

на формирование повышенного содержания железа в подземных водах, то можно выделить следующие:

- естественные аномалии (существование таких регионов, где в целом особенности геохимии таковы, что в подземных водах много железа, в том числе и задолго до антропогенного воздействия);
- техногенное загрязнение (сброс в окружающую среду загрязненных железом стоков);
- загрязнение из скважин и трубопроводов в результате их плохого состояния, при котором загрязнение поступает непосредственно из корродированных труб;
- техногенноиндуцированное загрязнение, т.е. изменение состава подземных вод за счет химических реакций сточных вод с породами или за счет усиления водоотбора предприятиями.

Заключение. В отраслевой структуре водоотведения около 60% сточных вод приходится на жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) и бытовое обслуживание, на промышленность и сельское хозяйство – соответственно около 40%. Ставя своей целью в первую очередь снижение платежей вместо установки локальных очистных сооружений и других мероприятий, направленных на снижение сброса за-

грязняющих веществ, предприятия сбрасывают недостаточно очищенные сточные воды, что приводит к загрязнению водотоков, водоемов и подземных вод, которые в свою очередь являются источниками водоснабжения.

Загрязняющие вещества, присутствующие в составе природных или сточных вод, в процессе очистки удаляются в виде отходов совместно и в составе с фильтрующими материалами. В 2012 году объем образования данных видов отходов составил 3,8% (без учета галитовых отходов и шламов галитовых глинисто-солевых). Доля использования образующихся отходов водоподготовки и очистки сточных вод в нашей стране составила 51% при объеме образования 590 тыс. т/год (за 2012 год). Объем накопленных отходов данных видов на начало 2013 года составил 4875,0 тыс. т [2].

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод. – Минск, 2012.
2. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2012 г. / Под общ. ред. В.Ф. Логинова. – Минск, 2013. – 378 с.

Материал поступил в редакцию 15.06.14

ROMANOVSKIY V.I. Analysis of pollution of sources of drinking water supply in Republic of Belarus

In article the analysis of pollution of sources of drinking water supply is provided in Republic of Belarus.

The characteristic of sources of natural waters and water intaking constructions is submitted. It is noted that more than 35% of tests of water from sources of the centralized water supply don't correspond to hygienic standards for drinking water on sanitary and chemical indicators. The main polluting substance which is present at underground waters is iron, and its existence in concentration exceeding admissible, is caused, both natural, and anthropogenous factors.

Are also analysed and grouped in education sources the list of indicators which make the greatest contribution to pollution of water objects.

УДК 628.316

Житенёв Б.Н., Корбулаева Е.А., Житенёва Н.С.

ДЕСТРУКЦИЯ КРАСИТЕЛЯ В ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЕ С НЕРАСТВОРИМЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Введение. Ежегодное мировое потребление красителей составляет около полумиллиона тонн; свыше двух третей этого количества идет на окраску текстильных материалов.

Текстильные материалы окрашивают с использованием периодического, непрерывного или полунепрерывного процесса. Выбор способа крашения зависит от типа материала, химической природы волокна, размера партии красителя и требований к качеству окрашенного изделия.

В результате использования окрашивающих растворов образуются сильноокрашенные сточные воды, сброс которых в канализацию регламентируется ПДК допустимых к сбросу в городскую коммунальную сеть канализации. Допустимой концентрацией цветности считается разбавление 1:20, поэтому перед сбросом необходимо производить очистку окрашенных СВ на локальных очистных сооружениях.

Сущность метода электрохимической деструкции заключается в обработке сточной жидкости в аппарате с нерастворимыми в условиях анодной поляризации электродами. Для успешного осуществления электролиза необходимо: наличие в воде хлорид-ионов, соответствующий подбор анодного материала и определенные режимные параметры обработки.

Электрохимические методы очистки и обеззараживания воды в силу высокой эффективности, компактности широко привлекают внимание исследователей в области очистки воды [1–6].

В работе [1] указывается, что красители различных видов являются устойчивыми соединениями с низкой способностью к биодеструкции, и их удаление из СВ является проблемой. В лабораторных условиях исследовался метод обработки таких СВ с использованием

электролиза, предполагается, что процесс обработки является предварительной стадией, при реализации которой в результате разложения исходных соединений образуются компоненты, которые могут быть удалены далее путем биоочистки. Исходные СВ имели ХПК 1300 мг/л и отличались высокой цветностью, а также содержали ионы меди в концентрации 20-120 мг/л, при обработке в течение 30 мин. эффективность удаления ХПК составила 46,4%, цветности 85%, ионов меди 98,5%, оптимальным являлось значение pH 5,21.

