

УДК 566 (476)

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

М.Г.Ясовеев, А.С.Какарека (Белорусский государственный педагогический университет им. М.Танка, факультет естествознания, ул. Советская, 18, 220050, mailto:himik@mail.ru)

Развитие промышленного производства в современном мире рассматривается с позиций устойчивого развития общества и природы. Концепция устойчивого развития (Рио-де-Жанейро, 1992) в настоящее время стала одной из наиболее влиятельных стратегий развития человечества прежде всего по той причине, что она основана на принципах антропоцентризма – заботы о будущем социума. Каждая из трех составляющих данной концепции (экономическая, экологическая и социальная), требует формирования междисциплинарных знаний, которые укрепляют потенциал для удовлетворения человеческих потребностей.

Современное производство в процессе развития техногенеза оказывает огромное влияние на окружающую среду. В проблеме изменения окружающей среды, особенно при переходе к рассмотрению проблемы от популяций к организму, а далее к клетке, гену, химические и биологические аспекты выступают главенствующими. Своеобразный комплекс проблем возникает в связи с промышленными процессами функционирования химической технологии.

Промышленное производство, другие виды хозяйственно-экономической деятельности, связанные с потреблением сырья, материалов, энергии, а также жизнедеятельность человека неизбежно сопровождаются образованием отходов. Научно-технический прогресс способствует постоянному расширению номенклатуры образующихся отходов, в том числе с опасными для окружающей среды и человека свойствами. С одной стороны, большинство видов отходов можно рассматривать как вторичные материальные и энергетические ресурсы, для использования и переработки которых имеются соответствующие технологии, с другой стороны – как загрязнители атмосферного воздуха, водных ресурсов, почв, растительности в силу их токсичных и других опасных свойств.

Самыми распространенными загрязнителями природных комплексов являются отходы промышленного производства, в частности, машиностроительного, химического, металлургического. В Республике Беларусь на сегодняшний день, несмотря на совершенствование законодательной базы, разработку государственных, ведомственных и региональных программ по обращению с отходами, ежегодно в места хранения и захоронения отходов удаляется более 30 млн т отходов производства ().

В соответствии с действующим законодательством в Республике Беларусь отходы классифицируются по видам в зависимости степени опасности – опасные и неопасные (Закон Республики Беларусь «Об обращении с отходами», 2007).

Опасные отходы, в свою очередь, разделяются на четыре класса: 1-й класс опасности – чрезвычайно опасные отходы; 2-й – высокоопасные; 3-й – умеренно опасные, 4-й – малоопасные.

В Республике Беларусь промышленный сектор является основным производителем отходов. Его вклад в общий объем образования отходов составил в 2012-2013 гг. 94,5 %. В Российской Федерации эта цифра еще выше и составляет 96,7%.

Значительная часть видов отходов производства, содержащая различные химические соединения, обладает опасными свойствами (токсичностью, экотоксичностью, пожаро- и взрывоопасностью и др.) (Вредные вещества в промышленности, 2009) и, в силу этого,

требуют специальных мер при обращении с ними.

Одним из источников загрязнения окружающей среды вредными веществами и, в первую очередь, тяжелыми металлами, являются гальванические производства. Гальванические покрытия используются практически во всех отраслях промышленности: в металлургическом производстве, химической и нефтехимической промышленности, машиностроении. Гальванотехника – одно из производств, существенно влияющих на загрязнение окружающей среды, в частности, ионами тяжелых цветных металлов, наиболее опасных для биосферы. Кроме непосредственного токсичного воздействия на живые и растительные организмы, тяжелые металлы имеют тенденцию накапливаться в пищевых цепочках, что усиливает их опасность для человека. Главным поставщиком токсикантов в гальванике являются отработанные электролиты и промывные воды, после очистки которых образуются осадки – шламы, имеющие влажность 75-95% и содержащие гидроксиды меди, цинка, никеля, хрома, железа, их цианистые комплексы, а также гипс и карбонат кальция (Наумов В.И., 2009). Гальваническое производство является одним из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды, главным образом поверхностных и подземных водоемов, ввиду образования большого объема сточных вод, а также большого количества твердых отходов, особенно от реагентного способа обезвреживания сточных вод. Неблагоприятное воздействие на окружающую среду отрасли проявляется в наличии значительных объемов и высокой токсичности выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов их в водные объекты и формировании отходов. Подавляющая часть новых производимых химических веществ не имеет природных аналогов, многие из них потенциально опасны, особенно в генетическом плане.

