

ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Основными методами химической очистки производственных сточных вод являются нейтрализация и окисление. К окислительным методам относится также электрохимическая обработка. Химическая очистка может применяться как самостоятельный метод перед подачей производственных сточных вод в систему оборотного водообеспечения, а также перед спуском их в водоем или в городскую водоотводящую сеть. Применение химической очистки в ряде случаев целесообразно (в качестве предварительной) перед биологической или физико-химической очисткой. Химическая обработка находит применение также и как метод глубокой очистки производственных сточных вод с целью дезинфекции, обесцвечивания или извлечения из них различных компонентов. При локальной очистке производственных сточных вод в большинстве случаев предпочтение отдается химическим методам.

НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ

Производственные сточные воды от технологических процессов многих отраслей промышленности содержат щелочи и кислоты. В большинстве кислых сточных вод содержатся соли тяжелых металлов, которые необходимо выделять из этих вод.

С целью предупреждения коррозии материалов очистных сооружений, нарушения биохимических процессов и биологических окислителей и водоемах, а также осаждения из сточных вод солей тяжелых металлов кислые и щелочные стоки подвергают нейтрализации.

Реакция нейтрализации - это химическая реакция между веществом, имеющим свойства кислоты, и веществом, имеющим свойства основания, которая приводит к потере характерных свойств обоих соединений. Наиболее типичная реакция нейтрализации в водных растворах происходит между гидратированными ионами водорода и ионами гидроксида, содержащимися соответственно в сильных кислотах и основаниях: $H^+ + OH^- = H_2O$. В результате концентрация каждого из этих ионов становится равной той, которая свойственна самой воде (около 10^{-7}), т. е. активная реакция водной среды приближается к $pH=7$.

При спуске производственных сточных вод в водоем (или в городскую водоотводящую сеть практически нейтральными следует считать смеси с $pH = 6,5-8,5$. Следовательно, подвергать нейтрализации следует сточные воды с pH менее 6,5 и более 8,5, при этом необходимо учитывать нейтрализующую способность водоема, а также

щелочной резерв городских сточных вод. Из условий сброса производственных сточных вод в водоем или в городскую сеть следует, что большую опасность представляют кислые стоки, которые встречаются к тому же значительно чаще, чем щелочные (количество производственных сточных вод с $pH > 8,5$ невелико).

Если отработанные производственные сточные воды подаются в систему оборотного водообеспечения, то требования к величине активной реакции зависят от специфики технологических процессов.

Наиболее часто сточные воды загрязнены минеральными кислотами: серной H_2SO_4 , азотной $HN0_3$, соляной $HC1$, а также их смесями. Значительно реже в сточных водах встречаются азотистая $HN0_2$, фосфорная H_3P0_4 , сернистая H_2S0_3 , сероводородная H_2S , плавиковая HF , хромовая H_2Cr0_4 кислоты, а также органические кислоты: уксусная CH_3COOH , пикриновая $HOС_6H_2(NO_2)_3$ угольная H_2C0_3 , салициловая $C_6H_4(OH)_2$ и др.

Концентрация кислот в сточных водах обычно не превышает 3 %, но иногда достигает большей величины, например в отдельных производствах органического синтеза содержание серной кислоты в сточных водах составляет 40 % и более.

При химической очистке применяют следующие способы нейтрализации:

- а) взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод;
- б) нейтрализация реагентами [растворы кислот, негашеная известь CaO , гашеная известь $Ca(OH)_2$, кальцинированная сода Na_2CO_3 , каустическая сода $NaOH$, аммиак NH_3OH];
- в) фильтрование через нейтрализующие материалы [известь, известняк $CaCO_3$, доломит $CaCO_3-MgCO_3$, магнезит $MgCO_3$, обожженный магнезит MgO , мел $CaCO_3$ (96-99%)].

