

الحيالي : تحري تأثير كل من الحمل العضوي وتركيز الحمأة ونسبة تركيز المعدن إلى تركيز الحمأة على إزالة ...

تحري تأثير كل من الحمل العضوي وتركيز الحمأة ونسبة تركيز المعدن إلى تركيز الحمأة على إزالة الكادميوم والرصاص في وحدات الحمأة المنشطة

محمد سالم شهاب
قسم الهندسة المدنية/ كلية الهندسة

عبدالله اسماعيل الحيالي
قسم الهندسة المدنية/ كلية الهندسة
جامعة الموصل

رياض محمود صالح
مركز بحوث البيئة والسيطرة على التلوث
Alobaidi_rivadhms@yahoo.com

الخلاصة

يهدف البحث إلى تحري تأثير كل من معدل الحمل العضوي وتركيز الحمأة في حوض التهوية ونسبة تركيز المعدن إلى تركيز الحمأة على إزالة الكادميوم والرصاص في وحدة حمأة منشطة ، وقد تم الاعتماد على العمل بالحجم المختبري لتحقيق أهداف الدراسة ، وذلك من خلال استخدام أربعة أحواض زجاجية ، احدها للمراقبة والأخرى تم فيها تسليط تراكيز ابتدائية معينة من كل من معدن الرصاص والكادميوم (5، 10، 20) ملغم/لتر، وقد تم احتساب معدلات استيعاب الحمأة للمعدن في ظل ظروف الدراسة، وقد جرى من خلال نتائج الدراسة حساب الثوابت الحركية للإزالة متمثلة بمعادلتى فرندلج ولانكمير كل على حدة ، وقد أظهرت الدراسة ارتباطا قويا بين سعة استيعاب الحمأة للكادميوم على الحمل العضوي بشكل كبير عند التراكيز الابتدائية الثلاثة، بينما للرصاص فقد اظهر اعتمادا قليلا عند التراكيز الابتدائية العليا المسلطة للمعدن ، وأخيرا لم يكن لتركيز المعدن تأثير واضح على كفاءة إزالة المواد العضوية ضمن مدى الحمل العضوي المتبع في هذه الدراسة .

الكلمات الدالة : الكادميوم ، الرصاص ، الحمأة المنشطة ، معادلة فرندلج ، معادلة لانكمير ، الحمل العضوي

Investigate the Effects of F/M, MLSS, and Metal/MLSS Ratio on the Removal of Cd and Pb in the Activated Sludge Units,

Riyad M. Alobaidi Abdullah I. Al-Hyaly Mohammed S. Shihab

Abstract

The objective of this research is to investigate the effect of each of the average organic load, the mixed liquor suspended solids(MLSS) in aeration tank and the ratio of concentration of metal to the MLSS on removal of cadmium and lead in activated sludge unit. Bench scale unit was used to conduct this study. Four glasses container were used, one for monitoring and others for examination of specific doses of lead and cadmium (5,10,20)mg/l. The capacity of sludge for metal under conditions of study were calculated. Dynamic constant of removal was computed depending on the result of study demonstrated as Frenlich and Langmuir equations, it is clearly shown that the relationship between capacity of sludge for cadmium to organic load is strong at three initial doses while lead was less correlated at the upper initial doses. As a result concentration of metals doesn't affect the removal efficiency of organic material at the range of the organic load used.

Keywords: Cadmium, Lead, Activated sludge, Frenlich Equation, Langmuir Equation, Organic load

المقدمة

أصبح محتوى مياه الفضلات المدنية والصناعية من المعادن الثقيلة متزايداً في العقود الأخيرة وذلك بعد دخول الكثير من المنتجات للاستخدام في كثير من المجالات في البيوت فضلاً عن الصناعات المختلفة. وللخطورة التي تشكلها المعادن الثقيلة على صحة الإنسان والبيئة بشكل عام أصبحت إزالتها من هواجس هندسة معالجة مياه الفضلات.

هناك مصدران رئيسيان للمعادن الثقيلة في البيئة ، مصدر طبيعي و آخر صناعي أو بشري، فالمصدر الطبيعي يتمثل في تعرية وتفتت الصخور الحاوية على المعادن وهذا يقود الى وصولها الى النباتات والحيوانات والتربة والماء، أما المصدر البشري فهو على نوعين : مصدر منتشر وأخر نقطي ، فالمنتشر يكون في المناطق الحضرية وخصوصاً المدن المزدهمة ، فالغبار الذي يتواجد في الشوارع يحتوي نسبة عالية من المعادن الثقيلة نتيجة حركة المرور؛ ويُخمن تركيز الرصاص في غبار الشوارع داخل المدن بحدود (1000-10000 ملغ/كغم من الغبار) ، بينما في المناطق الريفية فقد يصل الى (300-400 ملغ/كغم) ، والمعدن الرئيس الموجود في غبار الشوارع هو الرصاص ، ومن ثم الكاديوم الذي يأتي من المطاط المستعمل في صناعة الاطارات، أما المصادر النفطية للمعادن الثقيلة فمعظمها صناعية [16] .

تجدر الإشارة الى أن الكاديوم له مصدر متزايد وهو بطارية النيكل-الكاديوم القابلة للشحن (rechargeable Ni-cad Batteries) وهي مستخدمة بكثرة وقد تجد طريقها (كنفائيات صلبة بطارية او بأخرى الى المجاري لتصل محطة معالجة الفضلات). كما أن أماكن صيانة السيارات تطرح نسبة كبيرة من معدني الرصاص والكاديوم الى المجاري [16] و [17]. لذلك كان لهذين العنصرين أهمية في متابعة إزالتها من مياه الفضلات.

تعد الوحدات البيولوجية من الوحدات المهمة المعتمدة في تخفيف محتوى المطروحات من المعادن الثقيلة وخصوصاً وحدات الحمأة المنشطة. ويمكن أن تحدث إزالة المعادن الثقيلة في هذه الوحدات على مرحلتين، الأولى تتلخص بحصول ترسيب للدقائق العالقة التي تحمل المعدن الثقيل بشكل عالق، والثانية بحصول امتزاز على الدقائق البيولوجية (Sorption on biofloc) ومن ثم الترسيب في حوض الترسيب الثانوي [1]. يعتمد استيعاب الحمأة للمعادن الثقيلة على عدة عوامل أهمها [2]:

- 1- مدى ذوبانية العنصر
- 2- تركيز المعدن
- 3- الأس الهيدروجيني
- 4- تركيز المواد العضوية
- 5- تركيز الكتلة الحية في حوض التهوية.

