الخلايا الكهروكيمياوية كتقنية جديدة لمعالجة المياه

عباس عبد الكاظم خليف داموك

الكلية التقنية / المسيب

الخلاصة

يتناول هذا البحث امكانية استخدام الخلايا الكهروكيمياوية لانتاج الماء الصالح للـشرب حيث اظهرت الدراسات السابقة ان استخدام الشب في عمليات المعالجة التقليدية يؤدي الى زيادة تركيز ايون الالمنيوم المتبقي في الماء المعالج بحدود (١١%) وما ينتج عن ذلك من تـاثيرات سلبية على الانسان وانابيب الاسالة ونوعية الماء بالاضافة الى ذلك استخدام الكلور في التعقـيم يصاحبة الكثير من المشاكل من حيث عدم السيطرة على الجرعة المضافة واسطوانات الكلـور المنتهية الصلاحية وغيرها لذا من الضروري ايجاد تقنية جديدة في معالجة وتعقيم مياه الشرب بدون استخدام الكلور لهذا الغرض صنعت خلية كهروكيمياوية مختبرية مكونة من قضيب مـن الفولاذ الغير قابل للصدا (كاثود) واقطاب من الالمنيوم والحديد اسطوانية الشكل تمثل الانود .

تم اختبار هذه التقنية على عينات ماء بئر محفور في قرية الخاتونية وعينات من ماء نهـر المحاويل اجريت عليها بعض الفحوصات الفيزياوية والكيمياوية والبايولوجية قبل وبعد المعالجة حيث اظهرت النتائج كفاءة هذه الطريقة في معالجة مياه الانهار بدون الحاجـة الـى اسـتخدام الكلوربعد المقارنة مع حدود مواصفات الخدمات الصحية العامة في الولايات المتحدة ومنظمـة الصحة العالمية .

The Electrochemical Cells As A New Technique For Water Treatment

Abstract

This paper deals with possibility of using electrochemical cells to produce potable water, where previous studies showed that the traditional treatment by using alum led to increase the residual aluminum concentrations about (11%) in the treated water, which result in negative effects on human, potable water pipes and water type .In addition to that disinfection by using chloride resulted in more problems such as lack of controlling for adding dose and expired chloride. Thus it is necessary to find a new technique for disinfecting water without using chloride, by using laboratory electrochemical cell made up of stainless steel bar (cathode) and two types of cylindrical aluminum and carbon steels (anode).

This technique has been tested on samples taken from excavated well from Al-Khatoniya village and samples from Al-Mahaweel river then make physical , chemical and biological tests before and after treatment .The results shows the efficiency of this technique to treat river water without using chloride after comparison with U.S.P.H.S and W.H.O specifications.

المقدمة

تتلوث المياه السطحية بأنواع مختلفة من الملوثات التي قد تكون ملوثات طبيعية أو غير طبيعية وعموماً فإن هذه الملوثات أما أن تكون مواد لا عضوية مثل الطين والغرين والكاسيد المعادن وغيرها وهذه تكون سبباً مباشراً في حصول كدرة الماء وأن التخلص من هذه المواد يساعد كثيراً في التخلص من المعادن الثقيلة والمبيدات وغيرها من المواد السامة أو تكون هذه الملوثات مواد عضوية والتي بتحللها تنتج أحماض الهيميك (Humic Acid) وأحماض الفلفيك (Fluvic Acid) وغيرها والتي لها تأثير غير مقبول من الناحية الصحية والجمالية.

لذا فأن التخلص من هذه الملوثات وتقليلها يعد من الأمور المهمة والتي على أساسها يتم استخدام بعض أنواع المواد الكيمياوية والتي تسمى المخثرات مثل مادة الشب (كبريتات الالمنيوم المائية) $Al_2(SO_4)_3 . 16H_2O$ وكلوريد الحديديك حيث في الوقت الذي تكون فيه لأملاح الحديد قابلية على تكوين مركبات غير قابلة للذوبان عندما تكون قيمة الرقم الهيدروجيني أكبر من ثمانية فإن أملاح الألمنيوم لها القابلية على تكوين مركبات غير ذائبة في حدود الرقم الهيدروجيني بين (٦-٨) , [٢] .

