https://doi.org/10.33261/jaaru.2019.26.2.017 *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences (2019) 26(2): 140–144*

Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences
مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية

تأثير تغير درجة الحموضة ودرجة حرارة المياه على إزالة النيكل من المياه السطحية بالترسيب الكيميائي

ديالا وجيه شهاب

الهندسة البيئية ، كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث، حمص، سوريا، eleipjahew@hotmail.com

نشر في: 30 حزيران 2019

الخلاصة – يهدف البحث إلى توضيح العلاقة بين تغير مؤشرات المياه السطحية من درجة حرارة ودرجة الحموضة pH ، مع الجرعة المثالية من المخثر الكيميائي الشبة كبريتات الألمنيوم المائية لتخفيض تركيز النيكل إلى الحد المسموح به حسب المواصفة السورية القياسية رقم (45) لعام 2007، وبالتالي التوصل إلى المعادلات الرياضية المعبرة.أجريت سلسلة من التجارب بشروط وبظروف فصلية مختلفة لتحديد أثر العوامل السابقة على كفاءة التخثير، حيث تمت معالجة مياه بحيرة قطينة بالتخثير بالشبة ثم الترسيب فالترشيح، تمت دراسة تأثير تغير جرعة المخثر مع تغير pH المياه الخام ضمن المجال (8.5-6.5) ووصلت نسبة إزالة النيكل عند pH=8 إلى 75% ، وتمت دراسة تأثير تغير جرعة المخثر مع تغير درجة حرارة المياه الخام (من 5 حتى 25) درجة مئوية في تخفيض تركيز النيكل حيث وصلت نسبة إزالة النيكل عند درجة الحرارة oC20 إلى 85% ، وكل ذلك عند جرعة المخثر 30 mg/l.

الكلمات الرئيسية – pH ، الشبة ، المخثر.

1. المقدمة

إن معالجة المياه اللازمة للاستخدام المنزلي سوف تعتمد على نوعية مصدر المياه، فبعض المصادر(مثل الأنهار) تحتاج إلى معالجة أكثر من غيرها.تصل المعادن الثقيلة إلى المياه السطحية بسبب صرف مياه المصانع دون معالجة كافية أي ليست ضمن الشروط المسموحة للصرف.يستعمل الترسيب الكيميائي بشكل شائع في إزالة المعادن الثقيلة عن طريق ترسيبها كهيدروكسيد، تتفاعل أيونات المعدن الثقيل مع أيونات الهيدروكسيد لتشكيل ذرات صلبة.من طرق إزالة المعادن الثقيلة : الترسيب الكيميائي والتبادل الأيوني والامتزاز وأغشية الفلترة والتعويم، والطرق الكهركيميائية.تتألف مراحل المعالجة التقليدية للمياه السطحية من : التخثير الكيميائي والترسيب، والترشيح ، ويمكن تحقيق نسبة إزالة 35-80٪ من النيكل. [2,5,8] تستخدم العديد من المخثرات على نطاق واسع في عمليات معالجة المياه التقليدية لإنتاج مياه قابلة للشرب.تم استخدام PAC (poly-aluminum chloride) بعد تحضيره مخبرياً في ترسيب المعادن الثقيلة، ولكن لم يحقق نسبة إزالة كافية للكادميوم والنيكل، وقد تم تحسين إزالة النيكل والكادميوم بإضافة طين طبيعي للمياه (clay)وذلك لزيادة العكارة. وكلما زدنا العكارة زدنا نسبة إزالة النيكل والكادميوم، حيث وصلت إلى86% للنيكل،95% للكادميوم .[1]يتم إزالة للنيكل بشكل أفضل من المياه التي تحتوي على تراكيز عالية من المواد الصلبة العالقة، إضافة لمسحوق الكربون المنشط الممكن استخدامه لتعزيز إزالة النيكل.[7] زيادة pH مع وجود عكارة عالية يزيد فعالية إزالة النيكل ، والرقم الهيدروجيني الأمثل لإزالة النيكل بالترسيب باستخدام الكربون المنشط هو pH= 8 [5] ، ومع ذلك، أظهرت الدراسات أن كفاءة إزالة النيكل على الكربون المنشط سيئة.[6] اعتمدت طريقة التخثير في بحث آخر بإضافة بودرة ماغنيتيت وبولي ألمنيوم كلوريد (PAC) وبولي أكريلاميد (PAM)للمياه، عندما وصلت قيمة pH مياه الصرف إلى 10.03، تم إزالة 98.0% من النيكل، حيث تعزز جرعة الماغنيتيت انفصال المواد الصلبة عن السائل بطريقة التخثير. [3]

