоках образуются устойчивые водорастворимые комплексные соединения этих металлов, то есть эффективность их извлечения уменьшается.

В Украине мало специализированных полигонов, надлежащим образом оборудованных для захоронения этих отходов, и предприятий для их утилизации, поэтому шламы, как правило, попадают на полигоны бытовых отходов, где под действием кислых атмосферных осадков со временем растворяются и попадают в почву, водоёмы, грунтовые и подземные воды.

Печатная плата представляет собой изоляционную пластину из стеклотекстолита или гетинакса, которая играет роль механического каркаса платы, на одну или обе поверхности которой нанесен токопроводящий рисунок (медная фольга, полученная гальванопластическим способом, с содержанием меди не менее 99,99 %), сформированный проводниками, соединяющими электрорадиоэлементы в соответствии с электрической схемой. Токопроводящую схему выполняют так называемым способом удаления, когда

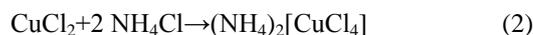
изоляционный материал полностью закрывается медной фольгой, и токопроводящий рисунок (линии и плоскости) создают, удаляя ненужные участки (70 ÷ 85 % площади) травлением [8, 9].

Состав травильных растворов выбирается таким образом, чтобы обеспечить благоприятные условия для образования в травильных растворах каталитически активных меднохлоридных или медноаммиачных комплексов, высокий окислительно-восстановительный потенциал травильного компонента, а также саморегенерацию травильного раствора в ходе травления, высокую ёмкость травильного раствора по соединениям меди, минимальные образования на поверхности меди малорастворимых соединений Cu^+ , минимальное боковое подтравливание меди под резистивные покрытия, высокое качество обработки поверхности меди [10].

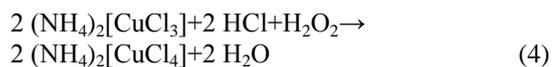
Для приготовления кислых травильных растворов используются реактивы квалификации хч: CuCl_2 , HCl , NaCl , NH_4Cl и другие. В кислых меднохлоридных растворах травление меди идет по реакции:



Поскольку растворимость CuCl в воде мала, для образования водорастворимых купрахлоридных комплексов в травильный раствор добавляют хлорид-содержащие компоненты (HCl , NaCl , NH_4Cl и другие):



В процессе травления меди в растворе накапливаются продукты травления, а концентрация окислителя уменьшается. При увеличении концентрации соединений меди (и плотности раствора) для стабилизации режима скорости травления часть отработанного кислого травильного раствора (ОТР_к) автоматически сливается в кислотно-щелочные стоки, а в травильную ванну добавляется корректирующий раствор (чаще всего $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}_2$), вследствие чего раствор разбавляется до исходной концентрации меди, а одновалентная медь окисляется и переходит в реакционно-активную форму:



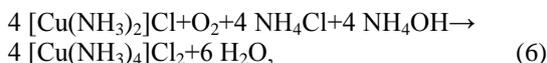
Таким образом, отработанный кислый меднохлоридный раствор регенерируется в исходное состояние. После окончания травления печатные платы отмываются от травильного раствора солянокислым промывным раствором, а затем водой. В промывных растворах накапливаются до определенной концентрации компоненты травильного раствора, после чего они также сливаются в кислотно-щелочные стоки.

В состав щелочных меднохлоридных растворов травления меди входят чаще всего CuCl_2 , NH_4Cl , NH_4OH , иногда еще и углеаммонийные соли

$\text{NH}_4\text{HCO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Травление меди идет по реакции:



Ионы $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$ в медноаммиачных растворах быстро реагируют с кислородом воздуха по уравнению:



то есть травильный раствор регенерируется кислородом воздуха. После накопления стравленной меди (повышения плотности раствора) часть отработанного щелочного травильного раствора (ОТР_щ) автоматически сливается в кислотно-щелочные стоки, а в травильную ванну добавляется корректирующий раствор, в состав которого входят аммонийные компоненты травильного раствора (NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, NH_4HCO_3 , NH_4OH или газообразный аммиак) для приведения состава раствора к исходным концентрациям.