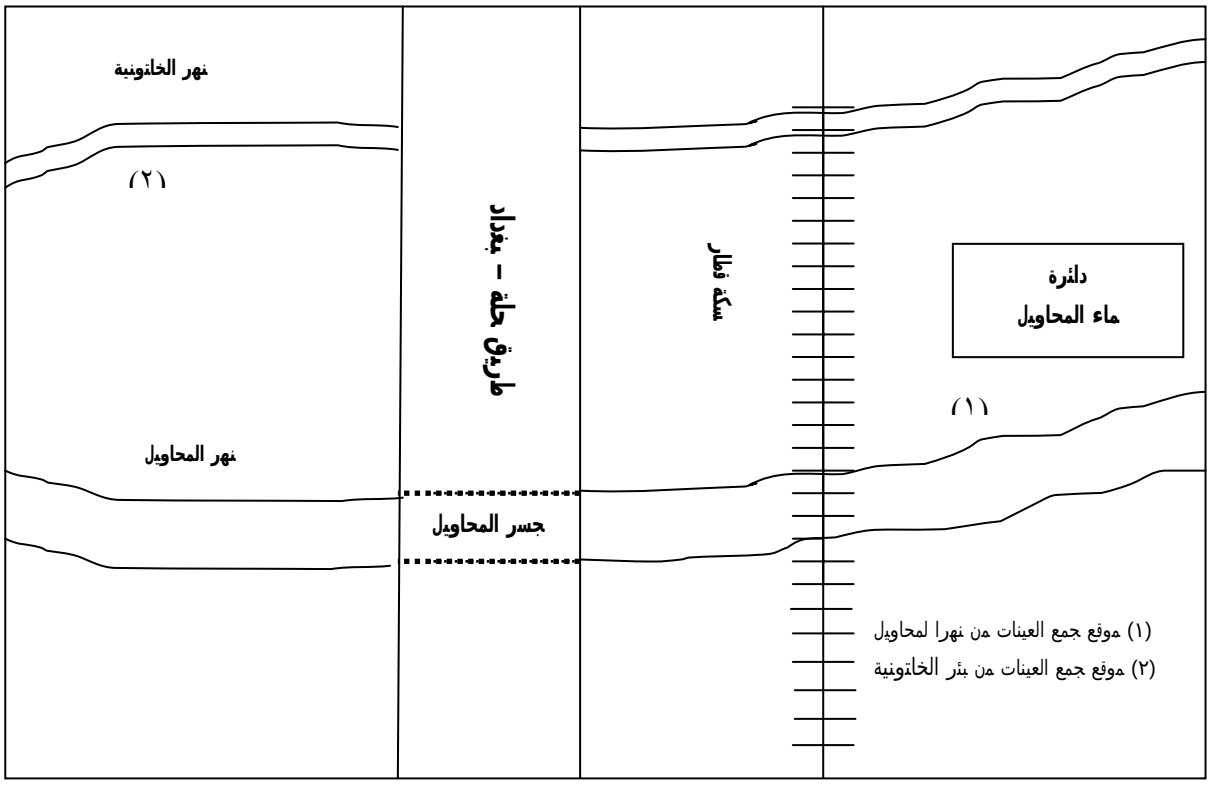
إن استخدام مادة الشب بكميات كبيرة يؤدي في النهاية إلى زيادة تركيز آيون الألمنيوم المتبقي في المياه المعالجة مما له تأثيرات سلبية على الإنسان وأنابيب الإسالة ونوعية المياه.