واعتماداً على ما تقدم يمكن الدخول لموضوع البحث والتحري عن مدى تأثير الحمل العضوي وتركيز الحمأة في حوض التهوية وتركيز المعدن على كفاءة المعالجة في حوض التهوية وتركيز المعدن على كفاءة المعالجة في حوض التهوية وكذلك كفاءة إزالة الـ Cd والرصاص Pb وكذلك حساب ثوابت الإزالة لهذين العنصرين.

الدراسات السابقة

درس [1] إزالة المعادن الثقيلة بالحمأة المنشطة وقد أشار إلى أن الإزالة تتم على مرحلتين الأولى: بترسيب المعدن (الذي يكون عالقاً غير مذاب) على جزيئات الكتلة الحية أو باصطياده. الثانية: بامتصاص المعادن المزاحة على اللبادة البيولوجية ومن ثم ترسيبها في حوض الترسيب الثانوي. أما [3] فقد أكد على أن إزالة كل من النيكل والحديد والرصاص والنحاس والخراسين يمكن أن تزال بالحمأة المنشطة بكفاءة قد تصل إلى 90%. وقد درس [2] آلية إزالة المعادن بالحمأة المنشطة وقد أشارت النتائج إلى أن الإزالة تتمثل بطور امتصاص سريع للمعدن في فترة قصيرة (Short term) متبوعاً بطور امتصاص بطيء طويل الفترة. كما إن امتصاص المعادن التي تكون واطئة التركيز ينتج عن تكوين معقدات معدنية عضوية (Metal organic complexes). أما عند التراكيز العالية للمعادن فإنها تزال بالترسيب والأخذ من قبل الكتلة الحية Biomass. وقد وجدوا أن إزالة المعادن بالحمأة المنشطة تعتمد على عدة عوامل وهي ذوبانية المعدن، تركيز المعدن pH، تركيز المواد العضوية وكذلك تركيز الحمأة. كما وجدوا إن درجة أخذ المعادن من قبل الحمأة للرصاص أكبر ثم للنحاس ثم الكاديوم ثم النيكل.

الحيالي : تحري تأثير كل من الحمل العضوي وتركيز الحمأة ونسبة تركيز المعدن إلى تركيز الحمأة على إزالة ...

وقد أشار [4] إلى أن هناك مشكلة كامنة ممكن أن تظهر في وحدات الحمأة المنشطة التي تتلقى فضلات تحتوي معادن ثقيلة تتمثل تلك المشكلة بفقدان كميات من الكتلة الحية بسبب تكون اللبادات العضوية (Pin-point floccs) والدقائق المنفصلة عند الانتقال إلى حوض الترسيب الثانوي، وذلك بسبب التصاق المعدن على البوليمرات لتكون حالة من عدم التماسك للحمأة (Deflocculated).
وحديثاً أشار [5] إلى أن الحمأة المنشطة أو الطرق البيولوجية عموماً تعطي بدائل مشجعة لإزالة المعدن الثقيلة بدلاً عن الطرق الفيزيوكيميائية المكلفة نوعاً ما. وأشار كل من [6] و [7] إن اخذ الأحياء المجهرية للمعادن يكون مباشرة بطريقة التراكم الحيوي (Bioaccumulation) و/أو غير مباشرة كالامتصاص الحيوي (Biosorption). أشار [8] إلى استخدام لانكمير وفريندلج كأقدم المعادلات التي تصف حالات الامتزاز.

المبادئ النظرية

هناك معادلات عدة لوصف مدى قابلية الحمأة المنشطة (الكتلة البيولوجية Biomass) على إزالة المعدن الثقيلة وأحد هذه المعادلات يمكن اشتقاقها كالاتي على أساس تكوين معقد المعدن + السطح complex-metal complex [9]:

$$M + S = MS \quad \dots\dots\dots (1)$$

مع ثابت التوازن K_A تكون الحالة

$$K_A = \frac{[MS]}{[M][S]} \quad \dots\dots\dots (2)$$

حيث أن :

M: المعدن

S: المواقع السطحية للبكتريا والتي لم تشغل بعد بأي معدن

MS: معقد المعدن + البكتريا

K_A : ثابت التوازن للامتزاز (حسب الحالة)

وحيث تشير [] إلى تركيز بوحدة (moles/L) و { } ترمز للتركيز بوحدة (g/L).

ولسطح البكتريا المفترض تكون الكتلة الكلية S_T مساوية لمجموع المواقع المشغولة بالمعدن والفارغة أو كما يلي:

$$S_T = \{S\} + [MS]/y \quad \dots\dots\dots (3)$$

حيث أن :

S_T : الكتلة الكلية السطحية البكتريا (total bacterial (surface) mass) g/L.

y: عدد المواقع السطحية للمعادن في كل وحدة كتلة من البكتريا (mg/g)

وبتعويض معادلة (3) في معادلة (2) يمكن اشتقاق معادلة لانكمير (Langmuir Equation) كما يأتي:

$$\frac{[MS]}{S_T} = \frac{y[M]}{K_A + [M]} \quad \dots\dots\dots (4)$$

والشكل النهائي لمعادلة لانكمير تكون كالاتي:

$$Q = \frac{Q_{max}[C_f]}{K_L + [M]} \quad \dots\dots\dots (5)$$

حيث أن :

Q: معدل اخذ البكتريا للمعدن (mg/g biomass)

Q_{max} : المعدل الأقصى لأخذ المعدن (mg/g)

C_f : التركيز النهائي (عند التوازن) للمعدن في المحلول (mg/l)

K_L : ثابت لانكمير للامتزاز (mg/l). وللتبسيط تم اعتماد وحدة ملغم بدلاً من مول .

وحين وضع المعادلة بشكل خطي تكون:

$$\text{Equilibrium constant } \frac{1}{Q} = \frac{1}{Q_{max}} \left(\frac{1}{K_L C_f} + 1 \right) \quad \dots\dots\dots (6)$$

وهكذا نلاحظ إن ثابت الامتزاز K_L يكون متناسباً مع مقلوب ثابت التوازن

$$Q = [MS] / S_T \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$Y = Q_{max} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\frac{y}{K_A} = K_L \quad \dots\dots\dots (9)$$

يجب ملاحظة أن الثوابت K_A و K_L هي معتمدة وشرطية للحالة لأنها تعتمد على ظروف العمل من الأس الهيدروجيني pH والقوة الأيونية Ionic strength، وتركيز المعادن المتواجدة وكتلة الحمأة الموجودة، لذا يجب اختبار كل تلك الظروف للحصول على ثوابت تناسب الحالة من التشغيل.