В [2] отмечается, что при окраске текстиля применяются синтетические красители, практически недоступные для биоразложения. В лабораторных экспериментах исследовалась возможность деструкции таких красителей в электрохимическом процессе, модельные СВ содержали смесь из 16 текстильных красителей с общим содержанием 361 мг/л при ХПК 281 мг/л. Электрохимическая ячейка снабжена системой рециркуляции, как электролит использовался NaCl, испытывались аноды из титана, тантала, платины и иридия, ток от 5 до 20 А. В оптимальных условиях минерализация достигала 90% через 180 мин, окрашенность удалялась практически полностью и токсичность уменьшалась до нормативных значений.

В работе [3] представлено изобретение, которое относится к электрохимическим способам очистки сточных вод текстильной и трикотажной промышленности, содержащих красители. Очистку сточных вод от красителей ведут электролизом при подаче кислорода под давлением 1,0 МПа при плотности тока 0,1 М/см² в течение 180 мин в автоклаве с насыпным катодом из железного порошка при его перемешивании в магнитном поле. Технический эффект – увеличение выхода активных частиц (O₂, HO₂, радикалов HO₂, HO), уве-

Корбулаева Екатерина Александровна, студентка факультета инженерных систем и экологии Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология

личение производительности электролизера, снижение напряжения на электролизере за счет снижения газонаполнения электролита, повышение степени очистки сточных вод от красителей.

Работа [4] посвящена исследованию новой конструкции анода для электрохимической деструкции устойчивых и токсичных загрязнителей хлорорганических соединений. В лабораторных условиях разрабатывалась модификация такого процесса, которая заключалась в приготовлении более эффективного анода. В качестве подложки традиционно использовался титан, на котором осаждалась пленка TiO_2 , отличие состояло в том, что формирование анода производилось не в растворе H_2SO_4 , а с использованием четырехкомпонентной смеси, включавшей H_2SO_4 , H_3PO_4 , H_2O_2 и HF . В электрохимической системе с этим анодом происходило генерирование H_2O_2 , в опытах источником УФ-излучения на волне 325 нм являлась ртутная лампа 8 Вт, модельный загрязнитель 2,4,6-трихлорфенол, плотность тока 50 мкА/см², эффективность деструкции в оптимальном варианте более 95%, скорость деструкции в 5 раз превышает значение при использовании обычного анода.

В [5] исследована электрохимическая очистка СВ, содержащих красители Levafrix Blue CA (I) Levafrix Red CA (II) и Levafrix yellow CA (III), при использовании железных электродов в присутствии электролита NaCl. Определены оптимальные условия очистки СВ: плотность тока 6,7 мА/см²; 5,9 мА/см²; 5,4 мА/см² и концентрация NaCl 3,1 г/л; 2,5 г/л и 2,8 г/л для красителей I, II и III соответственно.

Экспериментальные исследования. Выполненные исследования электрохимической деструкции красителя прямого черного на объемном угольном аноде показали эффективность данного метода для обесцвечивания производственных окрашенных сточных вод.

Схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1. Вода из емкости-дозатора поступала в устройство для электрохимического обесцвечивания, в состав которого входит подключенный к источнику тока угольный анод. Постепенно заполняя сосуд возле угольного анода вода переливалась через его стенки уже очищенной.

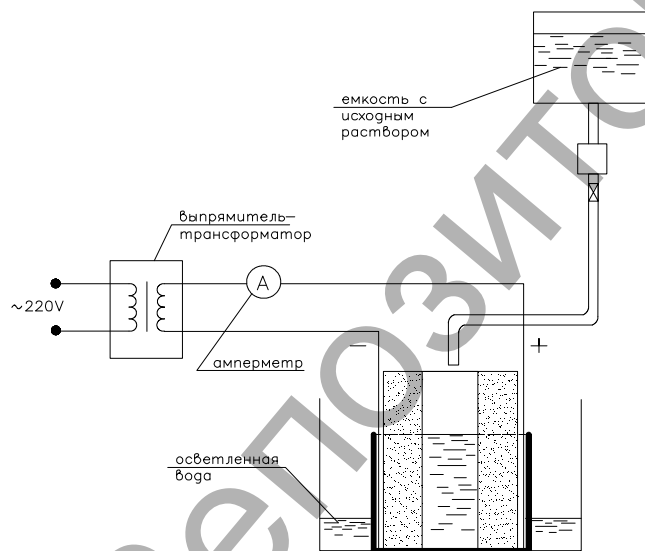


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

В процессе экспериментов исследовалось влияние продолжительности обработки, концентрации хлорида натрия в исходной воде на процесс обесцвечивания воды.