كما تم دراسة تأثير المخثران الشبة Al2(SO4)3 و Fe2(SO4)3 في تقليل مستوى المعادن في مياه النهر. تبين أن المخثرين جيدان في إزالة Cr و.Niعادة Fe2(SO4)3 أكثر فعالية في إزالة المعادن حيث وصلت نسبة الإزالة لكل من المعادن التالية كالآتي:Cr%89.58 ، Ni 99.73% ، Zn 68.42%، Mn%40.14 ، Cd%35.29 ، وكل ذلك عند جرعة مخثر 13 ملغ\ل [4] .

2. هدف البحث

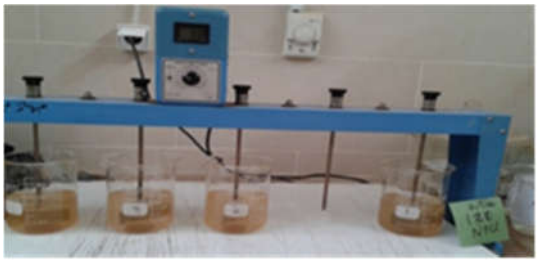
يهدف هذا البحث إلى تخفيض تركيزالنيكل في المياه السطحية ليصل للحد المسموح بوجوده في مياه الشرب وذلك حسب المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب رقم (45) لعام 2007، والتي تساوي 0.02 ملغ/ل، كما يهدف إلى تحديد الجرعة المثالية من المخثر الكيميائي تبعاً لعدة مؤشرات وهي درجة الحموضة pH ودرجة الحرارة في المياه الخام، وتعميم نتائج البحث على محطات التنقية.

3. مواد وطرق البحث

اتُبع في هذا البحث التخثير الكيميائي باستخدام الشبة ثم الترسيب والترشيح، حيث أظهرت الدراسات المرجعية مدى فعالية الشبة في تخفيض تركيز النيكل في المياه المعالجة.تم جلب مياه من بحيرة قطينة وتم تعديلها حسب سلاسل التجارب المجراة .تمّ إجراء سلسلة من التجارب المختبرية لتحديد تأثير تغيير المؤشرات pH ودرجة الحرارةعلى كفاءة مردود إزالة النيكل وتحديد الشروط المثلى للإزالة.التجربة المختبرية لتحديد الجرعة المثالية من المخثر:Jar Test تم إجراء التجارب باستخدام جهازJar test ؛ حيث كانت توضع الدوارق على الجهاز كما هو مبين في الشكل 1 ويضاف جرعات مختلفة من المحلول المخثر (الشبة) بتركيز

1726-4081© 2019 The author(s). Published by Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences. This is an open access article under the CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

g/l 4 ، وتخلط بسرعة 200 rpm لمدة دقيقتين لتحقيق مزج متجانس للمخثر تليها مرحلة خلط بطيء 30 rpm لمدة 7min لتحقيق عملية تشكل الندف بهدوء.



الشكل 1 : الجهاز التجريبي المستخدم لإجراء التجارب (Jar Test)

يسمح بعد ذلك للعينات بالترسيب لمدة hr (2–1.5) من أجل ترسيب الندف المتشكلة تحت الثقل الذاتي الجهاز كما هو مبين في **الشكل 2** ، ثم الترشيح على ورق الترشيح.

الشكل 2: ترسيب العينات

يتم عادة قياس تركيز النيكل وباقي المعادن الثقيلة بجهاز الامتصاص الذري ASS، ولكن لم تتوفر بعض المواد اللازمة لتشغيله ، لذلك لجأنا لتشكيل معقدات من العينات وقياسها على جهازSpectrophotometer (أو UV)، والجهاز مبين في الشكل 3.