После окончания травления печатные платы отмываются от травильного раствора аммонийно-аммиачным или аммиачным промывным раствором, а затем водой. В промывных растворах накапливаются до определенной концентрации компоненты травильного раствора, после чего они также сливаются в кислотно-щелочные стоки [11, 12].

При производстве радиоэлектронной аппаратуры также образуются отработанные технологические растворы и кубовые остатки, содержащие озоноразрушающие галогенорганические растворители (метилхлороформ, хлористый метилен, четыреххлористый углерод, спирто-хладоновую смесь и др.). В последнее время, в связи со значительным удорожанием хлорорганических растворителей, а также из-за введения жестких экологических требований, вопрос их регенерации приобрел особую актуальность. Многолетней практикой эксплуатации регенерационных установок различного типа и используемых технологий, показано, что качество регенерированных растворителей не всегда соответствует предъявляемым к ним требованиям, а кроме того, в них накапливаются агрессивные продукты их распада, что приводит к увеличению бракованной продукции и преждевременному износу оборудования [13].

3. Цель и задачи исследований

Цель исследования – разработать способы уменьшения или предотвращения загрязнения окружающей среды отходами производства радиоэлектронной аппаратуры.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Установить реальный состав исходных медьсодержащих растворов травления печатных плат на содержание основных компонентов и посторонних примесей, попадающих в них в результате контакта с деталями, трубопроводами, технологическим оборудованием, атмосферным воздухом и т. д.

2. Найти возможность предотвращения загрязнения окружающей среды медьсодержащими отхо-

дами производства печатных плат и решить проблему утилизации этих отходов.

3. Проанализировать технологические процессы регенерации галогенорганических растворителей в производстве радиоэлектронной аппаратуры и найти пути усовершенствования указанных процессов и используемого для этого оборудования.

4. Осуществить модернизацию дистилляторов В-100 и С-100 для возможности регенерации отработанных галогенорганических растворов и кубовых остатков.

5. Разработать и внедрить технологические процессы регенерации галогенорганических растворителей из отработанных галогенорганических растворов и кубовых остатков.

4. Анализ технологических процессов производства радиоэлектронной аппаратуры и поиск путей их усовершенствования

В результате сопоставления технологического процесса травления печатных плат с технологическим процессом растворения меди в производстве хлорокиси меди, установлено, что при травлении кислыми травильными растворами состава $\text{CuCl}_2 + \text{HCl}$; $\text{CuCl}_2 + \text{HCl} + \text{NaCl}$ образуются отработанные травильные растворы, являющиеся практически полупродуктом для производства хлорокиси меди. Проанализировав фактический состав медного лома, используемого на Первомайском ПО «Химпром» для производства фунгицидов на основе хлорокиси меди, и медной фольги, используемой при производстве печатных плат, установлено, что использование отработанных растворов травления печатных плат позволит получать особо чистые фунгициды. При дозированной подаче содержащих NH_4^+ ОТР в колонну окисления меди в присутствии Cu^+ они вступают в реакцию с Cl_2 с образованием Cu^{2+} , N_2 и HCl .

В результате обследования ряда предприятий-изготовителей радиоэлектронной аппаратуры, использующих галогенорганические растворители, установлено, что отработанные растворы, содержащие четыреххлористый углерод, спирто-хладоновую смесь не регенерируются, а при использовании метилхлороформа и хлористого метилена, полученных при их регенерации из кубовых остатков, возрастает количество брака и преждевременного выхода из строя дистилляторов.

5. Результаты исследования и их обсуждение

5.1. Разработка бессточной технологии травления печатных плат щелочными меднохлоридными растворами

Исследованы составы исходных и отработанных кислых и щелочных меднохлоридных растворов травления печатных плат (ПП), используемых на ряде приборостроительных предприятий, а также образующихся при попытке их регенерации или утилизации металлической меди, оксида меди, солей меди, которые не нашли практического применения из-за загрязнения хлоридами. Проведенные лабораторные исследования показали, что при попытке их переплавки в плавильной печи будет выделяться фосген.

На ряде предприятий исследован состав исходных и отработанных кислых и щелочных меднохлоридных растворов травления печатных плат, корректировочных растворов, промывных растворов и воды, используемой для их приготовления, на содержание не только основных компонентов, но и посторонних примесей, которые могут в них накапливаться в процессе работы при контакте не только со стравливаемой медью, но и с резистивными покрытиями обрабатываемых плат, технологическими ёмкостями, трубопроводами и насосами травильных машин.