Выбор способа нейтрализации зависит от многих факторов: вида и концентрации кислот, загрязняющих производственные сточные воды; расхода и режима поступления отработанных вод на нейтрализацию; наличия реагентов; местных условий и т. п.

Применяется также способ нейтрализации дымовыми газами щелочных сточных вод, содержащими CO_2 , SO_2 , NO_2 и др., что позволяет одновременно нейтрализовать сточные воды и производить очистку газов от вредных компонентов.

Нейтрализация смешением кислых сточных вод со щелочными. Режимы сброса сточных вод, содержащих кислоту и отработанную щелочь, как правило, различны. Кислые воды обычно сбрасываются равномерно в течение суток и имеют постоянную концентрацию; щелочные воды сбрасываются периодически по мере того, как сбрасывается щелочной раствор. В связи с этим для щелочных вод

часто необходимо устраивать регулирующий резервуар, объем которого должен быть достаточным, чтобы принять суточное количество щелочных сточных вод. Из резервуара эти воды равномерно выпускают в камеру реакции, где в результате смешения их с кислыми сточными водами происходит взаимная нейтрализация.

Баланс кислых и щелочных сточных вод составляют на период, в течение которого производят выпуск этих вод от всех цехов и агрегатов, в том числе таких, от которых сточные воды спускаются периодически.

Метод взаимной нейтрализации кислых и щелочных сточных вод широко используют на предприятиях химической промышленности.

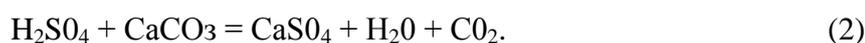
Нейтрализация сточных вод добавлением реагентов.

Если на промышленных предприятиях имеются только кислые или только щелочные сточные воды либо если невозможно обеспечить взаимную нейтрализацию, применяют реагентный метод нейтрализации. Этот метод наиболее широко используют для нейтрализации кислых сточных вод.

Выбор реагента для нейтрализации кислых сточных вод зависит от вида кислот и их концентрации, а также от растворимости солей, образующихся в результате химической реакции. Для нейтрализации минеральных кислот применяют любой щелочной реагент, но чаще всего известь в виде пушонки или известкового молока и карбонаты кальция или магния в виде суспензии. Эти реагенты сравнительно дешевы и общедоступны, но имеют ряд недостатков: обязательное устройство усреднителей перед нейтрализационной установкой, затруднительность регулирования дозы реагента по pH нейтрализованной воды, сложность реагентного хозяйства. Скорость реакции между раствором кислоты и твердыми частицами суспензии относительно невелика и зависит от размера частиц и растворимости образующегося в результате реакции соединения. Поэтому окончательная активная реакция в жидкой фазе устанавливается не сразу, а по истечении некоторого времени (10—15 мин).

Сказанное выше относится к сточным водам, содержащим сильные кислоты (H_2SO_4 , H_2SO_3), кальциевые соли, которых труднорастворимы в воде.

При нейтрализации производственных сточных вод содержащих серную кислоту, реакция в зависимости от применяемого реагента протекает по уравнениям:



Образующийся в результате нейтрализации сульфат кальция (гипс) кристаллизуется из разбавленных растворов в виде $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Растворимость этой соли при температуре 0-40 °С колеблется от 1,76 до 2,11 г/л. При более высокой концентрации сульфат кальция выпадает в осадок, поэтому при нейтрализации сильных кислот кальциевые соли которых труднорастворимы в воде, необходимо устраивать отстойники - шламонакопители. Существенным недостатком метода нейтрализации серной кислоты известью является также образование пересыщенного раствора гипса (коэффициент пересыщения может достигать 4-6), выделение которого из сточной воды может продолжаться несколько суток, что приводит к зарастанию трубопроводов и аппаратуры. Присутствие в сточных водах многих химических производств высокомолекулярных органических соединений усиливает устойчивость пересыщенных растворов гипса, поскольку эти соединения сорбируются на гранях кристаллов сульфата кальция и препятствуют их дальнейшему росту.