كما يمكن وصف حالة الامتزاز للمعادن على الكتلة البيولوجية بالاعتماد على نموذج فرندلج Freundlich Model وهي معادلة تجريبية لوصف شدة الامتزاز للمعدن على الكتلة الحية وكما يلي:

$$Q = K_f C_f^{1/n} \quad \dots\dots\dots (10)$$

إذ أن:

Q: شدة الامتزاز (وكما مبين في أعلاه (mg metal/g biomass))

C_f : تركيز المعدن في المحلول عند حالة التوازن (mg/l).

$K_{f,n}$: ثوابت فرندلج واللذان يحددان ميل وحدة منحنى وصف الحالة [10].

كما إن n تبين الفة الحمأة للمعدن. والمعادلة (10) يمكن تبسيطها لتكون بالشكل التالي:

$$\ln Q = \ln K_f + 1/n \ln C_f$$

ويرسم ($\ln C_f$) إزاء ($\ln Q$) لتكون خط مستقيم يحدد شكل معادلة فرندلج. ويمكن استنتاج الثوابت K_f من التقاطع و $1/n$ من ميل المنحني الناتج. [11].

المواد وطرائق العمل

تم الاستعانة في هذا البحث بنموذج مختبري تمثله أربعة أحواض بلاستيكية اسطوانية الشكل بارتفاع 30 سم وقطر 10 سم وسعة 2.25 لتر وكما هو موضح بالشكل رقم (1). بعد تغذية الأحياء المجهرية وإيصالها إلى التراكيز المطلوبة بحدود 2500 mg/l، تم تعريض هذه الأحياء إلى جرعات معينة من المعادن الثقيلة تتمثل في معدن الكاديوم Cd والرصاص Pb وعلى شكل أملاح النترات كونها سهلة الذوبان في الماء، تم العمل بأسلوب الجريان بالجرعة (batch flow) فيما انقسم الجزء العملي إلى ثلاث مراحل:

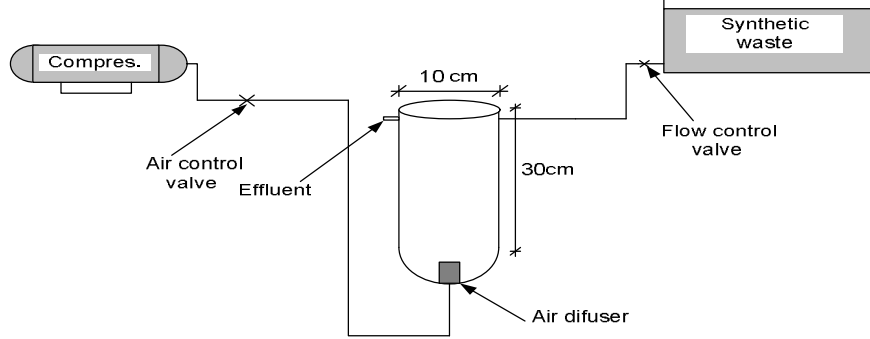
1- في المرحلة الأولى تم تسليط جرعات من نترات الرصاص وبتراكيز (5, 10, 20)mg/l توزعت على الأحواض الثلاثة على التوالي فيما استخدم الحوض الرابع كنموذج مراقبة (control) لاستبيان تأثير الحمل الصدمي للمعادن قيد الدراسة (Cd, Pb) على المعالجة وعلى نشاط الكتلة الحية وذلك من خلال مراقبة وفحص تراكيز المواد العضوية الذائبة والمقاسة على شكل COD في المطروحات المعالجة. بينما اتسم الحوض الرابع (حوض المراقبة) بخلوه من المعادن (أي لم تسلط عليه المعادن بأي تركيز) ومشابهته لبقية الأحواض من حيث التهوية ونسبة F/M.

2- في هذه المرحلة تم إضافة نترات الكاديوم وبنفس الأسلوب المذكور أعلاه حيث كانت الإضافة عبارة عن مزيج من نترات الكاديوم ونترات الرصاص كل على حدة وبالجرع (5, 10, 20)mg/l. وتم الاعتماد على أسلوب الجريان بالجرعة (Batch flow) في تغذية المفاعلات بالمواد العضوية وكانت إضافة الجرع السُمومية لمعدني Cd, Pb بشكل دوري ويومي ولمدة 10 أيام لكل مرحلة من المراحل الثلاث.

3- تم خلال كل مرحلة إجراء جملة من الفحوصات للمطروحات المعالجة عند نهاية فترة المكوث والتي هي 24 ساعة. والتي هي فحص معدل اخذ الأوكسجين (Oxygen Uptake Rate OUR) حيث تم إجراء هذا الفحص قبل وبعد تسليط جرعة المعدن لمختلف المراحل لمعرفة التأثير الصدمي لهذه المعادن على خصائص الحمأة ومدى استيعابها لهذا الحمل السمي، كذلك تم فحص تراكيز الرصاص والكاديوم عند نهاية فترة المكوث وذلك باستخدام جهاز الامتصاص الذري (Atomic Absorption) في مختبر هندسة البيئة التابع لقسم الهندسة المدنية بجامعة الموصل. كما تم تغذية الحمأة بحمل عضوي ثابت تقريباً تراوحت تراكيز الـCOD الداخل ما بين (300-350)mg/l وذلك باستخدام محلول اصطناعي تمثل في الحليب الجاف وذلك للحفاظ على نسبة الكربون إلى النيتروجين. والتي هي ضرورية من اجل استدامة النشاط الأحيائي للحمأة (الأحياء المجهرية) وبقائها. كما تم المحافظة على قيم pH ثابتة تقريباً لمياه الإسالة المستخدمة في البحث (7.6±0.1) للحفاظ على نوبانية مستقرة بالنسبة للمعدنين. أما فيما يخص تراكيز المواد الصلبة العالقة SS فتم إجراءها بشكل دوري منقطع للحفاظ على تراكيز حمأة ثابتة في الحوض الواحد. تم الاعتماد على الطرق الوزنية حسب ما ورد في الفحوص القياسية للمياه [15].

الحيالي : تحري تأثير كل من الحمل العضوي وتركيز الحمأة ونسبة تركيز المعدن إلى تركيز الحمأة على إزالة ...

وأخيرا ، من أجل تحري مدى تراكم هذه المعادن واستيعابها في جسم الحمأة، تم اخذ 1 gr من الحمأة وهضمه في حامض النتريك المركز (1 N) ولمدة 24 ساعة. بعدها تم فحص تراكيز Cd , Pb المتراكمة في جسم الحمأة طوال فترة البحث وكما هو مبين في النتائج.



