

"إزالة أيونات النحاس والرصاص من المحاليل المائية بطريقة التعويم"

1 الدكتور حسام صبوح

2 الدكتور ابراهيم راهب

3 مهند عزيزغصن

(تاريخ الإيداع 2 / 4 / 2018. قُبِلَ للنشر في 30 / 7 / 2018)

□ ملخص □

دُرس في هذا البحث إزالة أيونات النحاس والرصاص من المحاليل المائية بطريقة التعويم وتأثير العوامل المختلفة على عملية الإزالة .

بينت الدراسة إزداد نسبة إزالة أيونات النحاس والرصاص بإزداد قيمة pH المحلول حتى القيمة $pH = 8$ وبلغت نسبة الإزالة حوالي 80 % ، أما عند قيمة $pH = 10$ تحصل عملية ترسيب لأيونات على شكل هيدروكسيدات .
تزداد نسبة الإزالة لكلا النوعين من هذه الأيونات بإزداد تدفق الهواء داخل المحلول لتصل الى 98 % للنحاس و 97 % للرصاص عند تدفق $Q=1000 \text{ ml/min}$ ثم بعد ذلك تتناقص نسبة الإزالة لتصل الى 60 % بإزداد تدفق الهواء الى $Q=1500 \text{ ml/min}$.

تؤثر قيم التركيز الابتدائي على عملية الإزالة وتبين إزداد نسبة الإزالة بإزداد التركيز الابتدائي حيث بلغت نسبة إزالة أيونات النحاس 58 % عند التركيز الابتدائي $C_0 = 50 \text{ mg/l}$ لتصل الى 98 % عند التركيز $C_0 = 100 \text{ mg/l}$ بينما بلغت نسبة إزالة الرصاص 61 % عند التركيز $C_0 = 50 \text{ mg/l}$ لتصل الى 97 % عند التركيز $C_0 = 100 \text{ mg/l}$.

الكلمات المفتاحية : التعويم ، أيونات النحاس والرصاص

¹ استاذ مساعد - قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا

² استاذ - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا

³ طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

"Removal of Cu and pb ions from aqueous solutions by flotation method"

Dr.Hossam Saboh⁴
Dr.Ibrahim Raheb⁵
Mohannad Aziz Ghiesn⁶

(Received 2 / 4 / 2018. Accepted 30 / 7 / 2018)

□ ABSTRACT □

In this search, the removal of copper and lead ions from aqueous solutions by flotation had been studied, and the effect of various factors on the removal process. The study showed that the removal of copper and lead ions was increased by increasing the value of the solution pH up to pH = 8 and the removal rate was 80%. At pH = 10 precipitation of the ions was obtained in the form of hydroxides. The removal ratio of both ions is increased by increasing the flow of the air within the solution to reach 98% for copper and 97% for lead at the flow of $Q = 1000 \text{ ml/min}$ and then the removal rate decreases to 60% with increasing airflow to $Q = 1500 \text{ ml/min}$. The initial concentration values affect the removal process and the increase in the removal ratio was shown by increasing the initial concentration. The removal rate of copper ions was 50 % at the initial concentration of $C_0 = 50 \text{ mg/l}$ to 98% at $C_0 = 100 \text{ mg/l}$. While the lead removal rate was 61 % at the initial Concentration $C_0 = 50 \text{ mg/l}$ to 97% at concentration $C_0 = 100 \text{ mg/l}$.

Key words: flotation, copper and lead ions.

⁴ Associate Professor, Department of environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

⁵ Professor, Department of chemistry, faculty of science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

⁶ Postgraduate Student, Department of environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

مقدمة:

يُعد التلوث البيئي وخصوصاً تلوث المنظومات المائية واحداً من أهم مشاكل هذا القرن وذلك بسبب التطور الصناعي الهائل في العقود الأخيرة ، حيث تحتوي مياه الصرف الصناعية بمختلف أشكالها (صناعات التعدين - صناعة البطاريات - مياه المناجم الخ.) على العديد من الملوثات من أهمها أيونات المعادن الثقيلة والسامة (كروم - زئبق - رصاص - نحاس - كادميوم) ، والتي يجب إزالتها أو الحد من تواجدها في المياه المصروفة إلى المصادر المائية لتبقى ضمن الحدود المسموحة .

تُعد المعادن الموجودة في مياه الصرف الصناعية ثقيلة عندما تكون كثافتها أكبر من 5g/cm^3 ، حيث يكون لها أثراً خطيرة على صحة الإنسان والحيوان، ومن الجدير ذكره أن المعادن الثقيلة هي من الموارد غير المتجددة وبالتالي فعالية استخلاص هذه المعادن وإعادة استخدامها لا تقل أهمية عن إزالتها من الأوساط السائلة .