Гальваника - электролитическое осаждение тонкого слоя металла на поверхности какого-либо металлического предмета для защиты его от коррозии, повышения износостойчивости, предохранения от цементации, в декоративных целях и т. д. Нанесение гальванических и химических покрытий производится обычно в специальных ваннах, конструкция которых определяется видом покрытий, формой и размерами деталей и технологическим процессом (Шлубер М.А. и др., 1981). Нанесение гальванических покрытий представляет собой электрохимический процесс, при котором происходит осаждение слоя металла на поверхности изделия. В качестве электролита используется раствор солей наносимого металла. После каждой операции изделие промывают в холодной проточной воде, а после обработки в щелочных растворах - последовательно в горячей и холодной воде. На заключительной стадии обработки изделие последовательно промывается в холодной и горячей воде и сушится. Таким образом, гальваническое производство неразрывно связано со сбросом отработанных промывных вод: удельный расход воды зависит от применяемого оборудования и колеблется в широком диапазоне от 0,2 до 2,3 м³ на 1 м² обрабатываемой поверхности (Виноградов С.С., 2002).

В Республике Беларусь гальваническое производство функционирует более чем на 140 предприятиях (Марцуль В.Н., 2012). Наибольшее распространение получили цинковые, никелевые, фосфатные, хромовые, медные и другие покрытия. В общем объеме производства гальванических покрытий более 80 % занимает цинкование как наиболее дешевый и надежный способ защиты от коррозионного разрушения металлических конструкций.

Источниками загрязнения окружающей среды в гальванотехнике являются не только промывные воды, но и отработанные рабочие растворы с высокой концентрацией загрязняющих веществ, в которых вследствие нарушения соотношения основных компонентов в гальванических ваннах происходит накопление посторонних органических и неорганических веществ []. Отработанные растворы, хотя и составляют по объ-

ёму всего 0,2 - 0,3% от общего количества сточных вод гальванических производств, наносят значительный урон геосистемам. Это обусловлено высокой концентрацией загрязняющих веществ в электролитах. По общему содержанию сбрасываемых в водные объекты загрязняющих веществ они достигают 70%. Залповый сброс отработанных растворов приводит к нарушению режимов работы очистных сооружений, к снижению эффективности их работы. При этом безвозвратно теряются ценные материалы, а попадание неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод и других видов отходов, содержащих цветные металлы, в водные объекты наносит значительный ущерб окружающей среде и народному хозяйству. И это обусловлено, в первую очередь, их громадным негативным воздействием на окружающую среду (Майстренко В.Н. и др., 1996; Ясовеев М.Г. и др., 2012).

Так, ряд предприятий Республики Беларусь (ОАО «Белорусский металлургический завод» (г. Жлобин), ОАО «Гомельский завод литья и нормалей», ОАО «Минский подшипниковый завод», ОАО «Гомсельмаш», ОАО «БелАЗ» (г. Жодино), ОАО «Минский автомобильный завод», ОАО «Минский тракторный завод», ЗАО «Атлант» (г. Минск), ОАО «Витязь» (г. Витебск) использует технологические процессы нанесения гальванических покрытий, а в их сточных водах, поступающих на очистные сооружения, содержится значительное количество тяжёлых металлов, в том числе железо, натрий, свинец, марганец, цинк, никель, кобальт, кальций, медь, калий, хром и др. Кроме металлов сточные воды этих предприятий содержат значительное количество азот нитритов, фосфор фосфатов, хлоридов, нефтепродуктов, фенолов, формальдегида. Это обуславливает повышенное содержание этих компонент в реках Беларуси.

Все изложенное выше обуславливает необходимость постоянного мониторинга, как технологических систем промышленных предприятий, так и окружающей среды, проведения научных исследований и разработки новых технологий очистки сточных вод гальванических производств, создания и совершенствования систем экологического мониторинга.

Разработка совместимой с окружающей средой системы переработки отходов производства требует решения экологических задач на всех стадиях и этапах технологических процессов гальванического производства (Горюнова С.В. и др., 2003).

- Сокращение объёмов загрязняющих веществ и отходов промышленных предприятий на стадии производства.
- Снижение количества отходов при их сборе на стадии сортировки.
- Расширение возможностей и развитие методов и технологий вторичного использования материалов (ТВИМ), получаемых из отходов производства.
- Повышение уровня экологической безопасности, удаление и утилизация остающихся после переработки отходов с минимально возможным риском для окружающей среды и здоровья человека.