بينت الدراسة, [٦] أن تركيز آيون الالمنيوم في مياه الشرب أكثر من تركيزه في مياه نهر دجلة بنسبة (١٠-٣٠) % وبتركيز يتراوح بين (٠,٢-٢,١) مللغرام / لتر حيث يتجاوز الحدود الموجودة في مواصفات مياه الشرب والبالغة (٠,٢) مللغرام / لتر . أكد ,[٤] أن أستخدام الشب في عملية المعالجة يؤدي إلى زيادة تركيز آيون الالمنيوم بحدود (١١%) وعليه أعطى هذا التجاوز سبباً واضحاً في البحث عن وسائل اقتصادية لتقليل كمية الالمنيوم المتبقي في المياه المعالجة. كما أن زيادة تركيز آيون الالمنيوم المستخدم مقارنة بالقيمة الاولية للكدرة الموجودة يؤدي إلى أنخفاض في كفاءة الإزالة لأن الزيادة في تركيز الالمنيوم المضاف قد تكون غرويات ذات شحنة موجبة مما يؤدي إلى زيادة في الكدرة مرة ثانية [٢] .

إن هذه الطرق التقليدية في المعالجة تستخدم الكلور لأغراض التعقيم حيـث يحمـل معـه الكثير من المشاكل إلى محطات المعالجة من حيث السلامة ومشاكل عدم السيطرة على الجرعة المضافة من الكلور واسطوانات الكلور المنتهية الصلاحية التي قد تؤدي إلى تفشي الأمـراض. لهذه الأسباب أصبح من الضروري البحث عن أساليب جديدة للمعالجة تقلل من هذه التـأثيرات السلبية لطرق المعالجة المعروفة.

مواقع جمع العينات

اختير نهر المحاويل الذي هو احد تفرعات نهر شط الحله حوالي ١٠كم شمال مركز مدينة الحلة ليكون محطة الدراسة حيث جمعت العينات خلال شهر تشرين الاول ٢٠٠٨ بالقرب مـن دائرة ماء المحاويل كم اختير احد الابار بعمق ٩متر في قرية الخاتونية ٥ كم شمال مركز مدينة الحلة ليكون محطة للدراسة ايضا يمثل الشكل رقم(١) مخطط لمنطقة الدراسة ومواقـع جمـع العينات .



شكل(١) مخطط يبين منطقة الدراسة ومواقع جمع العينات

وصف الخلية الكهروكيمياوية وطرق القياس

تتكون الخلية الكهروكيمياوية المختبرية من قضيب من الفولاذ الغير قابل للـصدا يمثـل الكاثود واقطاب من الالمنيوم والحديد اسطوانية الشكل تمثل الانود شكل رقم (٢) وجدول رقـم (١) يمثلان مخطط سير العمليات والخلية الكهروكيمياوية وكذلك التركيـب الكيميـاوي لهـذه الاقطاب تم اختبار هذه التقنية على عينات من ماء نهر المحاويل وعينات ماء بئر محفور فـي قرية الخاتونية اجريت عليها الفحوصات الفيزياوية والكيمياوية والبايولوجية قبل وبعد المعالجـة ,جدول رقم (٢).

قيست المتغيرات باستعمال طرق قياسية في التحليل , [٣] و [٩] حيث قيست الكبريتـات بطريقة التسحيح مع محلول (Na_2EDTA)بعد اضافة كميـة مـن حـامض الهيـدروكلوريك

ومحلول كلوريد الباريوم ووضع النموذج في الحمام المائي وباستعمال صبغة(EBT) كدليل للوصول الى نقطة التعادل وتم استخدام طريقة التسحيح مع محلول (Na_2EDTA) لقياس الكالسيوم والمغنسيوم باستعمال صبغة الميروكسيد وصبغة (EBT))على التوالي كدليل للوصول الى نقطة التعادل بينما قيس ايون الصوديوم وايون البوتاسيوم باستعمال جهاز مطياف الفوتومتري باللهب نوع (Coring Flame Photometric:LTD Co.) وعن طريق زراعة نموذج من الماء على وسط زراعي صلب وبعد حضانته في جهاز الحاضنه لمدة ٢٤ الى ٤٨ ساعه وبدرجة ٣٧م° وبطريقة قياسية للزرع البكتريولوجي تم قياس البكتيريا كما قيس الرقم الهيدروجيني باستعمال جهاز (Corning PH103) بعد اجراء المعايرة باستعمال محاليل قياسية.