Для уменьшения коэффициента пересыщения используется рециркуляция образующегося в результате нейтрализации осадка сульфата кальция. Концентрация ионов кальция в сточной воде уменьшается при увеличении дозы рециркулирующего осадка; продолжительность перемешивания этой воды должна быть не менее 20-130 мин. Для уменьшения зарастания трубопроводов, по которым транспортируются нейтрализованные известью сернокислотные стоки, применяют методы промывки, увеличивают скорость транспортирования, а также заменяют металлические трубопроводы на пластмассовые.

Для нейтрализации органических жирных кислот применяют известь, содержащую не менее 25—30 % активного оксида кальция, или смесь извести с 25 %-ной технической аммиачной водой.

Доза реагента для обработки сточных вод определяется из условия полной нейтрализации содержащихся в них кислот или щелочей и принимается на 10 % больше расчетной.

Поскольку в кислых и щелочных производственных сточных водах практически всегда присутствуют ионы металлов, дозу реагента следует определять с учетом выделения в осадок солей тяжелых металлов.

Для перемешивания реагента со сточной водой применяют гидравлические и механические смесители. В гидравлических смесителях (шайбовых, перегородчатых, дырчатых, вихревых) смешение реагента с водой достигается за счет энергии потока

воды, расходуемой на повышение его турбулентности. В механических смесителях турбулентность потока усиливается мешалками различных типов.

Из смесителей обрабатываемые сточные воды поступают в камеру реакции. При расходах нейтразуемой сточной воды до 50 м³/ч допускается применение камер реакции периодического действия (не менее двух), а при больших расходах применяют камеры реакции непрерывного действия. Продолжительность пребывания кислых или щелочных сточных вод и реагента в камерах реакции принимается равной 5 мин, а при нейтрализации кислых сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов, продолжительность контакта увеличивается до 30 мин.

С целью обеспечения полноты и ускорения хода реакции нейтрализации и осаждения тяжелых металлов в камерах реакции производится непрерывное перемешивание сточных вод пропеллерными или лопастными мешалками с вертикальной осью вращения. Частота вращения мешалки принимается не менее 40 мин⁻¹; при частоте вращения 150 мин⁻¹ продолжительность контакта сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов, может быть сокращена до 15 мин.

Для отстаивания получающихся в результате нейтрализации осадков применяют горизонтальные, радиальные или вертикальные отстойники, рассчитанные на пребывание в них сточной воды не менее 2 ч при доведении рН до 7,5-8,5. В отдельных случаях вместо отстойников возможно применение флотаторов, из которых выделенный осадок удаляется сверху.

После отстойников (флотаторов) осадок направляется для обезвоживания на шламовые площадки с дренажем. Площадки устраивают на открытом воздухе, а при необходимости в закрытых утепленных помещениях, оборудованных механизмами для удаления осадков. Нагрузка на площадки, расположенные в закрытых помещениях, принимается 10—15 м³/(м²-год). При расположении шламовых площадок на открытом воздухе требуемую площадь следует рассчитывать исходя из условий намораживания.

Если станция нейтрализации не имеет отстойников, то нейтрализованная сточная вода направляется непосредственно из камер реакции в накопители. Эти сооружения предназначены для осветления нейтрализованной воды и складирования выделившегося осадка. Накопители следует устраивать из расчета хранения в них осадка в течение 10—15 лет. При отсутствии необходимых площадей допускается устройство одногодичных накопителей, осадок из которых вывозится в отвал.

При нейтрализации кислых сточных вод, содержащих ионы металлов, известковым молоком количество образующегося осадка зависит от концентрации

кислоты и ионов металла, а также от содержания в применяемой извести активного оксида кальция. При ежедневном в течение года сбросе 1 м^3 нейтрализованных сточных вод за год накапливается $30\text{—}120 \text{ м}^3$ осадка.