الشكل 3 : جهاز Spectrophotometer موديل DR/2010 (أو UV)

4. نتائج التجارب المختبرية ومناقشتها:

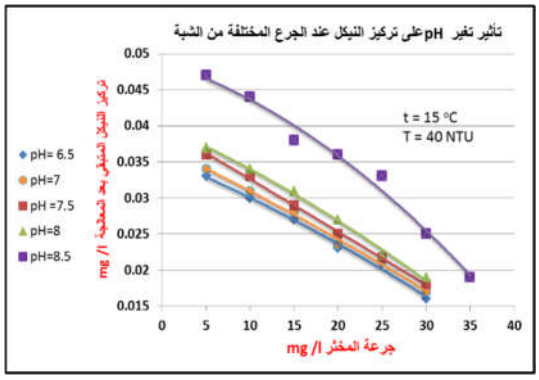
4.1 تأثير تغيير جرع المخثر مع تغير pH المياه الخام:

إن انحلالية هيدروكسيد الألمنيوم تتناقص مع تناقص pH وارتفاع الحرارة، كما أن أفضل مجال pH لعمل الشبه هو(6- 5) في المياه الطرية الملونة، وانحلالية هيدروكسيد الألمنيوم المثلى تكون عند قيمة pH=7.2 في هذه التجارب تم تغيير pH المياه الخام (8.5-6.5) بما يتوافق مع المواصفة السورية القياسية لمياه الشرب، وتم تثبيت عكارة المياه عند 40NTU ودرجة حرارة المياه عند 15 درجة مئوية لجميع العينات والنتائج مبينة في **الجدول 1** .

الجدول 1: تأثير تغيير جرع المخثر على تركيز النيكل في المياه الخام المعالجة عند قيم مختلفة لرقم الحموضة.

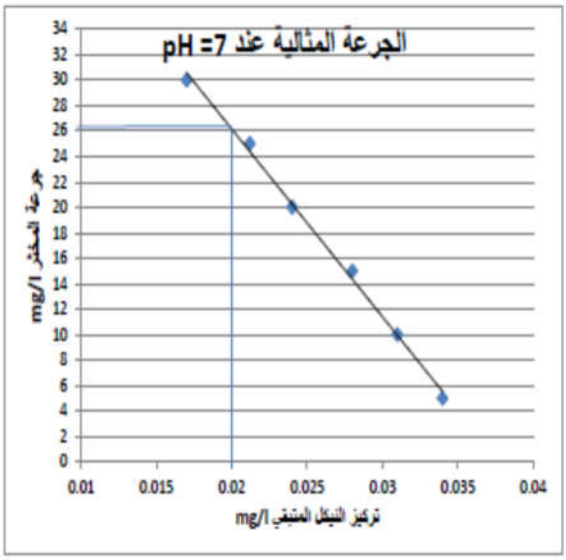
جرعة المخثر A(um) Dose (mg/l)	تركيز النيكل المسموح في مياه الشرب mg/l	تركيز النيكل في المياه الخام mg/l	تركيز النيكل المتبقي في المياه بعد المعالجة دقائق إلى pH mg/l				
			6.5	7	7.5	8	8.5
5	0.02	0.075	0.033	0.034	0.036	0.037	0.047
10			0.030	0.031	0.033	0.034	0.044
15			0.027	0.028	0.029	0.031	0.038
20			0.023	0.024	0.025	0.027	0.036
25			0.021	0.0212	0.0217	0.022	0.033
30			0.016	0.017	0.018	0.019	0.025
35			—	—	—	—	0.019
الجرعة المثالية من الشبة mg/l لتخفيض تركيز النيكل إلى 0.02mg/l			25	26.5	27	29	34

حيث تمّ استخدام جرعات من حمض الكبريت لتخفيض قيمة pH المياه، كما استخدمنا جرعات من هيدروكسيد الصوديوم لزيادة قيمة pH المياه. لوحظ أنه عندما تنقص قيمة ال pH للمياه الخام كانت كفاءة التخثير أكبر وتركيز النيكل المتبقي أقل لأن المخثر يعمل بكفاءة أكبر في الوسط الحمضي، لأن انحلالية هيدروكسيد الألمنيوم تتناقص مع تناقص pH. حيث أن تركيز النيكل المتبقي عند pH=8.5 أكبر من تركيز النيكل المتبقي عند pH=6.5 ، عند جرعة المخثر نفسها. ويبين الشكل 4 تأثير تغير تركيز جرعة المخثر على تركيز النيكل في المياه المعالجة عند قيم مختلفة من pH