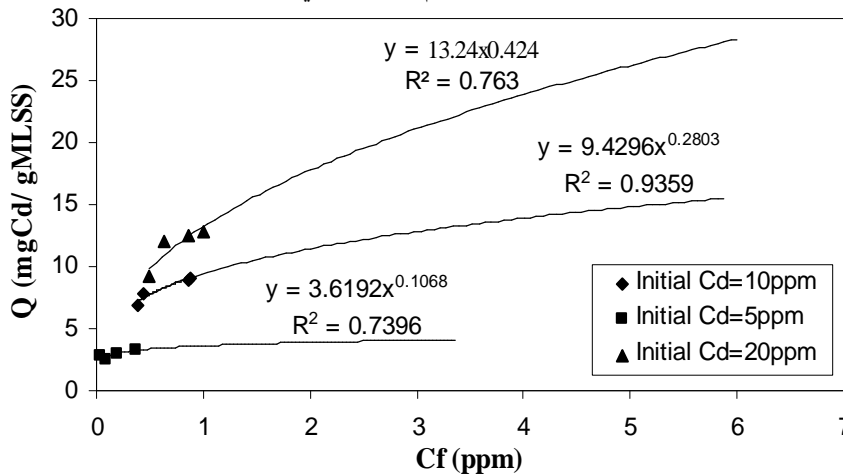
شكل (1): النموذج المختبري المستخدم في البحث

النتائج والمناقشة

إن كل قراءة معتمدة في النتائج هي في الواقع تأتي بعد عدة محاولات لحين الوصول الى حالة من شبه الاستقرار في العمل (أي بما أن العمل بالجرعة فمن الصعب جدا الوصول الى حالة الثبات steady state، لذا تم الاعتماد على استقرار العمل بشكل تقريبي ومن ثم اعتماد القراءات والنتائج)، والوقت 24 ساعة كاف لحصول التوازن في تركيز المعدن بين المحلول والحمأة ، وهذا مؤكد لان الكثير من الباحثين أشاروا إلى أن الفترة المطلوبة للوصول الى حالة التوازن قد تصل إلى (6-7) ساعات، وان إطالة الأمد إلى 24 ساعة لا يظهر نتائج مختلفة [13]، بينما أشار بعض الباحثين إلى أن الحالة تحتاج إلى 1-2 ساعة فقط [9]. وبالنسبة لحسابات مدة مكوث الحمأة (θ_c) فقد تم تثبيتها عند 10 أيام (لأن هذا المؤشر له تأثير على سعة استيعاب الحمأة كما أشار بعض الباحثين [4] وقد تم تثبيته لتلافي تأثيره) بالتحكم يطرح قليل من الحمأة بشكل يومي اعتمادا على تركيز الكتلة الحية داخل أحواض التهوية المختلفة.

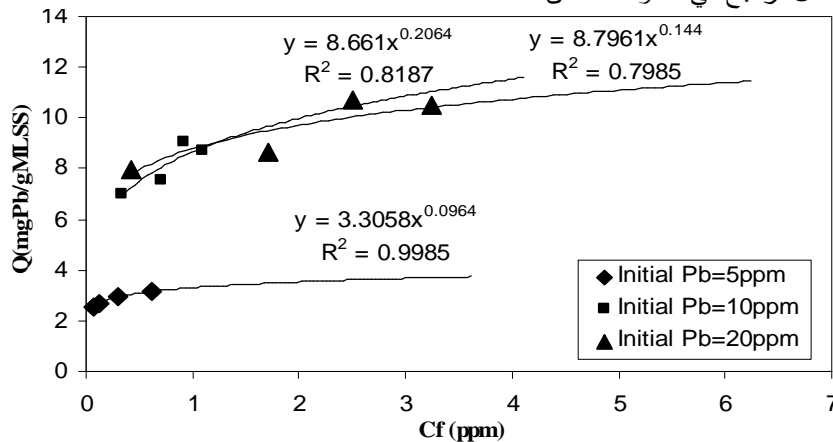
1- سعة استيعاب الحمأة للكاميوم والرصاص Cd & Pb sludge uptake capacity

باستخدام الطريقة المشروحة في طرائق العمل لإضافة المعدن إلى أحواض التهوية وبعد 24 ساعة تؤخذ النماذج للتحليل ولأحواض الثلاثة (5, 10, 20)mg/l لوحظ أن الحمأة تستهلك أو تأخذ الكاديوم وكما يبينه الشكل (2) وكما ملاحظ فان سعة الحمأة وثابت التوازن للامتزاز عند 5ppm هو 3.6 وعند 10ppm يكون 9.4 وعند 20ppm يكون 13.24 وتكون له علاقة مباشرة مع تركيز المعدن الابتدائي وتركيز المعدن في المحلول لدى التوازن. وهذا يبدو مقاربا بعض الشيء لما وجدته [13] حيث بينا إن سعة استيعاب الحمأة للكاميوم عن التوازن بلغت (39.1 mg Cd/ g biomass) عند تسليط الكاديوم بتركيز أولي (100 mg/L).



شكل (2):سعة استيعاب الحمأة للكاميوم عند تراكيز مختلفة

أما بالنسبة لعنصر الرصاص Pb فكما نرى من الشكل (3) نجد إن سعة استيعاب الحمأة قد تكون تعثرت أو توقفت عن حد معين عند تجاوز التركيز الابتدائي لـ (10 ppm) ووصوله لـ (20 ppm). ويمكن القول بأن استيعاب الحمأة للرصاص قد وصل إلى نقطة الانكسار (أو الاختراق لسعة الحمأة للرصاص Breakthrough point) في هذه الدراسة عند وصول التركيز الأولي للرصاص 20 ملغ/لتر. أي أن هناك حداً معيناً لاستيعاب الحمأة للرصاص، وتكون العلاقة قوية بين تركيز التوازن في المحلول Cf وسعة استيعاب الحمأة للمعدن Q إلى حد ما كما يمكن ملاحظة ذلك من خلال معامل الارتباط R² والذي يساوي 0.99 بالنسبة للحوض الأول (5 ppm) مع تناقصه في الحوضين الآخرين. تجدر الإشارة إلى أن سعة استيعاب الحمأة لأي معدن قد تصل إلى حد معين ومن ثم يحصل تراجع في احتواء المعدن.