Если осадок, выделенный из нейтрализованной сточной воды в отстойниках, в дальнейшем подлежит механическому обезвоживанию на вакуум-фильтрах, фильтр-прессах или на центрифугах, то его из отстойников перекачивают в осадкоуплотнители, рассчитываемые на продолжительность пребывания в них осадков не менее 6 ч. Обезвоживание осадка на вакуум-фильтрах предусматривается при количестве сухого вещества в нем не менее 25 кг/м^3 .

Нагрузку на вакуум-фильтр при расчете следует принимать $15\text{--}25 \text{ кг/(м}^2\text{хч)}$ по сухому веществу, частоту вращения барабана - $0,4 \text{ мин}^{-1}$, поддерживаемый вакуум $63\text{—}80 \text{ кПа}$; в качестве фильтрующей ткани применяют капрон и бельтинг.

Для сокращения объемов образующегося осадка в ряде случаев целесообразно многократное его использование в процессе нейтрализации. При применении такой схемы нейтрализации после сооружений по обезвоживанию $30\text{--}35 \%$ обезвоженного шлама идет в отвал, а $65\text{--}70 \%$ направляется для повторного применения в качестве нейтрализующего реагента.

Место складирования обезвоженных осадков выбирается по согласованию с местными санитарными органами.

Нейтрализация кислых сточных вод фильтрацией через нейтрализующие материалы. Нейтрализация соляно- и азотнокислых, а также сернокислых сточных вод при концентрации серной кислоты не более $1,5 \text{ г/л}$ происходит на непрерывно действующих фильтрах. В качестве загрузки применяют такие нейтрализующие материалы, как доломит, известняк, магнезит, мел, мрамор и др.

Крупность фракций материала загрузки $3\text{—}8 \text{ см}$; расчетная скорость фильтрования зависит от вида загрузочного материала, но не более 5 м/ч ; продолжительность контакта не менее 10 мин.

Применение таких фильтров возможно при условии отсутствия в кислых сточных водах растворенных солей металлов, поскольку при $\text{pH} > 7$ они будут выпадать в осадок в виде труднорастворимых соединений, которые полностью забивают поры фильтра. Ограничивается применение нейтрализующих фильтров при подаче на них сернокислых сточных вод с концентрацией серной кислоты более $1,5 \text{ г/л}$. В этом случае количество образующегося сульфата кальция превышает его растворимость ($\sim 2 \text{ г/л}$), и он начинает выпадать в осадок, который, покрывая поверхность нейтрализующей загрузки, затрудняет доступ к ней кислоты, в

результате чего нейтрализация прекращается. Если загрузка выполняется из карбоната магния, это ограничение снимается, поскольку растворимость сульфата магния достаточно высока (355 г/л по $MgSO_4 \cdot 7H_2O$).

Конструктивно фильтры выполняются с вертикальным движением нейтрализуемых кислых сточных вод.

В зависимости от высоты слоя загрузочного материала, площади фильтрования и местных условий назначается число фильтров и определяются их конструктивные размеры в плане.

При проектировании установок по нейтрализации кислых стоков все резервуары, трубопроводы, насосы, лотки и другую аппаратуру, соприкасающуюся с этой сточной водой, следует принимать из кислотоупорного материала, или предусматривать надежную изоляцию.

ОКИСЛЕНИЕ

Окислительный метод очистки применяют для обезвреживания производственных сточных вод, содержащих токсичные примеси (цианиды, комплексные цианиды меди и цинка) или соединения, которые нецелесообразно извлекать из сточных вод, а также очищать другими методами (сероводород, сульфиды). Такие виды сточных вод встречаются в машиностроительной (цехи гальванических покрытий), горнодобывающей (обоганительные фабрики свинцово-цинковых и медных руд), нефтехимической (нефтеперерабатывающие и нефтехимические заводы), целлюлозно-бумажной (цехи варки целлюлозы) и в других отраслях промышленности.