المناقشة

في هذه الطريقة يتم انتاج هيدروكسيد الالمنيوم الجيلاتيني وكذلك هيدروكسيد الحديد بطريقة التحليل الكهربائي وفي مايلي تفاعلات الانود والكاثود لكل من قطب الالمنيوم والحديد:

Anode $Al \longrightarrow Al^{+3} + 3e^-$

Cathode $2H_2O + 2e^- \longrightarrow 2(OH)^- + H_2$

$Al + 3H_2O \longrightarrow Al(OH)_3$

Anode $Fe \longrightarrow Fe^{+2} + 2e^-$

$4Fe^{+2} + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 4Fe^{+3} + 4(OH)^-$

$Fe^{+3} + 3(OH)^- \longrightarrow Fe(OH)_3$

Cathode $2H_2O + 2e^- \longrightarrow 2(OH)^- + H_2$

ان اهم ما يميز هذه الطريقة هو السيطرة على جرعة التخثير المضافة وبحسب درجة عكورة الماء حيث يتم التحكم بكمية هيدروكسيد الالمنيوم الجيلاتيني وهيدروكسيد الحديد المضافة من خلال التحكم بقيمة التيار الكهربائي وذلك حسب قانون فاراداي , [٥] اما في الطريقة التقليدية فان اضافة الشب الى الماء لاتعمل بصورة مباشرة على تحقيق افضل ازالة ذلك ان تركيز ايون الهيدروكسيد اكبر من الالمنيوم المضاف مما يؤدي الى تكوين هيدروكسيد الالمنيوم السالب الشحنة.

$Al^{+3} + 4H_2O \longrightarrow Al(OH)^-_2 + 4H^+$

اما الاستمرار في اضافة الشب يؤدي الى زيادة في تركيز الالمنيوم المضاف مما يؤدي الى انخفاض في كفاءة الازالة وحصول كدرة مرة ثانية في الماء بسب تكون غرويات ذات شحنة موجبة , [٢].ان تحرر غاز الهيدروجين من عملية التحليل الكهربائي يؤدي الى توليد فقاعات تعمل كبديل عن عملية المزج السريع في عملية التخثير في المعالجة التقليدية باضافة الشب تليها عملية تلبيد مشابهة لعملية التلبيد في المعالجة التقليدية.