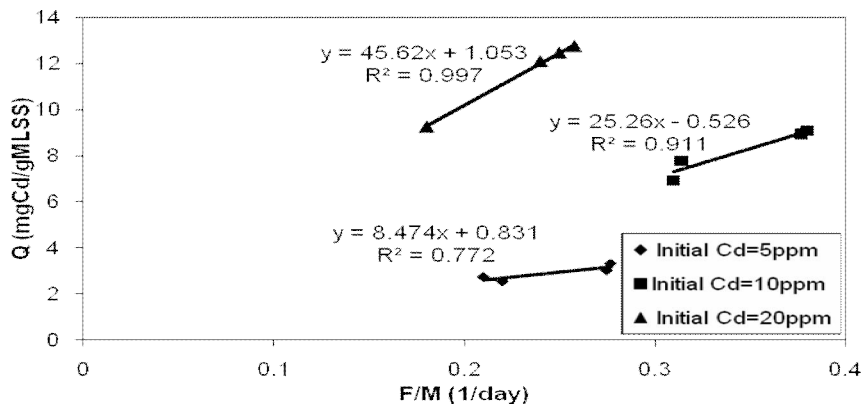


شكل (3): سعة استيعاب الحمأة للرصاص عند تراكيز مختلفة

2- تأثير الحمل العضوي على سعة استيعاب الحمأة للمعادن

من المتوقع أن يكون هناك تأثير مهم لمقدار الحمل العضوي في حوض التهوية وذلك لأسباب تركيبية (تتعلق بهيكل الكتلة الحية) وتتعلق بمدى وفرة الأماكن (أي المواقع السطحية التي يمكن أن تشغل بمعدن كما ورد في مقدمة المبادئ النظرية (S)) التي تحتويها الكتلة الحية لاقتصاص المعدن ومدى تأثر تلك الأماكن بمحتوى المواد العضوية متمثلاً بنسبة (الغذاء/ الكتلة الحية) (F/M).

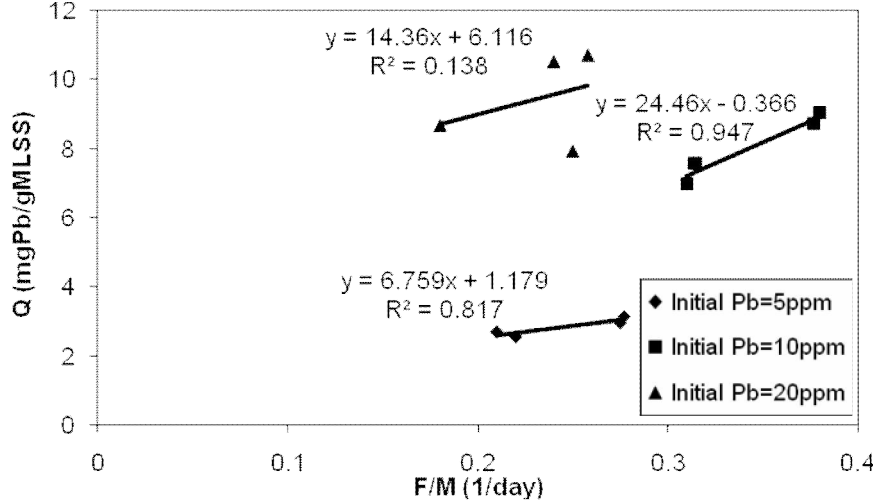
وقد لوحظ في هذا العمل أن هناك ترابطاً معنوياً بين نسبة (F/M) مع سعة استيعاب الحمأة للكاديوم، بيد أن ذلك الترابط لم يبدُ واضحاً إلا عند كل حوض من الأحواض على حدة (أي إذا أهملنا تأثير التركيز الأولي للمعدن (في التمثيل البياني للعلاقة) فإن العلاقة بين تركيز الكاديوم في المحلول وسعة استيعاب الحمأة لا تكون معنوية بل لا توجد علاقة واضحة، أما إذا عزلنا (في التمثيل البياني) كل تركيز أولي أي كل حوض فإن العلاقة ستكون معنوية ومؤثرة) وكما يمكن ملاحظة ذلك من خلال الشكل (4)، حيث كانت العلاقة طردية وبمعاملات ارتباط مهمة كما مبين في الشكل.



شكل (4): تأثير الحمل العضوي على استيعاب الحمأة للكاديوم

الحيالي : تحري تأثير كل من الحمل العضوي وتركيز الحمأة ونسبة تركيز المعدن إلى تركيز الحمأة على إزالة ...

تجدد الإشارة إلى أن التوقع كان مخالفاً لما حصل، حيث كان متوقفاً أن يكون التناسب عكسياً وتفسير ذلك يتناغم مع النظرية التي تقول بأن البولييمرات الخارج خلوية exocellular والتي تكون مسؤولة بدرجة كبيرة عن اصطياد الايونات المعدنية في البكتريا يتزايد إنتاجها عند طور النمو (والذي يمثل غالباً تزايد نسبة F/M) [9]. وقد لوحظ بالنسبة للرصاص سلوك مشابه للحالة وللكاديوم وان كان بمعاملات ارتباط أوطأ كما يُرى من الشكل (5).



شكل (5): تأثير الحمل العضوي على استيعاب الحمأة للرصاص

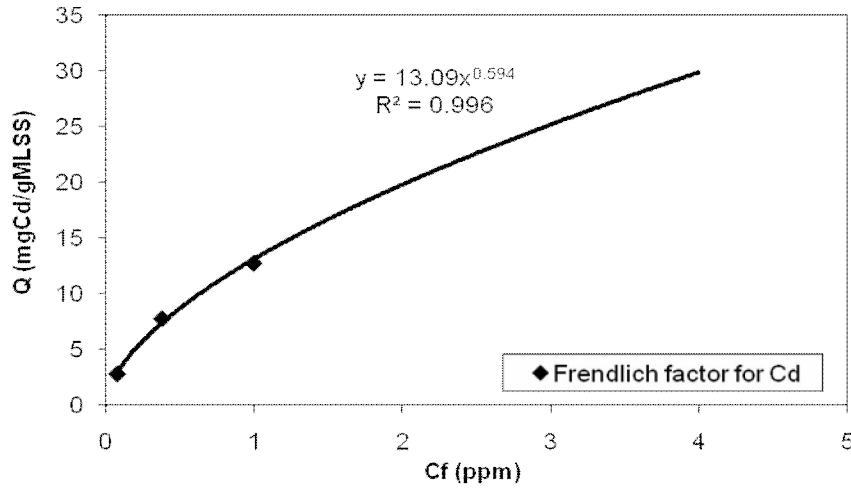
وقد يكون هناك تفسير آخر وهو أن جزيئات الغذاء تحمل معها نسبة من المعدن الموجود في المحلول ليُدخل هيكل الخلية بالاصطياد والامتزاز والامتصاص.