Результаты анализа показали, что в каждую следующую технологическую ванну попадают компоненты технологического раствора из предыдущей ванны, а из посторонних примесей добавляются незначительные количества железа, никеля и свинца (так как резистивным покрытием при травлении щелочными меднохлоридными растворами является сплав олово-свинец), которые не влияют на технологические свойства растворов. По количеству основных компонентов технологических растворов, попадающих из предыдущей в следующую технологическую ванну (из травильной ванны в ванну предварительной аммиачной промывки, из нее – в ванну окончательной аммиачной промывки) и обнаруженных посторонних примесей сделано заключение, что отработанные промывные растворы могут использоваться противотоком: отработанный раствор водной промывки – для приготовления раствора окончательной аммиачной промывки, отработанный раствор окончательной аммиачной промывки – для приготовления раствора предварительной аммиачной промывки; отработанный раствор предварительной аммиачной промывки – для приготовления корректировочного раствора; а отработанные травильные растворы могут использоваться в качестве вторсырья или полупродуктов для производства фунгицидов на основе хлорокиси меди.

Разработана, прошла промышленные испытания и внедрена на ряде предприятий технология травления печатных плат щелочными меднохлоридными травильными растворами с противоточным использованием отработанных промывных растворов и воды [10, 11].

5.2. Утилизация отработанных меднохлоридных кислых и щелочных растворов травления печатных плат и извлекаемых из них медьсодержащих отходов

Авторами создано Научно-производственное общество с ограниченной ответственностью «МАТЕКО» (материалы, технология, экология) для практического решения проблем предотвращения загрязнения окружающей природной среды отходами и сбросами производства радиоэлектронной аппаратуры – галогенорганическими растворителями (метилхлороформом, хлористым метиленом, четырёххлористым углеродом, спирто-хладоновой смесью), а также утилизации сбросов отработанных кислых и щелочных меднохлоридных растворов травления печатных плат и твёрдых отходов – меди, оксида меди и солей меди, извлечённых на предприятиях – изгото-

вителях печатных плат из этих сбросов, обрезков фольгированных диэлектриков. При заключении с каждым из предприятий-поставщиков медьсодержащих отходов и сбросов производства печатных плат договора о приёме их на переработку составляются и двусторонне утверждаются технические требования к этим отходам и сбросам, а также оговариваются условия о том, что в случае изменения технологии травления ПП эти технические требования должны пересматриваться. Состав поступающих на переработку отработанных кислых и щелочных меднохлоридных травильных растворов определяется технологической документацией предприятия, на котором они образуются.

На базе ГП «ХЭМЗ» был создан пункт сбора и предварительной переработки медьсодержащих отходов и сбросов производства печатных плат. Полученные медьсодержащие сбросы OTP_k при наличии твёрдых медьсодержащих отходов обогащаются медью, после чего полученная продукция направляется на Первомайское ГП «Химпром» для использования в технологическом процессе производства хлорокиси меди и на её основе фунгицидов: ХОМ, ХОМЕЦИН, ПОЛИХОМ, КУПРОЗАН и др. [12].

При поставке предприятием на переработку отработанных кислых и щелочных меднохлоридных травильных растворов, в состав которых входит хлорид аммония, заключается также соглашение о приеме предприятием образующегося из них раствора хлорида аммония с целью дальнейшего его использования для приготовления корректирующих растворов в технологическом процессе травления печатных плат. Отработанные кислые и щелочные меднохлоридные травильные растворы принимают партиями. За партию принимают количество OTP , поставляемого в титановой или стальной гуммированной или эмалированной ёмкости, и сопровождается документом о его качестве. В документе указываются: наименование предприятия, номер партии, масса брутто и нетто, дата отгрузки, результаты анализа OTP на соответствие техническим требованиям. Для всех OTP указываются результаты анализа на отсутствие посторонних примесей – соединений хрома, борфторидов, цианидов и др., указанных в технических требованиях для данного предприятия.