Для определения оптической плотности допустимой для сброса в водоем концентрации красителя были проведены предварительные измерения на спектрофотометре СФ-200 оптических плотностей ряда растворов с различной концентрацией красителя.

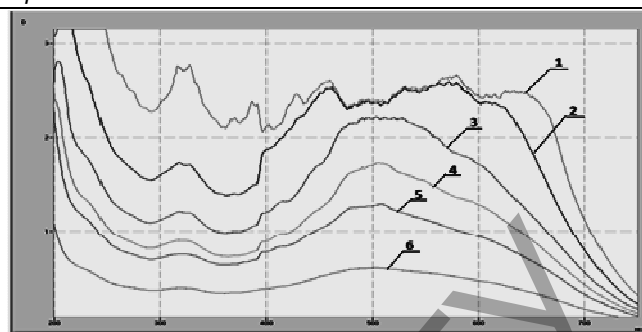


Рис. 2. Спектры для построения калибровочного графика

На рисунке 2 представлены спектры растворов с концентрацией красителя:

- 1 – 50 мг/л
- 2 – 30 мг/л
- 3 – 25 мг/л
- 4 – 15 мг/л
- 5 – 10 мг/л
- 6 – 5 мг/л

Калибровочный график приведен на рис. 3.

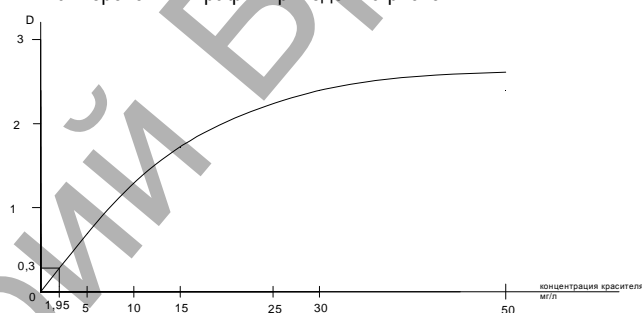


Рис. 3. Калибровочный график

Допустимая концентрация определялась следующим образом: путем разбавления определялась концентрация красителя, при которой цветность раствора с красителем не отличалась от цветности дистиллированной воды (0,095 мг/л), а затем находилась концентрация соответствующая разбавлению 1:20 (1,95 мг/л).

По спектрам за исходный раствор для дальнейших исследований был принят раствор с концентрацией красителя прямого черного 15 мг/л.

Был проведен ряд экспериментов по влиянию продолжительности обработки на процесс обесцвечивания воды. Концентрация красителя в растворе была постоянна – 15 мг/л, как и концентрация хлорида натрия – 3 мг/л. Изменяли в данных исследованиях скорость подачи исходного раствора на угольный анод, тем самым регулируя продолжительность обработки воды. В конце опыта снимали спектр обработанной воды и находили остаточную концентрацию красителя в растворе, рассчитывали эффект очистки.

Таблица 1. Результаты изучения влияния продолжительности обработки воды на эффект осветления

Исходная концентрация красителя, мг/л	15	15	15
Концентрация NaCl, мг/л	3000	3000	3000
Расход, мл/с	0,053	0,14	0,42
Остаточная концентрация красителя, мг/л	5	1,95	1,87
Эффект очистки, %	66,7	87	87,5
Продолжительность, мин	160	60	27

Анализируя данную таблицу, можно сказать, что наиболее эффективно применять продолжительность 60 минут при расходе исходного раствора $q=0,14$ мл/с.

Был проведен ряд экспериментов, в которых изучалось влияние концентрации хлорида натрия в исходном растворе красителя на эффект осветления.

Таблица 2. Результаты исследований

Исходная концентрация красителя, мг/л	15	15	15	15	15	15	15
Концентрация NaCl, мг/л	3000	3000	3000	4000	4000	5000	5000
Скорость мл/с	0,053	0,14	0,42	0,14	0,5	0,14	0,5
Остаточная концентрация красителя, мг/л	5	1,95	1,87	2,53	4,97	6,3	2,02
Эффект очистки, %	66,7	87	87,5	83,13	66,9	58	86,5
Продолжительность, мин	160	60	27	68	18	57	17
Максимальная сила тока, мА	-	161	170	173	178	195,8	210
Средняя сила тока, мА	-	81	85	86,7	97,6	100	109

Проводились опыты с растворами, в которых исходная концентрация красителя была постоянная 15 мг/л, а концентрация соли изменялась в пределах 3–5 г/л, при этом подача исходной воды принималась $q=0,14$ мл/с и $q=0,5$ мл/с.