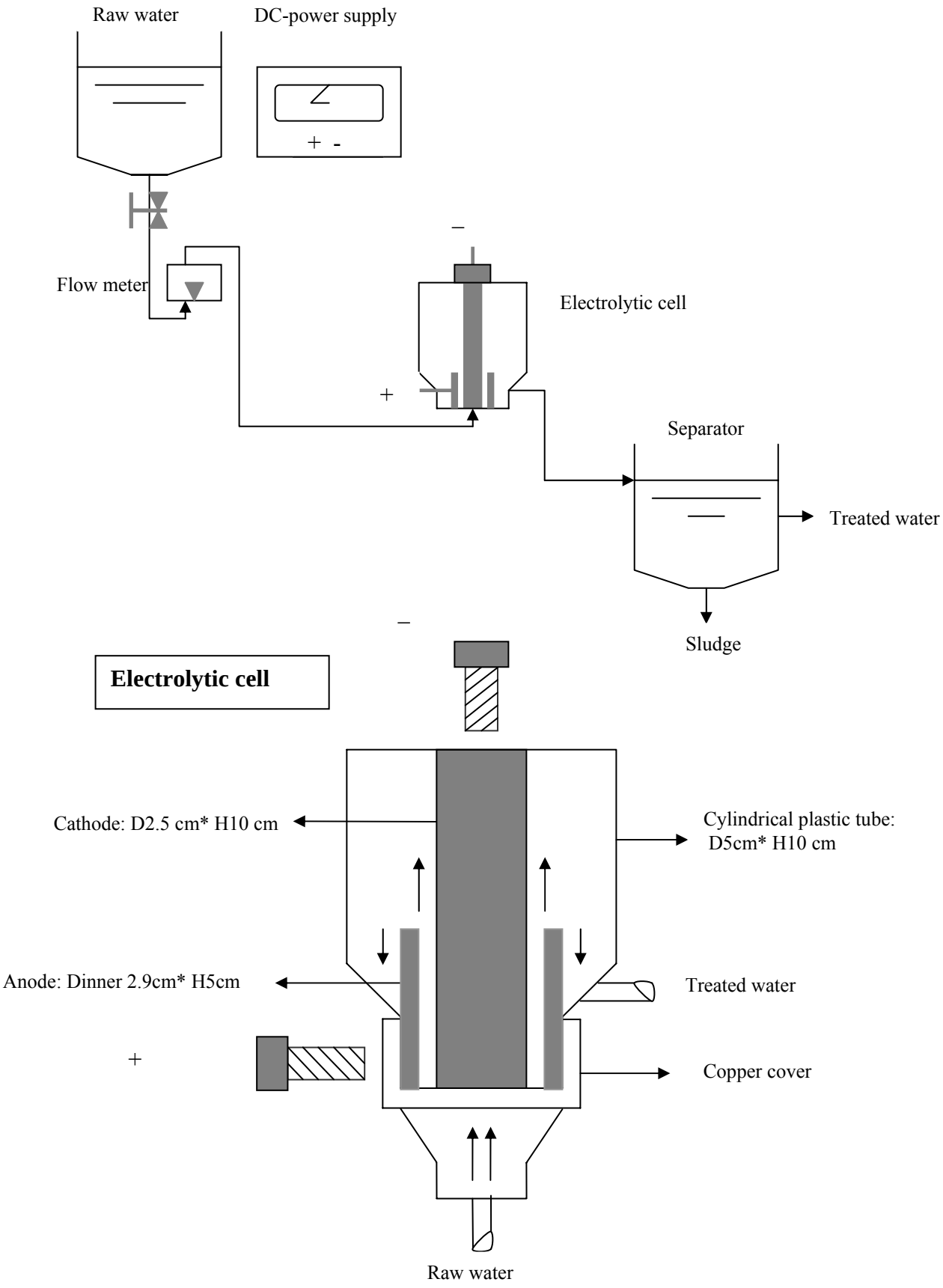
ان كفاءة الطريقة الكهروكيمياوية في ازالة العكورة والشوائب العالقة والقضاء على البكتيريا عالية جدا مقارنة بالطريقة التقليدية باضافة الشب حيث ان كفاءة الازالة للمواد الصلبة العالقة تصل الى ٩٨% في حين تصل كفاءة الطريقة في التخلص من البكتيريا الى اكثر من٩٩%جدول رقم (٢) في حين كفاءة الطريقة التقليدية باستعمال الشب والكلور في ازالة المواد الصلبة العالقة والبكتيريا كانت بحدود (٨٠-٩٠%), [٧].

كما يبين الشكل رقم (٣) ان سرعة الترسيب باستعمال الحديد كانود كبيرة مقارنة باستعمال الالمنيوم كانود ذلك ان الوزن الجزيئي لهيدروكسيد الحديد كبير مقارنة بالوزن الجزيئي لهيدروكسيد الالمنيوم وهذا يعطي الحديد خاصية افضل في ازالة العكورة والمواد الصلبة العالقة مقارنة بالالمنيوم كما اظهرت النتائج كفاءة هذه الطريقة في معالجة مياه الانهار بدون الحاجة الى استخدام الكلور بعد المقارنة مع حدود مواصفات الخدمات الصحية العامة في الولايات المتحدة ومنظمة الصحة العالمية جدول رقم (٢) جدول رقم (٣) , على الرغم من ان ايون الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم لها القدرة على تكوين مركبات معقدة مع ايون الهيدروكسيد التي تكون ذات قابلية جيدة على الترسيب الا اننا نجد ان المفقود من ايوني الصوديوم والبوتاسيوم اقل من نسبة المفقود لكل الايونات الموجودة في النموذج ذلك ان استقرارية المركبات المعقدة المتكونه تكون كبيرة كلما زادت شحنة الايون وقل نصف القطر الايوني له, [٨] .