3- حساب الثوابت لمعادلات فرنديلج ولانكمير *The Kinetics of Frenlich & Langmuir*

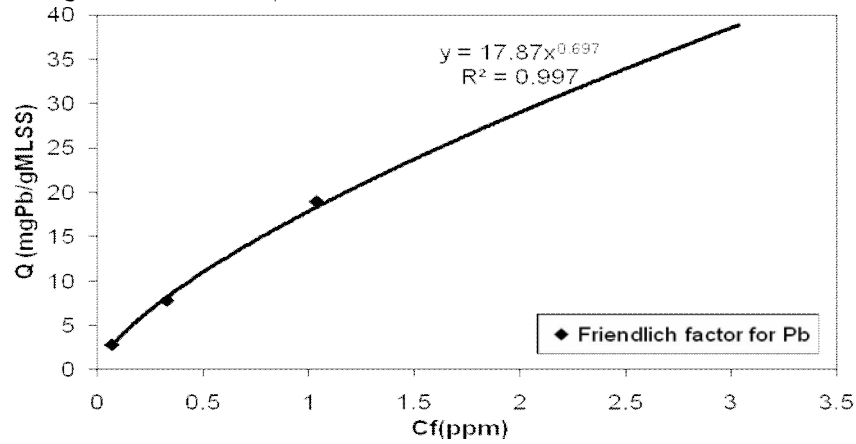
هذه الثوابت ضرورية لحساب كمية ما تستوعبه وحدات الحمأة المنشطة من المعادن الثقيلة التي يُعتاد وجودها في الفضلات القادمة (خصوصاً الصناعية)؛ وقد أُشير فيما سبق إلى أن هذه الثوابت والمعاملات تعتمد بشكل كبير على ظروف التشغيل المختلفة المحيطة، لذا نجد أن هناك تغيّراً كبيراً بين المعاملات التي أوجدها الباحثون السابقون. كما أن نوع المعادلة التي تحكم الحالة المدروسة قد يتغير (بالاعتماد على معامل الارتباط R^2) أي إن كلا المعادلتين تستخدمان لوصف النتائج المختبرية، والمعادلة التي تكون ذات معامل ارتباط أكبر هي التي تُعتمد في وصف النتائج، إذ وجد [13] إن معادلة لانكمير تطبق بشكل أفضل على الحالة من معادلة فرنديلج، بينما وجد آخرون [14] إن كلا المعادلتين تستخدمان لوصف الحالة وإن معاملات الارتباط كانت مقاربة للواحد. وعلى أية حال فإن ذلك قد يتعلق بالتركيز ومداه والمتغيرات الأخرى ضمن الحالة المدروسة.

ثوابت فرنديلج *Frenlich factors*

يمكن إيجاد هذه الثوابت بالاعتماد على المعادلة رقم (10) ورسم علاقة التركيز للمعدن في المحلول عند التوازن Cf إزاء سعة الامتزاز للكتلة الحية لنفس المعدن Q. واختيار أفضل خط يمر بالنقاط الناتجة. وقد كانت النتائج كما مبينة بالأشكال (6) و (7) لكل من الكاديوم والرصاص وقد لوحظ أن ثابت فرنديلج K_F للكاديوم يساوي 13.09 l/g بينما للرصاص 17.8 l/g أما قيم n فقد كانت للكاديوم 1.68 وللرصاص 1.43 علماً أن آخرين [13] وجدوا إن قيم n تكون أكبر للرصاص منها للكاديوم. (تجدد الإشارة إلى استخدامهم لوساطة نقية من بكتريا *Pseudomonas sp.*) وقد يكون هذا سبب الاختلاف فضلاً عن نوعية الغذاء المستخدم واختلاف طريقة المعالجة.

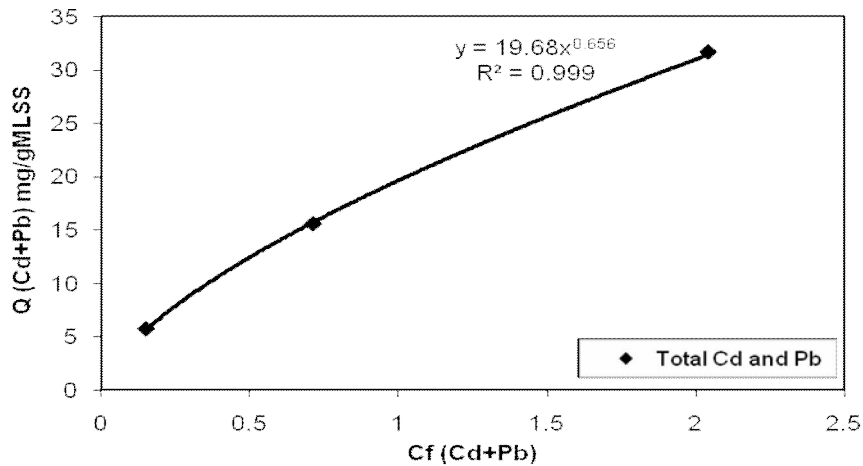


شكل (6): العلاقة بين سعة استيعاب الحمأة للكاديوم وإيجاد ثوابت فرندلج



شكل (7): العلاقة بين سعة استيعاب الحمأة للرصاص وإيجاد ثوابت فرندلج

أما حين تسليط المعدنين معاً فإن الوضع يختلف كما يمكن ملاحظة ذلك في الشكل (8) ونرى إن $K_F=9.68$ وهذا يدل على أن تسليط كل معدن على حدة يكون أسهل بالنسبة للحمأة استيعابه وقد لاحظ [14] ذلك من خلال تأثير خليط من المعادن على الكتلة الحية.