В узком смысле окисление есть реакция соединения какого-либо вещества с кислородом, а в более широком - всякая химическая реакция, сущность которой состоит в отнятии электронов от атомов или ионов. В практике обезвреживания производственных сточных вод в качестве окислителей используют хлор, гипохлорит кальция и натрия, хлорную известь, диоксид хлора, озон, технический кислород и кислород воздуха.

Среди других окислителей, которые применяются при очистке производственных сточных вод, можно назвать пероксид водорода, оксиды марганца, перманганат и бихромат калия. Эти окислители, хотя и не находят широкого применения, но в ряде случаев могут быть использованы для окисления фенолов, крезолов, цианидсодержащих примесей и др.

Окисление активным хлором. Обезвреживание сточных вод хлором или его соединениями — один из самых распространенных способов их очистки от ядовитых

цианидов, а также от таких органических и неорганических соединений, как сероводород, гидросульфид, сульфид, метилмеркаптан и др.

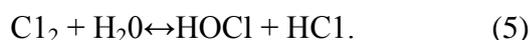
Сточные воды, содержащие ядовитые цианиды, образуются на машиностроительных и металлообрабатывающих заводах в гальванических цехах. Значительное количество цианидсодержащих сточных вод получается при промывке изделий после закалки их в расплавах цианидов. Обычно содержание цианидов в таких сточных водах колеблется от 20 до 100 мг/л, но бывает и выше.

Окисление ядовитых цианид-ионов CN^- осуществляется путем перевода их в нетоксичные цианаты CNO^- , которые затем гидролизуются с образованием ионов аммония и карбонатов:



Возможен также перевод токсичных соединений в нетоксичный комплекс или в осадок (в виде нерастворимых цианидов) с последующим удалением его из сточных вод отстаиванием или фильтрованием.

При введении в воду хлор гидролизует, образуя хлорноватистую и соляную кислоты:



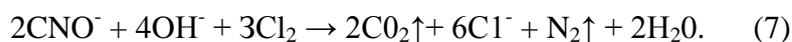
В сильноокислой среде равновесие этой реакции сдвинуто влево, и в воде присутствует молекулярный хлор; при значениях $pH > 4$ молекулярный хлор в воде практически отсутствует. Образовавшаяся в результате гидролиза хлора хлорноватистая кислота диссоциирует на ион гипохлорита OCl^- и ион водорода H^+ .

Гипохлориты кальция или натрия, а также хлорная известь образуют в воде хлорноватистую кислоту и ион гипохлорита в соотношениях, определяемых pH водной среды.

Окисление цианидов хлором можно проводить только в щелочной среде ($pH \geq 10$)



Образующиеся цианиты можно окислить до элементарного азота и диоксида углерода:



При снижении рН возможно протекание реакции прямого хлорирования цианида с образованием токсичного хлорциана.

Более надежным и экономически целесообразным методом является окисление цианидов гипохлоритами в щелочной среде ($\text{pH} = 11 \div 11,5$). В качестве реагента, содержащего ион гипохлорита OCl^- , служат хлорная известь, гипохлориты кальция или натрия. Между гипохлоритом и простыми цианидами протекает следующая реакция:



Реакция протекает быстро (1—3 мин) и полно. Образующиеся, цианаты постоянно гидролизуются.

Окисление кислородом воздуха. Значительно шире, чем хлорсодержащие реагенты, для окисления сульфидных сточных вод целлюлозных, нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов применяется кислород. Реакция окисления идет в жидкой фазе при повышенных температуре и давлении.

Окисление гидросульфидной и сульфидной серы протекает через ряд последовательных стадий. В процессе окисления сера изменяет свою валентность с -2 до +6.

Осуществить процесс разрушения сульфидных соединений можно также диоксидом углерода, содержащимся в отходящих дымовых газах. Сущность этого способа заключается в следующем. Сточная вода, содержащая сернистые щелочи, из нефтеловушки поступает в приемный резервуар, далее подогревается в теплообменнике и направляется на дезодорацию в колонну, в которую подают водяной пар и дымовые газы.