ان جذر النترات ايضا له قابلية على تكوين ايون معقد مع ايون الالمنيوم وتكوين نترات الالمنيوم القابلة للترسيب كما ان نسبة المفقود من ايون الكبريتات الكبيرة تعود الى ميل هذا الايون لتكوين مركبات ذات شحنة موجبة وهذا مابينته الدراسة , [١١] ولغرض دراسة كفاءة هذه الطريقة في التعقيم تم اجراء فحص بكتريولوجي للعينات قبل وبعد المعالجة حيث وجد من خلال الفحص ان مياه الابار كانت خالية من البكتيريا في حين وجد ان ماء نهر المحاويل كان يحتوي على بكتيريا القالون (E.coli) بنسبة عالية جدا تم القضاء عليها بواسطة الضغط الازموزي الذي ينتج من الزيادة المتسارعة من الالكترونات حيث يقوم بتمزيق البكتيريا الاكياس الطفيلية وكذلك الفيروسات, [٧]..

جدول (١) التركيب الكيمياوي لاقطاب الانود

Components of iron anode			
C	**Si**	**Mn**	**Cr**
0.18	**0.17**	**0.60**	**0.05**
Components of aluminum anode			
Cu	**Mg**	**Si**	**Fe**
0.1	**0.5**	**0.3**	**0.5**



شكل (٢) مخطط سير العمليات والخلية الكهروكيميائية

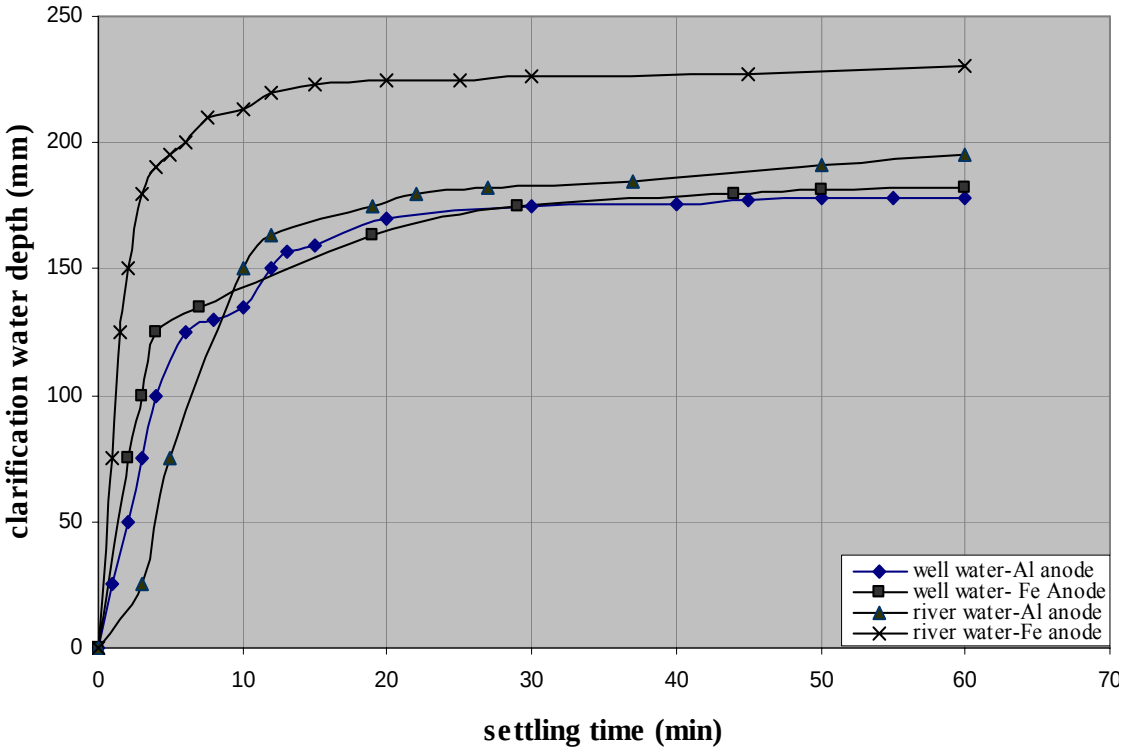
جدول (٢) نتائج الفحوصات قبل وبعد المعالجة الكهروكيمياوية(مديرية بيئة بابل)