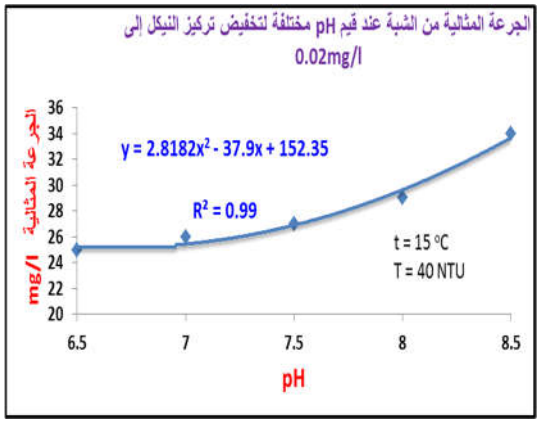
الشكل 4 : تأثير تغير تركيز جرعة المخثر على تركيز النيكل في المياه المعالجة عند قيم مختلفة من pH

يظهر على المحور الأفقي جرعة الشبه، وعلى المحور الشاقولي تركيز النيكل المتبقي بعد الترسيب والترشيح. الجرعة المثالية هي الجرعة التي يكون عندها تركيز النيكل المتبقي ضمن الحد المسموح حسب المواصفة السورية القياسية لمياه الشرب. يتم تحديد الجرعة المثالية عند كل قيمة لـ pH وذلك برسم منحني بين تركيز النيكل المتبقي وجرعة المخثر، يتم تحديد الجرعة المثالية على المنحني المقابلة لتركيز نيكل 0.02 مغ\لتر. يبين الشكل (5) كيفية تحديد الجرعة المثالية عند pH =7، ونتج أن الجرعة المثالية 26.5 mg/l.



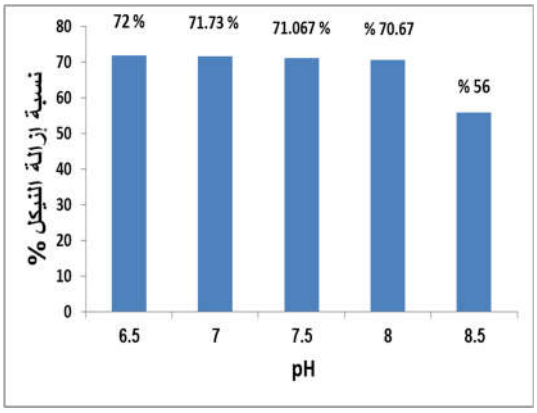
الشكل 5: الجرعة المثالية من المخثر عند pH =7

وقد تم رسم العلاقة الرياضية بين الجرعة المثالية للمخثر وpH المياه الخام، كما في الشكل 6



الشكل 6: العلاقة البيانية التي تبين تأثير تغير قيم pH على تركيز الجرعة المثالية اللازمة لتخفيض تركيز النيكل.

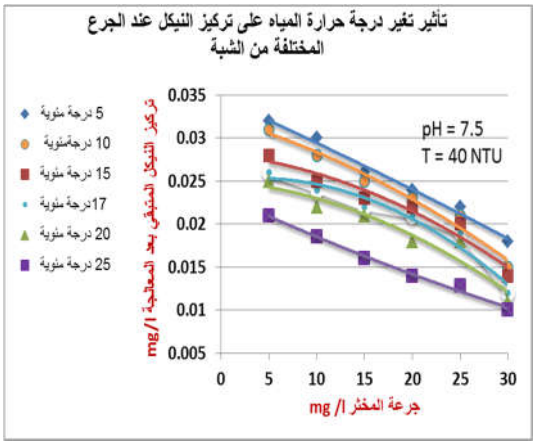
يظهر على المحور الأفقي pH المياه الخام، وعلى المحور الشاقولي الجرعة المثالية من المخثر (الشبة) . ويوضح **الشكل 7** نسبة إزالة النيكل عند قيم pH المختلفة، وذلك عند جرعة من الشبة مقدارها 25 mg/l.



الشكل 7: نسبة إزالة النيكل عند قيم للـ pH مختلفة ، وعند جرعة من الشبة مقدارها 25 mg/l

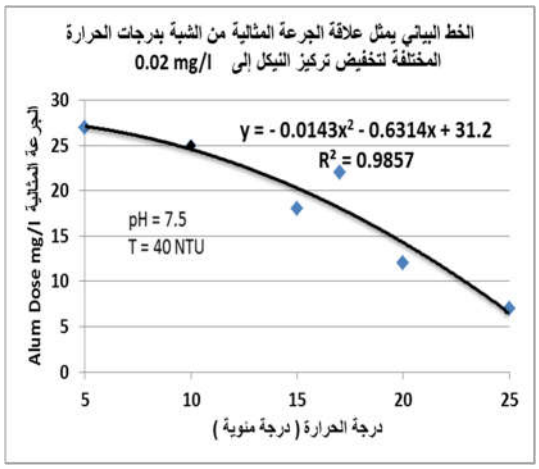
4.2 *تأثير تغير درجة حرارة المياه الخام على تركيز النيكل في المياه المعالجة:*