В процессе травления печатных плат при достижении определенной плотности (в зависимости от количества стравленной меди) травильного раствора определенное количество его автоматически откачивается из травильной камеры титановым насосом по титановому или стеклянному трубопроводу в ёмкости-сборники (титановые или стальные – обрешиненные или эмалированные) кислого или щелочного OTP . В кислых OTP устанавливается концентрация Cu^+ , Cu^{2+} и HCl . В щелочных OTP устанавливается концентрация Cu^{2+} и аммиака. Отработанные травильные растворы доставляются на утилизацию в этих ёмкостях автомобилями или железнодорожным транспортом в гуммированных цистернах. Твёрдые медьсодержащие отходы доставляются автотранспортом.

Поступающие от предприятий-изготовителей печатных плат на пункт сбора и предварительной пе-

переработки ОТР перекачиваются в соответствующие ёмкости, а твёрдые отходы (оксид меди, медь порошкообразная и фольгированная или обрезки фольгированных диэлектриков) загружаются в реактор, где медьсодержащие отходы растворяются посредством циркуляции по контуру «ёмкость с ОТР_к – реактор с твёрдыми медьсодержащими отходами» отработанных кислых травильных растворов, в которые, при необходимости, добавляются HCl и H₂O₂. Затем ОТР (в том числе и обогащённые медью) отправляются железнодорожными цистернами на предприятие-изготовитель ХОМ.

При поставке предприятием на переработку отработанных кислых и щелочных меднохлоридных травильных растворов, в состав которых входит хлорид аммония, на пункте сбора и предварительной переработки они дозированно смешиваются до достижения величины рН 4,5 ÷ 6,4, при которых достигается максимальное извлечение осадка хлороксида меди CuCl₂·3Cu(OH)₂·H₂O [11]. После фильтрации и промывки ХОМ отправляется на завод-изготовитель фунгицидов, а фильтрат, содержащий хлорид аммония и остаточное количество меди, возвращается поставщику ОТР для корректировки травильного раствора.

5.3. Регенерация галогенорганических растворителей из отработанных технологических растворов производства радиоэлектронной аппаратуры

Также решена проблема регенерации кубовых остатков проявления и снятия СПФ-2. Предприятия, которые столкнулись с этой проблемой, приобрели линии проявления и снятия СПФ-2, укомплектованные дистилляторами В-100 или С-100, установки SR-100 или УПК-1 для переработки кубовых остатков, образующихся при регенерации метилхлороформа и хлористого метилена, однако о расходных материалах не позаботились. В результате приобретённые установки для переработки кубовых остатков SR-100

и УПКО-1 начали быстро выходить из строя в результате коррозии. Исследовав полученные в процессе регенерации метилхлороформа и хлористого метилена растворители, было установлено, что в регенерированных растворителях накапливаются уксусная и соляная кислота, а также вода, конденсирующаяся из атмосферы. Сотрудничая в этом вопросе со многими радиоприборными предприятиями, было обнаружено, что при использовании содержащих кислоты растворителей увеличивается количество бракованных печатных плат вследствие недопроявления сухих плёночных фоторезистов. Это обнаруживалось только после меднения проявленных плат и нанесения на медь металлорезиста (ПОС), уже на стадии травления. Для обнаружения недопроявления органопроявляемых фоторезистов была разработана методика контроля качества проявления (снятия) СПФ-2. На проводники, контактные и предназначенные для травливания меди площадки платы тампоном наносится раствор красителя ДАХ-15 или ДАХ-35. После испарения растворителя плату вносят в рабочее поле ультрафиолетового осветителя ОЛП-41. Обнаружение на поверхности меди люминесцирующих жёлто-зелёных точек, наплывов, перемычек указывает на остатки тонких слоёв фоторезиста. Использование данной методики позволяет повысить выход годных печатных плат.

Проведённые исследования показали также, что разложение растворителей с образованием кислот в присутствии воды происходит при повышении температуры у дна и стенок испарительной камеры дистилляторов вследствие повышения вязкости перерабатываемого раствора и, как результат, затруднения тепло- и массоотвода испаряющегося растворителя. Для нейтрализации образующихся при этом кислот и улучшения тепло- и массопереноса испаряющегося растворителя нами были подобраны добавки на основе жирных кислот и натрия углекислого безводного (табл. 1).