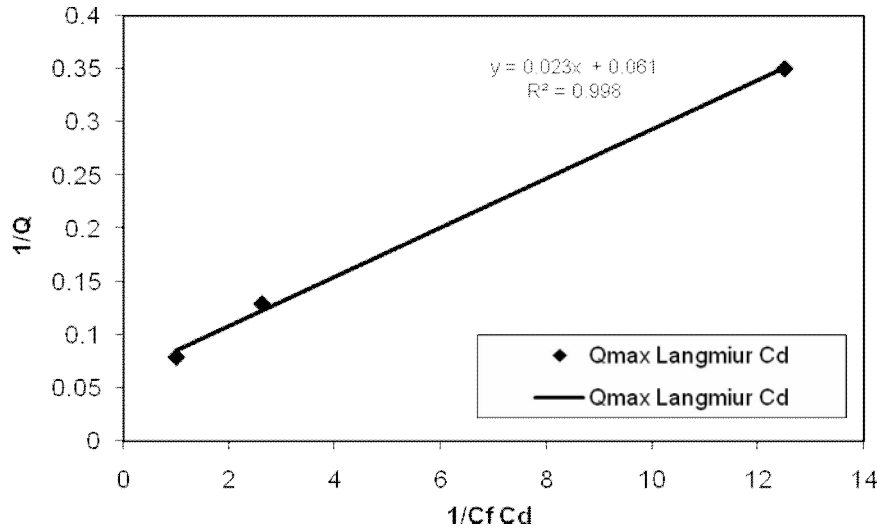
شكل (8): العلاقة بين سعة استيعاب الحمأة لخليط من الكاديوم والرصاص وإيجاد ثوابت فرندلج . ويمكن من خلال الأشكال أعلاه متابعة عوامل الارتباط ومدى اقترابها من 1 وقبولها كمعادلة لتمثيل الحالة.

الحيالي : تحري تأثير كل من الحمل العضوي وتركيز الحمأة ونسبة تركيز المعدن إلى تركيز الحمأة على إزالة ...

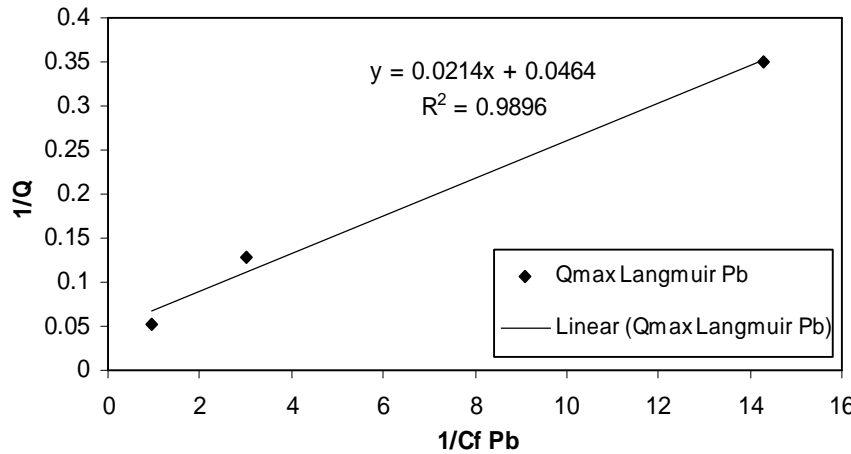
ثوابت لانكمير Langmuir factors

وضح [11] أنه لحساب عوامل لانكمير من المعادلة (5) يجب رسم Cf/Q إزاء Cf أو من رسم $1/Q$ إزاء $1/Cf$ ، والميل للمستقيم الناتج يمثل قيمة K_L بينما يمثل التقاطع قيمة Q_{max} وهي قيمة سعة الامتزاز القصوى للحمأة أو عند السرعة القصوى.

وكما يلاحظ من الشكل (9) فإن $Q_{max}=16.26$ للـ (Cd) و $K_L = 0.023$ 1/g ومن الشكل (10) نجد أن Q_{max} للرصاص = 21.55 ملغ رصاص/غم من الحمأة، و $K_L = 0.0214$ 1/g . (وقد وجد [13] ان قيمة Q_{max} للـ (Cd) = 103 ملغ/غم وان قيمة $K_L = 0.044$ 1/g علما انهما استخدمتا حمأة منشطة مجففة تماما وبتركيز كادميوم أولي = 100 ملغ/لتر).



شكل (9): ايجاد ثوابت لانكمير للكاديوم

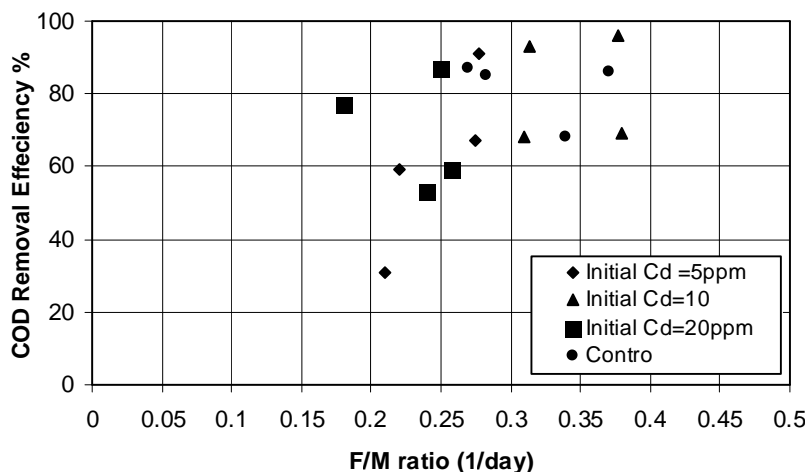


شكل (10): ايجاد ثوابت لانكمير للرصاص

4- كفاءة إزالة المواد العضوية

تعد إزالة المواد العضوية من المهام الرئيسية للوحدات البيولوجية لذا من المهم متابعة عمل الوحدة عند التعرض لجرعة من المعادن الثقيلة في الفضلات القادمة. وقد تم كما مبين في طرائق العمل اعتماد حوض مراقبة (control) فضلا عن الاحواض الثلاثة لمتابعة كفاءة إزالة المواد العضوية ومدى تأثيرها بالمعادن الثقيلة. وفي الواقع لم تظهر علاقة جلية تربط كفاءة الإزالة مع نسبة F/M مع تركيز المعدن الأولي في الأحواض وظهرت العلاقة كما مبين بالشكل (11). ويمكن القول بأن وجود المعادن الثقيلة بالتراكيز المستخدمة لم يؤثر على كفاءة الإزالة بدرجة واضحة وقد أشار لشيء من ذلك بعض الباحثين من خلال الحديث عن أن تأثير البكتريا بالمعادن

الثقيلة لا يظهر إلا بعد فترة وقد لا يظهر (من خلال التأثير على الإنزيمات)، أو لكون المعادن الثقيلة تتعامل مع الأنسجة الخارجية للأحياء المجهرية فلا يؤثر ذلك على كفاءة إزالة المواد العضوية بشكل عام. ومن هؤلاء الباحثين [15] وقد أشارا أيضا إلى أن تنوع الأحياء المجهرية الكبير يجعل هناك فئات قليلة منها تتأثر بسمية المعدن دون أن تؤثر على النسيج الكلي للكتلة الحية وبالتالي لا يظهر تأثير سمية المعدن على كفاءة عمل الحمأة المنشطة بشكل عام (على الأقل ضمن التراكيز المستخدمة في هذه الدراسة).