Решение всех перечисленных задач связано с получением достоверной информации о состоянии технологических систем и окружающей среды, развитием методов экологического мониторинга (Беляев С.Д., 2007; Булгаков Н.Г., 2002), методов обработки научных исследований и проектирования технологических систем (Музалевский А.А., Яйли Е.А., 2005), обеспечивающих минимизацию антропогенного воздействия ГП на окружающую среду.

Интерпретация данных экологического мониторинга и результатов научных исследований, даже полученных при хорошо продуманной программе с использованием самых современных аппаратных средств, является часто неоднозначной. Одна из причин такого положения - отсутствие единой целостной системы показателей, позволяющей проводить оценку разнородных экологических объектов и разнообразие методов

интерпретации данных.

На нижней страте системы экологического мониторинга решаются задачи наблюдения и первичной обработки текущей информации об экологическом состоянии объекта и окружающей среды. Для этого используются методы аналитической химии. Учитывая, что правильность принятия решений в системах управления и достоверность научных исследований, надёжность и точность проектирования технологических систем, обеспечивающих исключение влияния антропогенных воздействий на окружающую среду определяется точностью получаемой первичной информации, которую уже никак нельзя исправить, важное значение здесь приобретает точность, объективность и достоверность информации, получаемой инструментальными методами и, прежде всего, методами аналитической химии (Отто М., 2011). Результат измерения в системах мониторинга, контроля и управления - химико-аналитическая информация, рассматривается как аналитический сигнал. Для её получения используются множество методов. В их число входят спектроскопические методы, основанные на взаимодействии атомов или молекул контролируемых веществ с электромагнитным излучением широкого диапазона энергий. В качестве источников используют радиоволновое, микроволновое, инфракрасное, видимое, ультрафиолетовое излучение, гамма-кванты, рентгеновское излучение (Отто М., 2011). В качестве сигнала принимаются изменения интенсивности поглощения или испускания излучения. Для экологического мониторинга находят применение нейтронно-активационный, рентгеноспектральный, атомно-абсорбционный и атомноэмиссионный анализ, спектрофотометрический и флуориметрический методы, инфракрасная спектрометрия. Принципиальное значение здесь имеет чувствительность и точность аналитического метода, определяемая нижним пределом обнаружения загрязняющих веществ, который должен составлять величину, не превышающую 0,5 ПДК.

Широкое применение при анализе состава вод находят электрохимические методы анализа: полярографические и кулонометрические методы, потенциометрия. Значительные возможности для контроля загрязнения различных объектов окружающей среды, содержащих сложные смеси компонентов, предоставляют хроматографические методы - тонкослойная, газожидкостная и высокоэффективная жидкостная и ионная хроматография. Высокая чувствительность и точность при определении высокотоксичных соединений здесь достигается применением различных детекторов, например, катарометра, представляющего собой малоизбирательный детектор по теплопроводности и различных модификаций избирательных приборов атомно-эмиссионного, пламенно-ионизационного, электронного захвата. Высокоэффективная жидкостная хроматография результативна при анализе многокомпонентных смесей нелетучих загрязняющих веществ. Применение высокочувствительных флуориметрических, спектрофотометрических и электрохимических детекторов позволяет устанавливать очень малые концентрации веществ. Сочетание хроматографии с инфракрасной спектрометрией и особенно с масс-спектрометрией предоставляет возможность получения достоверных результатов при анализе смесей сложного состава, например, при определении нитрозоаминов, диоксинов, полихлорированных бифенилов, пестицидов и других токсичных веществ. Роль детектора при этом выполняет подключенный к хроматографу и оснащенный мощным компьютером масс-спектрометр. Проведение анализа катионного и анионного составов вод удобно с использованием ионной хроматографии.

Сложность гальванических производств, большое разнообразие используемых технологических процессов и физико-химических явлений, многокомпонентность объектов экологического мониторинга и контроля предопределяет достаточно жёсткие требования по точности к системам качественного обнаружения и количественного определения загрязняющих веществ. Основа мониторинга на этом уровне, как уже отме-

чалось, химические, физические и физико-химические методы аналитической химии.

Чрезвычайно большой объём выполняемых измерений и химических анализов, требующийся для оценки экологического состояния многокомпонентных объектов, каковыми являются сточные воды гальванических производств, требования объективности, точности и достоверности получаемой информации обуславливает необходимость и целесообразность применения автоматических и дистанционных методов мониторинга, контроля и управления с использованием современных датчиков и автоматических измерительных систем.

Только комплексные автоматизированные системы мониторинга, контроля и управления в сочетании с использованием современных методов химического анализа и элементами интеллектуального управления могут обеспечить достижение требуемых пределов обнаружения, высоких чувствительности и избирательности, точности, объективности и достоверности информации, а следовательно, высокой вероятности принятия правильных решений при управлении, исключающих техногенные аварии и катастрофы, обеспечивающих высокий уровень экологической безопасности.