ماء نهر المحاويل					
Test type	**Raw water ppm**	**Aluminum anode ppm***	**Carbon steel anode ppm****	**Aluminum anode Efficiency %**	**Carbon steel anode Efficiency %**
Ca^{++}	104	48	88	53.85	15.38
Mg^{++}	84	70	65	16.66	22.61
NO_3^-	32	12	10	62.5	68.75
T.H	478	360	380	24.69	20.5
PH	7.673	7.165	7.100	6.62	7.46
T.D.S	1150	886	930	22.96	19.13
K^+	6.5	6.6	6.5	0.0	0.0
Na^+	136.9	134.6	136	1.68	0.65
SO_4^{--}	281.9	125	112	55.65	60.26
T.S.S	188	15	3	92	98.4
E.Coli	10^7/m	0.0	0.0	100	100
ماء بئر الخانونية					
Test type	**Raw water ppm**	**Aluminum anode ppm*****	**Carbon steel anode ppm********	**Aluminum anode Efficiency %**	**Carbon steel anode Efficiency %**
Ca^{++}	230	170	216	26.08	6.08
Mg^{++}	329	280	294	14.89	10.64
NO_3^-	10	7.8	4	22	60
T.H	1700	1420	1530	16.47	10
PH	8.20	7.45	7.178	9.15	12.46
T.D.S	5280	4930	4600	6.63	12.88
K^+	5.33	5.5	5.35	0.0	0.0
Na^+	603.5	593	600	1.7	0.579
SO_4^{--}	3167.2	2450	2483	22.64	21.6
T.S.S	2	0.1	0.1	95	95
E.Coli	0.0	0.0	0.0	100	100

* Volumetric flow rate 8cm^3/sec, Voltage 24 V, Current 0.4 A
** Volumetric flow rate 8cm^3/sec, Voltage 24 V, Current 0.35 A
*** Volumetric flow rate 8cm^3/sec, Voltage 24 V, Current 0.7 A
**** Volumetric flow rate 8cm^3/sec, Voltage 24 V, Current 0.6A

جدول (٣) المواصفات العالمية لمياه الشرب , [١].

Test Type	W.H.O		U.S.P.H.S
	Min	Max	Max
K^+	-	-	20
Na^+	-	-	200
Mg^{++}	30	150	125
Ca^{++}	75	200	200
^-Cl	200	600	250
SO_4^-	200	400	250
HCO_3^-	-	-	500
PH			
T.A			
TH			
TDS	500	1500	1000



شكل(٣) سرعة الترسيب للمعالجة الكهروكيمياوية

الاستنتاجات

١- أظهرت النتائج كفاءة الطريقة الكهروكيمياوية في إزالة المواد الصلبة العالقـة والبكتريـا حيث بينت النتائج إن استخدام الحديد كانود اظهر كفاءة أعلى في إزالة المـواد الـصلبة العالقة وايونات الكبريتات والنترات مقارنة باستخدام الألمنيوم كـانود ذلـك ان سـرعة الترسيب باستعمال الحديد كانود كبيرة مقارنة باستعمال الألمنيوم كانود حيث ان الـوزن الجزيئي لهيدروكسيد الحديد كبير إذا ما قورن بالوزن الجزيئي لهيدروكسيد الألمنيوم وهذا يعطي الحديد خاصية أفضل في إزالة العكورة والمواد الصلبة العالقة.