Таблица 1

Состав добавок, помещаемых в осадительные пакеты дистилляторов перед подачей растворов на регенерацию

Состав добавки	Дистиллятор С-100	Дистиллятор В-100
Углекислый натрий безводный, г	80,6	51,7
Пальмитиновая кислота или смесь кислот С17 – С20, г	26,5	17,0

Для предотвращения разложения растворителей с образованием кислот разработаны рекомендации по модернизации дистилляторов, которые были реализованы специалистами заинтересованных предприятий. Как показали результаты работы, введение разработанных добавок целесообразно уже на стадии регенерации отработанных растворов, а ведение регенерации в термостойких прочных осадительных пакетах позволяет вести полную отгонку качественных растворителей в дистилляторе без использования установок для переработки кубовых остатков. Это позволило использовать установки SR-100 и УПКО-1 для регенерации других галогенорганических растворителей: четырёххлористого углерода из отработанной суспензии, применяемой для нанесения изоляционного покрытия из оксида магния на ленты при изготовлении магнитных сердечников, и спирто-хладоносовой смеси, используемой для отмывки печатных плат, блоков и узлов от жировых и флюсовых загрязнений.

пензии, применяемой для нанесения изоляционного покрытия из оксида магния на ленты при изготовлении магнитных сердечников, и спирто-хладоносовой смеси, используемой для отмывки печатных плат, блоков и узлов от жировых и флюсовых загрязнений.

5.4. Модернизация дистилляторов С-100 и В-100

Разработаны электрические схемы дистилляторов, позволяющие контролировать температуру у дна и стенок испарительной камеры при регенерации растворителя в стандартном режиме, а после повышения вязкости перерабатываемого раствора в результате накопления светочувстви-

тельного слоя фоторезиста и повышения температуры растворителя у дна и стенок испарительной камеры вследствие ухудшения теплоотвода и массоотвода прекращать подачу в дистиллятор раствора на регенерацию, и переходить в режим переработки кубового остатка, а при достижении заданной температуры раствора автоматически отключать дистиллятор.

Для изготовления осадительных пакетов, помещаемых в испарительную камеру, была разработана конструкция специального приспособления (шаблона). Изготовлены также зажимы для скрепления плёнки при изготовлении осадительного пакета и последующего крепления его к жёлобу-сборнику конденсата в испарительной камере дистиллятора.

5.5. Результаты испытаний дистилляторов С-100, В-100 и разработанной технологии

1. Дистилляция метилхлороформа велась при температуре 74 °С, при повышении температуры перерабатываемого раствора была прекращена подача раствора на регенерацию (поплавок в испарительной камере зафиксирован в верхнем положении) и дистиллятор переведен в режим переработки кубового остатка. При достижении температуры перерабатываемого кубового остатка 85 °С дистиллятор был автоматически отключён и при остывании самопроизвольно не включался. Электрические схемы модернизированных дистилляторов работали нормально.

2. Дистилляция хлористого метилена велась при температуре 39 °С, при повышении температуры перерабатываемого раствора была прекращена подача раствора на регенерацию (поплавок в испарительной камере зафиксирован в верхнем положении) и дистиллятор переведен в режим переработки кубового остатка. При достижении температуры перерабатываемого кубового остатка 45 °С дистиллятор был автоматически отключён и при остывании

самопроизвольно не включался. Электрическая схема модернизированного дистиллятора работала нормально.

3. Регенерация метилхлороформа и хлористого метилена проведена строго в соответствии с разработанной технологической инструкцией «Регенерация метилхлороформа и хлористого метилена из отработанных растворов проявления и снятия СПФ-2 и кубовых остатков». Получены пористые, пластичные, затвердевающие при охлаждении сухие остатки светочувствительного слоя СПФ-2.

4. Прогара и разрушения при извлечении осадительных пакетов не обнаружено.

5. Проведен сравнительный анализ метилхлороформа: 1 – исходного; 2 – регенерированного в дистилляторе С-100 до его модернизации по базовой технологии (без добавки), из отработанного раствора проявления СПФ-2; 3 – регенерированного в дистилляторе С-100 после его модернизации по разработанной технологии из отработанного раствора проявления СПФ-2; 4 – регенерированного в дистилляторе С-100 после его модернизации по разработанной технологии из кубового остатка. Результаты анализа приведены в табл. 2.