تم إجراء عدة تجارب وذلك بتغيير قيمة جرعة المخثر (الشبة)، حيث تم تثبيت قيمة عكارة المياه الخام عند 40 NTU وقيمة pH = 7.5 لكامل العينات وكان المتغير الوحيد هو درجة الحرارة والنتائج مبينة في الشكل 8. يبين الشكل 8 تأثير تغير درجة حرارة المياه على تركيز النيكل عند الجرع المختلفة من الشبة، يظهر على المحور الأفقي جرعة الشبه، وعلى المحور الشاقولي تركيز النيكل المتبقي بعد الترسيب والترشيح.



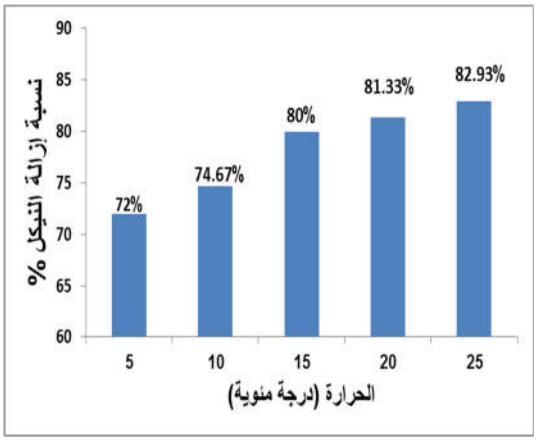
الشكل 8 : تأثير تغير تركيز جرعة المخثر على تركيز النيكل في المياه المعالجة عند قيم مختلفة من درجة حرارة المياه الخام

وقد تم رسم العلاقة الرياضية بين الجرعة المثالية للمخثر ودرجة حرارة المياه الخام في **الشكل 9** :



الشكل 9 : الجرعة المثالية من الشبة عند درجات الحرارة المختلفة لتخفيض تركيز النيكل

يظهر على المحور الأفقي درجة حرارة المياه الخام، وعلى المحور الشاقولي الجرعة المثالية من المخثر (الشبة) . لوحظ مع ازدياد درجة حرارة المياه تقل الجرعة المثالية لتخفيض تركيز النيكل . ويوضح **الشكل 10** نسبة إزالة النيكل عند درجات الحرارة المختلفة ، وذلك عند جرعة من الشبة مقدارها 25 mg/l لمياه ذات عكارة ثابتة 40 NTU و pH=7.5 .



الشكل 10 : نسبة إزالة النيكل عند درجات الحرارة المختلفة ، وعند جرعة من الشبة مقدارها 25 mg/l

يشار إلى أن زيادة حرارة المياه من العوامل المساعدة على التخثير وهذا يمكن تفسيره على أن جزيئات الماء وشوائبها تتحرك بحركة عشوائية مرتبطة مباشرة بحرارة المياه، وبما أن عملية التخثير تتم نتيجة تصادم الجزيئات ما بين بعضها البعض الذي يتعلق بالسرعة المتبادلة لحركتها العشوائية وبالتالي تتعلق بحرارة الماء.

5. الاستنتاجات:

تم التوصل في هذا البحث إلى النتائج الآتية:

1- في المياه الخام المحتوية على النيكل بتركيز mg/L0.075، وعكارة NTU40 وحرارة 15 درجة تغيرت الجرعة المثالية لإزالة الملوثات حسب قيمة pH المياه، وكانت العلاقة الرياضية لهذا المؤشر مبينة في العلاقة (1)

$$Y = 2.8182\ X12 - 37.9X1 + 152.35 \qquad (1)$$

X1 : رقم حموضة العينة المدروسة ضمن المجال (6.5-8.5).

Y : الجرعة المثالية من المخثر.

2- في المياه الخام المحتوية على النيكل بتركيز mg/L0.075، وعكارة NTU40 وpH=7.5، تغيرت الجرعة المثالية لإزالة الملوثات حسب درجة حرارة المياه المعالجة، وكانت العلاقة الرياضية لهذا المؤشر مبينة في (2):

$$Y = -0.0143\ X22 - 0.6314X2 + 31.2 \qquad (2)$$

X2 : درجة حرارة المياه المدروسة ضمن المجال (من 5 حتى 25) درجة مئوية.