٢- بما ان العالم يتجه الان الى استخدام طرق معالجة صديقة للبيئة فمن الجـدير بالاهتمـام التوجه الى طرق معالجة للماء يتم فيها الاستغناء عن استخدام الكلور في التعقيم لذلك تـم تجريب الطريقة الكهروكيمياوية.

٣- ان نسبة الملوثات في مياه المصدر تتغير باستمرار لكن كمية الشب المضافة لاتتغير تبعا لذلك في الطريقة التقليدية مما يؤدي الى زيادة في كمية الالمنيوم المتبقي في الماءالمعالج او انخفاض في نسبة الازالة وما لذلك من تاثيرات على الصحة ونوعية المـاء والانابيـب الاسالة اما في الطريقة الكهروكيمياوية في المعالجة فيمكن التحكم بكمية المادة المخثـرة المضافة وتغيرها مع تغير نسبة الملوثات في مياه المصدرمن خلال التحكم بقيمة التيـار الكهربائي بصورة أوتوماتيكية.

التوصيات

١- تفتقر الطريقة الكهروكيمياوية الى دراسة توضح امكانية استخدام هـذه الطريقـة فـي محطات المعالجة عالية الانتاجية.

٢- تفتقر الطريقة الكهروكيمياوية الى دراسة توضح العمر التشغيلي للاقطاب ومشاكل التشغيل والصيانة.

المصادر

١-عبد الحسن خضير الشكر,"دراسة صلاحية المياة الجوفية في مدينـة الحلـة للاسـتخدامات المختلفة" ,مجلة جامعة بابل / العلوم الهندسية/ المجلد ٥ / العدد ٥ : ٢٠٠٠ .

٢-محمد عبد مسلم عبد اللة الطفيلي, "فعالية القوه الايونية للاملاح في مياه نهر الفـرات علـى نسبة الازالة باستخدام مادة الشب" ,مجلة جامعة بابل / العلوم الهندسية/ المجلد ٥ / العـدد ٥ : ٢٠٠٠ .

3-APHA, AWWA, APCF, "Standard Method of Examination of Water and Waste Water", 14 th Ed.(Apha Washington, D.C.,1985).

4-Driscoll,Ch.T.,and Letterman,R.D.,"Chemistry and Fate of Al(III) in Treated Drinking Water" Jour. of ASCE,Vol.114.No.1,1988.

5-L.M.Balmer and A.W.Foulds,"Separating Oil from Oil-in –Water Emulsions by Electroflotation/ Electrocoagulation ", Jour. of Filteration and Separation,Vol.23,No.6,1986.

6-Mahmud,T.A.,and Dawood,D.M.,"Aluminum in River and Drinking Water at Mousl", Jour. of Al-Rafidin Engineering ,Mousl,Iraq,Vol.1,No.1,1993.

7-Powel Water System INC., 1994-2001.(www.powel.water.com)

8-Stumm,W., and Mogan, J.J.,"Aquatic Chemistry an Introduction Emphazing Chemical Equilibria in Natural Waters" 2nd .Ed .,John Wiley and Sons inc ., New York,1981.

9-Sawyer,C.N.,and Mcarthy.p.l.,"Chemistry for Environmental Engineering", Mcgraw Hill Company Inc.3rd.ed.,1978.

10-Stumm,W.,and Morgan ,J.J,"Chemical Aspects of Coagulation",Jour. of AWWA,Vol.54,No.8,1962.

11-Vermullan,A.C.,et al.,"Hydrolysis Precipitation Studies of Aluminum(III) Solutions",Jour. .of Colloid interface Sci.,Vol.51,1975.