Озонирование. Озон является сильным окислителем и обладает способностью разрушать в водных растворах при нормальной температуре многие органические вещества и примеси. При давлении 0,1 МПа и температуре 0°C растворимость озона в воде составляет 0,4 г/л. Растворимость озона в воде зависит также от активной реакции среды, наличия кислот, щелочей и солей. Так, при наличии кислот и солей растворимость озона в воде увеличивается, а при наличии щелочей уменьшается. Озон самопроизвольно диссоциирует на воздухе и в водных растворах, распадаясь на молекулы и атом кислорода.

Скорость распада в водном растворе возрастает с увеличением солесодержания, значений рН и температуры очищаемой воды. По сравнению с другими окислителями, например хлором, озон имеет ряд преимуществ. Его можно получать непосредственно на очистных установках, причем сырьем служит технический

кислород или атмосферный воздух. Перспективность применения озонирования как окислительного метода обусловлена также тем, что оно не приводит к увеличению солевого состава очищаемых сточных вод, не загрязняет воду продуктами реакции, а сам процесс легко поддается полной автоматизации.

В процессе обработки сточных вод озон, подаваемый в камеру реакции в виде озонкислородной или озонвоздушной смеси, вступает в химические реакции с загрязняющими сточные воды веществами. Таким образом, озонирование представляет собой абсорбционный процесс, осложненный химическими реакциями.

Наиболее экономичным способом является получение озона непосредственно на очистных сооружениях путем тихого (короткого) электрического разряда в воздухе. Тихий разряд образуется в узком газовом пространстве между двумя электродами, к которым подведен ток напряжением 5—25 тыс. В. В озонаторах используются электроды из стекла, внутренняя поверхность которых покрыта металлической амальгамой. Ее слой является электродом высокого напряжения.

В существующих промышленных генераторах-озонаторах применяют стеклянные трубчатые или пластинчатые элементы. Обычно озонаторы выполняют в виде цилиндрических сосудов, в которых располагается несколько десятков параллельно работающих трубчатых озонирующих элементов, состоящих из двух концентрически расположенных стеклянных трубчатых электродов. Воздух движется вдоль оси озонирующих элементов в кольцевом пространстве между концентрически расположенными электродами. Молекулы кислорода под действием электрических разрядов дробятся, и образовавшиеся атомы легко присоединяются к целым молекулам вследствие их молекулярного сродства, образуя молекулу озона:



Большое значение имеет также то, что атом кислорода, выделяющийся в этой реакции, может взаимодействовать с молекулой озона с выделением теплоты:



Производительность озонатора и расход электроэнергии на получение озона в значительной степени зависят от, влагосодержания поступающего в озонатор воздуха, его температуры, концентрации кислорода, а также от конструкции озонатора и способа подачи озонвоздушной смеси в реактор.

Расход озона на разрушение загрязняющих сточные воды веществ зависит от многих факторов: рН водной среды, концентрации вредных веществ и озона, способов

смешения и продолжительности контакта озонозодушной смеси с обрабатываемыми сточными водами и др. При применении катализаторов увеличиваются скорости реакций окисления озоном. Процесс озонирования можно интенсифицировать совместным воздействием озона и ультразвука или озона и ультрафиолетового излучения.

Электрохимическое окисление. Электрохимические методы очистки основаны на электролизе производственных сточных вод. Химические превращения при электролизе могут быть различными в зависимости от вида электролита, а также материала электродов и присутствия различных веществ в растворе. Основу электролиза составляют два процесса: анодное окисление и катодное восстановление.

На аноде, выполненном из материалов, не подвергающихся электролитическому растворению (платина, графит), в зависимости от солевого состава обрабатываемых сточных вод и условий электролиза выделяются кислород и галогены, а также окисляются некоторые присутствующие в сточных водах органические вещества.