Исследования растворов с концентрацией соли 3 г/л и их результаты приведены выше.

Все результаты опытов сведены в таблицу 2.

Данные испытания были основаны на процессе разрушения структуры красителя и тем самым обесцвечивание воды с помощью электролизера с нерастворимыми электродами благодаря образованию гидрохлорида натрия из поваренной соли, находящейся в растворе исходной воды.

Заключение

1. Выполнены исследования по электрохимической деструкции красителя прямого черного на объемном угольном аноде.
2. Установлено, что эффект деструкции (обесцвечивание красителя) зависит от концентрации хлорида натрия и продолжительности обработки.
3. Обесцвечивание раствора красителя с исходной концентрацией 15 мг/л до ПДК допустимой к сбросу в канализацию происходит за 70 мин при этом расход электроэнергии составляет около 5,8 кВтч/м³.
4. Метод электрохимической деструкции эффективен для обесцвечивания прямых красителей.
5. Электрохимическая очистка обычно оказывается более выгодной для установок малой производительности (до нескольких десятков кубических метров час). В многоступенчатых схемах улучшения качества воды электрохимические и другие методы могут удобно сочетаться.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Sun, Hua Оценка процесса очистки сточных вод от производства красителей с использованием электролиза / Hua Sun, Ying Hong,

Ting-yao Gao, Zeng-yan Zhou // Gongye yongshui yu feishui=Ind. Water and Wastewater.; кит. – 2001. – № 3. – С. 22–25.

2. Chatzisyemon, Efthalia Очистка окрашенных сточных вод от производства текстиля в электрохимическом процессе / Efthalia Chatzisyemon, Nikolaos P. Xekoukoulotakis, Alberto Coz, Nicolas Kalogerakis, Dionissios Mantzavinou // Electrochemical treatment of textile dyes and dyehouse effluents. J. Hazardous Mater.; англ. – 2006. – № 2. – С. 998–1007.
3. Алиев, З.М. Способ очистки сточных вод от красителей / З.М. Алиев, А.Б. Исаев, М.М. Абдуллаева // Пат. 2331590 Россия, МПК С 02 F 1/46 (2006.01), С 02 F 103/14 (2006.01). Дагестан. гос. ун-т. N 2006144024/15; Заявл. 11.12.2006; Опубл. 20.08.2008. Рус.
4. Li, X.Z. Усовершенствование метода фотоэлектрокаталитического окисления / X.Z. Li, H.S. Liu // Development of an E-H₂O₂/TiO₂ photoelectrocatalytic oxidation system for water and wastewater treatment. Environ. Sci. and Technol.; англ. – 2005. – № 12. – С. 4614–4620.
5. Korbahiti, Bahadir K. Электрохимическая очистка окрашенных текстильных сточных вод // Response surface optimization of electrochemical treatment of textile dye wastewater. J. Hazardous Mater.; англ. – 2007. – № 1–2. – С. 277–286.
6. Chatzisyemon, Efthalia Очистка окрашенных сточных вод от производства текстиля в электрохимическом процессе / Efthalia Chatzisyemon, Nikolaos P. Xekoukoulotakis, Alberto Coz, Nicolas Kalogerakis, Dionissios Mantzavinou // Electrochemical treatment of textile dyes and dyehouse effluents. J. Hazardous Mater.; англ. – 2006. – № 2. – С. 998–1007.
7. Кульский, Л.А. Очистка воды электрокоагуляцией / Л.А. Кульский, П.П. Строкач, В.А. Слипченко [и др.] – Киев: Будівельник, 1978. – 112 с.
8. Медриш, Г.Л. Обеззараживание природных и сточных вод с использованием электролиза / Г.Л. Медриш, А.А. Тайшева, Д.Л. Басин. – М.: Стройиздат, 1982. – 80 с.

Материал поступил в редакцию 13.06.14

ZHITENYOV B.N., KORBULAeva E.A., ZHITENYOVA N.S. Destruction of dye in the electrolyzer with insoluble electrodes

The research results of wastewater containing dyes by electrochemical machining on insoluble electrodes. It was shown that the method of electrochemical destruction of effective decolorizing direct dyes. It is noted that the electrochemical treatment is more beneficial to plants with low productivity (up to several tens of cubic meters an hour). In multi-stage schemes to improve water quality and other electrochemical methods can conveniently be combined.