На нижней страте СЭМ информация о состоянии объекта мониторинга представляется в абсолютных величинах в виде концентраций отдельных компонентов. Однако анализ экологического состояния объекта на основании значительных массивов разрозненных данных, имеющих разные области значений, достаточно сложная задача, требующая при принятии решений профессиональной подготовки и специальных знаний, что чаще всего не соблюдается. Поэтому для оценки текущего состояния и прогнозирования последующего развития ситуации требуется дополнительная обработка полученной информации, позволяющая удалить избыточные данные, провести её сжатие, интеграцию и концентрацию, привести все показатели по всем объектам и компонентам к единой системе, удобной для её анализа, оценки и принятия решений. Первый этап на этом пути - переход к относительным величинам.

Основа системы экологического мониторинга, подготовки государственных докладов о состоянии и об охране территорий, построения прогнозов социально-экономического развития, разработки программ в области экологического развития и охраны окружающей среды, оценки степени экологического совершенства производства - показатели и критерии оценки состояния контролируемых объектов. В настоящее время для оценки эколого-техничко-экономического состояния окружающей среды применяют множество различных показателей, большинство из которых вычисляют с использованием предельно допустимых концентраций (ПДК) c_i . Наиболее широко используемые из них, вычисляемые для текущих абсолютных значений концентраций компонент x_i в контролируемом объекте, через относительную концентрацию $\delta_i = x_i/c_i$. Для определения ПДК находят применение расчётные методы, результаты биологических экспериментов, а также материалы динамических наблюдений за состоянием здоровья лиц, подвергшихся воздействию вредных веществ. Качество ОС по отношению к здоровью человека и состоянию экосистем задают на основе санитарно-гигиенических и экологических нормативов (Прошин И.А., Сюлин П.В., 2013). Экологические требования к источникам воздействий устанавливают с помощью научно-технических нормативов, к которым относят нормативы предельно допустимых выбросов и сбросов вредных веществ (ПДВ и ПДС). Выполнение нормативов всеми предприятиями региона обеспечивает удовлетворение качества ОС (атмосфера, вода, почва) санитарно-гигиеническим требованиям. Показатели ПДК составляют нормативную основу множества методик комплексной оценки качества водных объектов.

Интерпретация данных экологического мониторинга и результатов научных исследований, даже полученных при хорошо продуманной программе с использованием

самых современных аппаратных средств, является часто неоднозначной. Одна из причин такого положения – отсутствие единой целостной системы показателей, позволяющей проводить оценку разнородных экологических объектов.

Экологические требования к источникам воздействий устанавливают с помощью научно-технических нормативов, к которым относят нормативы предельно допустимых выбросов и сбросов вредных веществ (ПДВ и ПДС).

Показатели оценки экологического состояния $\delta_i = C_i / \text{ПДК}_i$	
Лимитирующий показатель вредности (ЛПВ) $K = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1$	Гидрохимический индекс загрязнения воды $\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}$ При n=6
Комбинаторный индекс загрязнённости	Показатель химического загрязнения $\text{ПХЗ} - 10 = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}$ При n=10
Унифицированный показатель качества (УПК) воды $W = \sum_{i=1}^n \delta_i$	УПК с учётом взаимодействий отдельных компонентов $W = \sum_{i=1}^n \delta_i + \sum_{i=1}^n a_{ij} \cdot \delta_i \cdot \delta_j$
Методика НИИ гигиены Ф.Ф. Эрисмана $W = 1 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\delta_i - 1)$ $W = 1 + \frac{1}{n - m} \sum_{i=1}^n (\delta_i - 1)$ $\delta_i = 1 + 10 \left(\frac{Li - Ci}{Li} \right)$	
Методика оценки условного риска Ю.В. Новиков $X = X_{\text{токс}} + X_{\text{ф-х}} + X_{\text{эвт}}$ $X_{\text{токс}} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}$ $X_{\text{ф-х}} = \sum_{i=1}^n \frac{\left(\frac{C_i}{C_{\text{фон max i}}} - 1 \right)}{n \left(\frac{C_i}{C_{\text{фон max i}}} - 1 \right)}$ $X_{\text{эвт}} = \sum_{i=1}^n \frac{\left(\frac{C_i}{C_{\text{р фон}}} - 1 \right)}{n \left(\frac{C_i}{C_{\text{р фон}}} - 1 \right)}$	
Метод классификации вод по В.П. Емельяновой	Экотоксикологический критерий Т.И. Моисеенко