شكل (11): تأثير الحمل العضوي والتركيز الأولي للكادميوم على كفاءة إزالة المواد العضوية.

تأثير نشاط الحمأة بالمعادن

يمكن مراقبة نشاط الكتلة الحية في حوض التهوية بعدة طرق ومنها حساب معدل استهلاك الأوكسجين (OUR) وكلما تزايد معدل الاستهلاك دل ذلك على زيادة نشاط الحمأة. وفي جميع الاختبارات في هذه الدراسة كان معدل (OUR) يُظهر تزايداً بعد إضافة المعادن ، وقد أعزى ذلك إلى أن المعادن (Pb , Cd) كانت تضاف كملح نترات المعدن (نترات الكاديوم ونترات الرصاص) وهذا يؤدي إلى تزايد نشاط البكتريا الخاصة بالنترجة ليزيد استهلاك الأوكسجين، إذ أن (OUR) يحسب استهلاك الأوكسجين للغذاء الكربوني Carbonaceous substrate والنيتروجيني Nitrogenous خصوصاً وأنه لم تضاف مادة تثبط عمل بكتريا النترجة لذا ظهر تزايد في استهلاك الأوكسجين وذلك ليس بالضرورة دليلاً على نشاط البكتريا نتيجة المعادن الثقيلة.

الاستنتاجات:

- 1- يمكن من خلال ما سبق استنتاج ما يلي :
 هناك علاقة واضحة بين نسبة F/M وسعة استيعاب الحمأة للكاديوم عند تثبيت التركيز الأولي للمعدن (5 او 10 او 20 ملغ/لتر) ؛ بينما كانت العلاقة واضحة عند تثبيت التركيز الأولي للرصاص الى حد 5 و 10 ملغ/لتر و اختلفت عند زيادة التركيز الى 20 ملغ/لتر .
- 2- لم تتأثر كفاءة إزالة المواد العضوية في وحدة الحمأة المنشطة عند تسليط أي من معدني الرصاص او الكاديوم الى حد تركيز 20 ملغم/لتر .
- 3- يمكن استخدام معادلتني فرنديج ولانكمير في تمثيل نتائج استيعاب الحمأة للمعدنين (على الرغم من اختلاف معاملي الارتباط لكل معادلة).

التوصيات

- 4- دراسة زيادة التركيز الأولي لكل من الرصاص والكاديوم (الى ما يزيد على 20 ملغ/لتر) لملاحظة تأثيرها على الحمأة المنشطة.

الحيالي : تحري تأثير كل من الحمل العضوي وتركيز الحمأة ونسبة تركيز المعادن إلى تركيز الحمأة على إزالة ...

5- اعادة اجراء الدراسة على المعادن الاخرى لاستنتاج الثوابت المختلفة الضرورية في متابعة ازلتها في الوحدات الواقعية القائمة.

المصادر

- 1- Oliver, B.G., and Cosgrove, E.G., "The Efficiency of Heavy Metal Removal by a Conventional Activated Sludge Treatment Plant" Water Research (G.B), 8, 869 (1974)
- 2- Cheng, M.H., J.W. Patterson, and R.A. Minear. (1975) (Heavy Metal Uptake by activated sludge) Jour of WPCF, 47, 362(1975).
- 3- Stones,T. "The fate of Nickel During the Treatment of Sewage" Jour. Inistit. Sewage purification. (1959).
- 4- Nelson, P.O. et al (1981) "Factors affecting the fate of heavy metals in the activated sludge process" Jour. Of WPCF, vol53, 8, 1232-1333.
- 5- Akgerman A and Zardkoochi M (1996), Adsorption of phenolic compounds on Fly Ash. J. Chem. Eng. Data. 41: 185-191.
- 6- Igwe, J. C. and Abia A.A. (2006). "A bioseparation process for removing heavy metals from waste water using biosorbents" African Journal of Biotechnology Vol. 5 (12), pp. 1167-1179,
- 7- Neufeld, R.D., (1976). "Heavy Metals Induced Deflocculation of Activated Sludge" Jour. Water Poll. Control Fed., vol 48, p1948.
- 8- Kapoor, A. and Viraraghavan, T. Fungal biosorption- an alternative treatment option for heavy metal bearing wastewater: a review. Bioresource Technology, 1995, vol. 53, no. 3, p. 195-206.
- 9- Hussein, H.; Krull, R.; Abou El-Ela, S.I. and Hempel, D.C.(2001) "Interaction of the different heavy metal ions with immobilized bacterial culture degrading xenobiotic wastewater compounds". In: Conference Proceedings: International Water Association World Water Conference. (2°, 15th - 19th October, 2001, Berlin, Germany).
- 10- Shumate, E.S. And Strandberg, W.G. (1985). "Accumulation of metals by microbial cells". Comprehensive Biotechnology, , vol. 13, p. 235-247.
- 11- Muhammed, N.; Parr, J.; Smith, D.M. and Wheatley, D.A.(1998). " Adsorption of heavy metals in slow sand filters." In: proceedings of the WEDC Conference Sanitation and water for all.(24°, 1998, Islamabad, Pakistan). 1998, p. 346-349.
- 12- Benaissa , H., and Elouchdi, M.A., (2003). "Removal Of Cadmium Ions From Aqueous Solutions By Two Low-Cost Materials" Proceedings of Seventh International Water Technology Conference Egypt 1-3.pp 879-889.
- 13- Hussein ,H., Ibrahim,S. F, Kandeel, K. , Moawad, H., (2004). " Biosorption of heavy metals from waste water using Pseudomonas sp." Electronic Journal of Biotechnology, Vol. 7 No. 1, .
- 14- Sujarittanonta, S., and Sherrard, J.H., (1981). "Activated Sludge Nickel Toxicity Studies". Jour. Water Poll. Control Fed. Vol. 53, No8. p 1314.
- 15- APHA, AWWA, WEF. (2005). "Standard Methods for the Examination of water and wastewater", 21st ed. Washington, D.C., USA.
- 16- Jennifer,W (2002) . " Electrowinning; New Technology for heavy metals removal from Wastewater". Washington DC. USA.
- 17- <http://www.autismtoday.com/articles/heavymetals.html>.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة – جامعة الموصل