На катоде происходит выделение газообразного водорода и восстановление некоторых присутствующих в сточных водах органических веществ.

Электрохимическую обработку целесообразно применять при очистке концентрированных органических и неорганических загрязнений и небольших расходах производственных сточных вод. Применение электрохимических методов очистки не требует предварительного разбавления сточных вод, не вызывает увеличения их солевого состава, позволяет утилизировать ценные примеси из сточных вод, упрощает технологическую схему очистки и эксплуатацию сооружений, облегчает их автоматизацию и сокращает площади, занимаемые под очистные сооружения, по сравнению с методами реагентной обработки. Основными недостатками электрохимического метода очистки сточных вод являются значительные энергетические затраты и расход металла, необходимость очистки поверхности электродов и межэлектродного пространства от механических примесей.

Опыт применения локальных установок по электрохимическому окислению имеется на предприятиях машиностроительной, приборостроительной, химической, нефтехимической, целлюлозно-бумажной и других отраслей промышленности, сточные воды которых содержат фенолы, цианиды, нитросоединения, сульфиды, амины, кетоны, альдегиды, спирты, азокрасители, толуол и др.

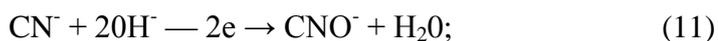
В качестве анода используются электролитически нерастворимые материалы (уголь, графит, магнетит, диоксиды свинца, магния, рутения), нанесенные на титановую основу. В качестве катода обычно используются свинец, цинк и легированная сталь. Большое значение при электрохимическом окислении имеет плотность тока.

Чтобы предотвратить смешение продуктов электролиза (особенно газов -водорода и кислорода), которые могут образовывать взрывоопасные смеси, применяют керамические, полиэтиленовые, асбестовые и стеклянные диафрагмы, разделяющие анодное и катодное пространство.

В процессе анодного окисления происходит деструкция органических веществ с получением промежуточных или конечных продуктов окисления (органических кислот, CO_2 , H_2O). Процесс осуществляется в электролитических ваннах, разделенных на несколько отсеков, в которых обрабатываемые воды перемешиваются сжатым воздухом.

При электролизе отработанных травильных растворов, содержащих FeSO_4 и свободную H_2SO_4 , регенерируется 80-90 % серной кислоты и получается порошкообразное металлическое железо (25-50 кг на 1 м^3 раствора).

При электролизе щелочных сточных вод, содержащих цианиды, на аноде происходит окисление цианид-ионов с образованием цианат-ионов и дальнейшим их электрохимическим окислением до конечных продуктов:



В целях повышения электропроводности сточных вод, снижения расхода электроэнергии и интенсификации процесса окисления в сточные воды добавляют минеральные соли. Наиболее эффективно добавление хлорида натрия, который разлагается с выделением на аноде атомов хлора, участвующих в процессе окисления.

Электролиз сточных вод проводят при электродной плотности тока 100 - 150 А/м^2 . В сточную воду вводят 5-10 г/л хлорида натрия. Удельный расход электроэнергии для обеспечения 100 %-ной очистки от цианидов (при начальном содержании 200 г/м^3) составляет 0,2 кВт·ч на 1 г цианид-иона.

Радиационное окисление. При действии излучений высоких энергий на водные среды, содержащие различные органические вещества, возникает большое число окислительных частиц, обуславливающих процессы окисления. Радиационно-химические превращения протекают не за счет радиолиза загрязняющих воду веществ, а за счет реакции этих веществ с продуктами радиолиза воды: OH^\cdot , HO_2^\cdot (в присутствии кислорода), H_2O_2 , H^\cdot и $e_{\text{гидр}}^-$ (гидратированный электрон), первые три из которых являются окислителями. В качестве источников излучения могут быть использованы: радиоактивные кобальт и цезий, тепловыделяющие элементы, радиационные контуры, ускорители электронов.