6. Проведен сравнительный анализ хлористого метилена на содержание кислот в перерасчёте на HCl и свободного хлора: 1 – исходного; 2 – регенерированного в дистилляторе С-100 до его модернизации по базовой технологии (без добавки) из отработанного раствора проявления СПФ-2; 3 – регенерированного в дистилляторе С-100 после его модернизации по разработанной технологии из отработанного раствора проявления СПФ-2; 4 – регенерированного в дистилляторе С-100 после его модернизации по разработанной технологии из кубового остатка. Результаты анализа приведены в табл. 3.

Были проведены испытания дистилляторов В-100, конструкционно несколько отличающихся от дистилляторов С-100. Результаты испытаний оказались аналогичными.

Таблица 2

Результаты анализа метилхлороформа

Анализируемый растворитель	Мас. доля кислот, в перерасчёте на HCl, %	Допустимое содержание, не более, %	Наличие свободного хлора	Допустимое содержание
1	0,001	0,001	отсутствует	отсутствие
2	0,003	0,001	отсутствует	отсутствие
3	0,001	0,001	отсутствует	отсутствие
4	0,001	0,001	отсутствует	отсутствие

Таблица 3

Результаты анализа хлористого метилена

Анализируемый растворитель	Мас. доля кислот, в перерасчёте на HCl, %	Допустимое содержание, не более, %	Наличие свободного хлора	Допустимое содержание
1	0,0013	0,0008	отсутствует	отсутствие
2	0,0148	0,0008	отсутствует	отсутствие
3	0,0006	0,0008	отсутствует	отсутствие
4	0,0007	0,0008	отсутствует	отсутствие

Согласно авторским рекомендациям имеющиеся у предприятий установки для регенерации галогенорганических растворителей SR-100 и УП-

КО-1 начали использовать для регенерации четырёххлористого углерода из отработанной суспензии, применяемой для нанесения изоляционного

покрытия из оксида магния на ленты при изготовлении магнитных сердечников, а также отработанной спирто-хладоносовой смеси, используемой для отмывки печатных плат, блоков и узлов от жировых и флюсовых загрязнений.

6. Выводы

1. Установлен состав исходных и отработанных технологических растворов травления печатных плат на содержание основных компонентов и посторонних примесей.

2. Для предотвращения загрязнения окружающей среды разработана, прошла промышленные испытания и внедрена на ряде предприятий технология травления печатных плат щелочными меднохлоридными растворами с использованием отработанных растворов противотоком. Проведены промышленные испытания и внедрена технология производства хлорокиси меди из отработанных травильных растворов.

3. Проанализированы технологические процессы регенерации метилхлороформа и хлористого

метилена из отработанных растворов и кубовых остатков на дистилляционных установках В-100, С-100, SR-100, УПКО-1 и проведены работы по модернизации установок В-100 и С-100. Подобран состав специальных добавок, позволяющих проводить регенерацию метилхлороформа и хлористого метилена из отработанных растворов и кубовых остатков на модернизированных дистилляционных установках В-100 и С-100.

4. Разработаны, прошли промышленные испытания и внедрены на ряде предприятий технологические процессы регенерации метилхлороформа и хлористого метилена на модернизированных установках В-100 и С-100 с получением высококачественных растворителей.

5. Разработаны, прошли промышленные испытания и внедрены на ряде предприятий технологические процессы регенерации спирто-хладоносовой смеси и четыреххлористого углерода из отработанных технологических растворов производства радиоэлектронной аппаратуры на установках SR-100 и УПКО-1.