$N1 = \frac{n}{\delta i} > 1$ $N2 = \frac{n}{\delta i} > 10$	$Ri = b \log \frac{Ci}{ПДК_i}$
Оценка загрязнённости вод по Г.Т. Фрумину, Л.В. Баркан $Di = E^{-ePi}$ $P_i = b_0 + b_1(C_i/ПДК_i)$	Экологический критерий
Интегральный оценочный балл $B = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{ПДК_i} \cdot \frac{Ci}{Fi} \cdot \frac{1}{ПДК}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{ПДК_i} \cdot \frac{1}{ПДК}} \cdot 100$	Удельный комбинаторный индекс загрязнения воды (УКИЗВ) УКИЗВ=ПСЗ· СКП/(1-05,F)

Рисунок – Показатели оценки экологического состояния для методик оценки вреда гальванических производств (Сюлин П.В., 2008).

Таким образом, для решения проблемы выбора показателей для оценки влияния гальванических производств на окружающую среду необходимо создание геоинформационной системы факторов, загрязняющих окружающую среду в результате отходов гальванического производства. По разным источникам, в ее состав входят сбор данных об окружающей природной среде и ее состоянии; передача, тематическая обработка и организация хранения данных; обеспечение моделирования и анализа данных в пределах обоснованных масштабов карт и временных рядов наблюдений; выработка решений на основе смыслового — наблюдение-измерение-описание объяснение-предсказание-решение.

Литература

1. **Беляев С.Д.** Использование целевых показателей качества воды при планировании водохозяйственной деятельности // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. - 2007. - № 3. - С. 3-17.
2. **Булгаков Н.Г.** Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды: обзор существующих подходов. / М., 2002. – 136 с.
3. **Виноградов С.С.** Экологически безопасное гальваническое производство / Под ред. В.Н. Кудрявцева. - 2-е изд., перераб. и доп. /М.: Глобус, 2002. - 352 с.
4. **Горюнова С.В., Касьяненко А.А., Жилкин А.А.** К вопросу о применении экологических нормативов для оценки качества окружающей природной среды // Вестник Рос. Ун-та дружбы народов. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. - 2003. - № 7. - С. 109-115.
5. Закон Республики Беларусь «Об обращении с отходами» /Мн.: 2007.
6. Концепция устойчивого развития / М., 1992. – 27 с.
7. **Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К.** Эколого-аналитический мониторинг супертоксиантов / М., 1996. – 234 с.
8. **Марицель В.Н.** и др. Инвентаризация гальванических шламов и осадков очистных сооружений, образующихся на предприятиях Республики Беларусь // Экология на предприятии. № 8. 2014
9. **Музалевский А.А., Яйли Е.А.** Системный подход в проблеме управления экологическими рисками // Проблемы риска в социальной и техногенной сферах: сборник тезисов. - СПб.: СПбГПУ. 2005. - Вып. 4. - С. 88-100.
10. **Наумов, В.И.** Утилизация шламов гальванических производств // Гальванотехника и обработка поверхности. 2009. №3. С. 25-27.

11. Об утверждении классификатора отходов, образующихся в Республике Беларусь: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 30 июня 2009 г., № 48 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. - 2009. - № 8/21243.

12. **Отто М.** Современные методы аналитической химии /М., 2011. – 345 с.

13. **Прошин И.А., Сюлин П.В.** Компонентный портрет экологической безопасности // Проблемы региональной экологии. 2013. - № 6. - С. 151-154.

Аннотация

УДК 556 (476) Ясовеев М.Г., Какарека А.С. Методы оценки влияния гальванического производства на окружающую среду//

В работе рассматриваются проблемы воздействия на природные гальванического производства и современные направления выбора методов оценки экологической безопасности.

Табл. 1 Библиогр. 12 названий

Анотацыя

УДК 556 (476) Ясовеев М.Р., Какарэка А.С. Метады ацэнкі ўплыву гальванічнага вытворчасці на навакольнае асяроддзе //

У працы разглядаюцца праблемы ўздзеяння на прыродныя гальванічнага вытворчасці і сучасныя напрамкі выбару метадаў ацэнкі экалагічнай бяспекі.

Табл. 1 Библиогр. 12 назваў

Annotation

UDC 556 (476) Yasoveev MG, AS Kakareka Methods for evaluating the influence of galvanic production on the environment //

The paper deals with the problem of exposure to natural galvanic production and current trends selecting environmental safety assessment methods.

Table. 1 Bibliogr. 12 titles