Y : الجرعة المثالية من المخثر .

6. المقترحات والتوصيات:

من أجل أبحاث مستقبلية يمكن اقتراح مايلي:

- الأخذ بعين الاعتبار تأثير إضافة جزء من الوحل الناتج عن المعالجة مع المخثر، والتعرف إلى النسبة المثلى من هذا الوحل، وإمكانية الاستفادة من استخدامه في تخفيض جرع المواد الكيميائية اللازمة للمعالجة .

هذا من ناحية الاقتراحات من أجل أبحاث مستقبلية في نفس الموضوع، أما كتوصيات فنوصي بمايلي:

ينصح بمراقبة المعامل التي تصب مخلفاتها ، الحاوية على النيكل ، في المجاري المائية الطبيعية ،لأن الوقاية من التلوث أسهل من معالجته . حيث يتم عادةً تخفيض تراكيز المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصناعية بمعالجة أولية للنفايات الصناعية السائلة قبل إلقائها حيث تعتبر معالجتها أسهل من معالجتها مع مياه المصدر المائي وأكثر اقتصادية، ومن الممكن استعادة هذه المعادن.

المصادر :

[1] Hassan ,Mutasim Maknoon ,2012 - Removal Efficiency of Some Toxic Heavy Metals from Water During Coagulation Using Polyaluminum Chloride, Adsorption Using Natural Clay (Alrawag) or Durah Activated Carbon and Reverse Osmosis . Khartoum :Sudan, University of Science and Technology ,College of Science, 279p.

[2] Hunter M. StepHenson T ,Lester JN , 1987 – The fate of heavy metals in pilot-scale upflow sludge blanket clarifiers . Journal of the Institution of Water and Environmental Management ,1 (1):77 -78 .

[3] Liu Zhimei, Liu Feng, Wu Shengjun, Wang Xiaoxiao, Lei Yangming, 2013 , -Removal of phosphorus and nickel from an automobile wastewater by coagulation/flocculation combined with magnetite ,Chinese Academy of Sciences, Chongqing, 401122, China , Published by Atlantis Press/www.atlantispress.com/proceedings/rsete-13/8328

[4] OS Fatoki and AO Ogunfowokan, 2002 – Effect of coagulant treatment on the metal composition of raw water . ISSN 0378-4738 Water SA, No 3 , Nigeria , Vol 28.

[5] Rathor,G, Chopra.N and Adhikari.T ,2014– Nickel as a Pollutant and its Management International Research Journal of Environment Sciences, Vol. (10)3October (2014), 94-98,

[6] Seco A et al,1997-Adsorption of heavy metals from aqueous solutions onto activated carbon in single copper and nickel systems and in binary copper-nickel ,copper-cadmium and copper-zinc systems. Journal of Chemical Technology and Biotechnology ,68(1) :23-30 .

[7] Welté ,B,2002-Le nickel :4e Partie. Traitement. Techniques ,Sciences ,Methodes ,97(5):61-66 .

[8] Zemansky GM .1974 – Removal of trace metals during conventional water treatment . Journal of the American Water Works Association . 66(11) : 606-609 .

Effect of pH Change and water Temperature On Nickel Removal from Surface Water by Chemical Precipitation

Diala Wajeh Shehab

Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Al-Baath University, Homs, Syria, eleipjahew@hotmail.com

Published online: 30 June 2019

Abstract— The research aims to find relationship between indications, change of raw surface water which are: pH, temperature, and optimum doses of alum [Al2(SO4)3.14H2O] to develop a suitable mathematical equation. A series of experiments were performed under different conditions and on different seasonal circumstances to determine the effect of the previous indications on the coagulation efficiency, where we treat Qattinah lake water by Coagulation, Sedimentation then Filtration. We studied the impact of coagulant dose change with the change of pH water within the domain (6.5 to 8.5) and the percentage of nickel removal was 75 % at pH = 8 , and we studied the effect of coagulant dose change with raw water temperature change (from 5 to 25) °C on reducing the nickel concentration where the percentage of nickel removed when the temperature 20 °C was up to 85%, and all that when the coagulant dose was 30 mg/l.

Keywords— pH, Alum, Coagulant.