Литература

1. Вітряк О. П. Вода у харчованні людини // Вода в харчовій промисловості: зб. тез Всеукр. наук.-практ. конф. Одеса: ОНАХТ, 2011. С. 7–8.
2. Нильс Бор. Цитаты и афоризмы. URL: <https://quote-citation.com/topic/nils-bor> (Дата звернення: 27.03.2019)
3. Борук С. Д. Безопасность применения грунтовых вод Черновицкой области в пищевой промышленности // Якість і безпека харчових технологій : зб. тез Міжнар. наук.-техн. конф. Київ: Національний університет харчових технологій, 2013. С. 17–18.
4. Мельник О. П. Використання інверсійної хронопотенціометрії для визначення вмісту металів у харчових продуктах // Якість і безпека харчових технологій: зб. тез Міжнар. наук.-техн. конф. Київ: Національний університет харчових технологій, 2013. С. 18–20.
5. Доповідь про стан природного навколишнього середовища в Харківській області у 2017 р. URL: <https://kharkivoda.gov.ua/oblasna-derzhavna-administratsiya/struktura-administratsiyi/strukturni-pidroz dili/486/2736/95064> (Дата звернення: 27.03.2019)
6. Дубова Н. Ф. Аналіз законодавства України з питань безпеки та якості харчових продуктів (огляд літератури) // Гігієна населених місць. 2014. № 64. С. 241–249. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gnm_2014_64_38 (Дата звернення: 27.03.2019)
7. Средняя продолжительность жизни в странах мира. URL: http://ostranah.ru/_lists/life_expectancy.php (Дата звернення: 27.03.2019)
8. Справочник по электротехническим материалам. Т. 1 / ред. Корицкий Ю. В. и др. Москва: Энергоатомиздат, 1986. 368 с.
9. Ильин В. А. Технология изготовления печатных плат. URL: <http://solex2108.narod.ru/tipp1.htm> (Дата звернення: 27.03.2019)
10. Ресурсосберегающая экологически чистая технология травления печатных плат кислотными и щелочными меднохлоридными растворами / Добрян М. А., Ларин В. И., Хоботова Э. Б., Юрченко О. И., Егорова Л. М. и др. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія «Хімія, хімічна технологія та екологія». 2014. № 51 (1093). С. 37–46.
11. Самойлов Е. А. Физико-химические фазообразования в системе $\text{Cu}^{2+} - \text{NH}_4^+ - \text{Cl}^-$: дис. ... канд. хим. наук. Харьков, 2003. 121 с.
12. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance copper compounds copper(I), copper(II) variants namely copper hydroxide, copper oxychloride, tribasic copper sulfate, copper(I) oxide, Bordeaux mixture / Arena M., Auteri D., Barmaz S., Bellisai G., Brancato A., Brocca D. et. al. // EFSA Journal. 2018. Vol. 16, Issue 1. doi: <http://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5152>
13. Daviado D. M. Methyl Chloroform and Trichloroethylene in the Environment. CRC Press, 2017. 112 p. URL: <https://www.crcpress.com/Methyl-Chloroform-and-Trichloroethylene-in-the-Environment/Aviado/p/book/9781315895406>

Дата надходження рукопису 16.04.2019

Добрян Михаил Александрович, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт химии Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина, пл. Свободы, 4, г. Харьков, Украина, 61022, Генеральный директор, Научно-производственное общество с ограниченной ответственностью «МАТЭКО», пл. Свободы, 4, г. Харьков, Украина, 61022
E-mail: pravda_alla@email.ua

Правда Алла Алексеевна, кандидат химических наук, научный сотрудник, Научно-исследовательский институт химии Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина, пл. Свободы, 4, г. Харьков, Украина, 61022, Заведующий кабинетом, Учебно-методический кабинет, Харьковский торгово-экономический колледж Киевского национального торгово-экономического университета, ул. Клочковская, 202, г. Харьков, Украина, 61045, Опубликовано 3 монографии, 55 печатных произведений в общегосударственных и 4 в международных базах данных
E-mail: pravda_alla@email.ua

Юрченко Олег Иванович, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой, кафедра химической метрологии, Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, пл. Свободы, 4, г. Харьков, Украина, 61022,
E-mail: Yurchenko@karazin.ua

Глизнаца Юрий Степанович, преподаватель, Харьковский торгово-экономический колледж Киевского национального торгово-экономического университета, ул. Клочковская, 202, г. Харьков, Украина, 61045
E-mail: gme0512@gmail.com

Карпова Татьяна Петровна, старший преподаватель, кафедра термической обработки металлов имени К. Ф. Стародубова Национальной металлургической академии, пр. Гагарина, 4, г. Днепр, Украина, 49600
E-mail: kharkiv@htek.com.ua

Зоря Роза Раильевна, Специалист высшей категории, преподаватель-методист, Харьковский торгово-экономический колледж Киевского национального торгово-экономического университета, ул. Клочковская, 202, г. Харьков, Украина, 61045
E-mail: zorya_roza@ukr.net