تختلف سمية المعادن الثقيلة إذ يمكن التعبير عن انخفاض تلك السمية وفق الترتيب التالي :

زئبق < كادميوم < نحاس < زنك < نيكيل < رصاص < كروم < ألومنيوم

هذا وسيعرض البحث لدراسة إزالة عنصري النحاس والرصاص من المياه الملوثة بشواردهما .

لقد حاز عنصر النحاس على الاهتمام الكبير من قبل العديد من الباحثين نظراً لاستخدامه الواسع في الكثير من الصناعات المعدنية والصناعات الكيماوية ولما له من تأثير سلبي كبير على العديد من الوظائف البيولوجية لدى الإنسان عندما تتجاوز تراكيزه في المياه الحدود المسموحة .

هناك العديد من اللوائح التي تتضمن أنواع مركبات النحاس السامة عندما تكون على شكل مركبات مثل:

$\text{Cu}^+ \text{OH}$ ، $\text{Cu}_2\text{OH}_2^{+2}$ ، CuCO_3 ، غير أن وجود النحاس بشكله الأيوني Cu^{+2} ضمن المحاليل المائية (بدرجات مختلفة من الحموضة) هو أكثر سمية من باقي أنواع النحاس المذاب.

إن التركيز الزائد من النحاس في المياه غير ضارة بصحة الإنسان فقط ، إلا أنها تؤثر سلباً على عملية التنقية الذاتية في المصادر المائية ولها تأثير سلبي على المعالجة الميكروبيولوجية للمياه العادمة [Ghazy, 2006].

أما الرصاص فهو مركب طبيعي يتواجد في الطبيعة بأشكال مختلفة عضوية وغير عضوية ، وهو مستخدم في العديد من الصناعات مثل : التعدين، صناعة البطاريات ، الزجاج ، السيراميك ... الخ. كما يستخدم الرصاص في التكنولوجيا الذرية والنوية ، وتصنع منه دروع الوقاية من الأشعة السينية وأحرف الطباعة والبطاريات الكهربائية في وسائط النقل .

يُعد وجود الرصاص بتركيز زائد في المياه السطحية والجوفية من القضايا الخطرة نظراً لسميته العالية ولقدرته الكبيرة على الارتباط مع العناصر الأخرى . من هنا جاء اعتبار الرصاص من أكثر المعادن الثقيلة المسببة للتلوث حتى ولو كان بتركيز منخفض في النفايات السائلة [Ghazy and Ragab, 2008].

للحد من ظاهرة التلوث التي يسببها وجود أيونات المعادن الثقيلة المشار إليها أعلاه في مياه الصرف الصناعية يجب إخضاع تلك المياه للمعالجة اللازمة بغية تخفيض أيونات هذه العناصر قبل إلقائها في المصادر المائية.

تتعدد طرائق وأساليب إزالة المعادن الثقيلة من مياه الصرف الصناعية لتشمل على سبيل الذكر : (الترسيب الكيميائي، التبادل الأيوني ، التناضح العكسي) إلا أن هذه الطرائق مكلفة نسبياً ، وتتطوي على إجراءات معقدة مع بعض التقنيات ، كما تتولد فيها كميات كبيرة من النفايات الثانوية الناتجة عن عمليات المعالجة ، لذلك تم التوجه لاستخدام طريقة تعويم الإيونات في هذا البحث .

لقد حازت طريقة التعويم المشار إليها على اهتمام كبير نظراً لسهولة تطبيقها والسرعة في إتمام عملية الإزالة وكونها طريقة إقتصادية وتحقق عملية فصل جيدة ، إذ تبين أنها تحقق نسبة استرداد تصل حتى 95% من تراكيز المعادن المحمولة مع مياه الصرف الصناعية . ومن مميزات أيضاً أنه يمكن تطبيقها للتخلص من أنواع مختلفة من أيونات المعادن ، كما تساعد على إنتاج حمأة أكثر تركيزاً من الطرائق الأخرى وتتميز بصغر حجم النموذج اللازم لإتمام المطلوب .

لقد أظهرت الدراسات الأولية التي قام بها (Thackston et al. 1980) على عمود التعويم أن الرقم الهيدروجيني الأمثل لإزالة الرصاص كان بحدود $PH = 6.5$ وكانت الزيادة في القوى الأيونية ضارة لعملية الإزالة.

درس (Zouboulis et al. (1990) تأثير معدل تدفق الهواء على الرغوة في عملية التعويم وتم إيجاد أنه عندما يكون معدل تدفق الغاز أقل من $2 \text{ cm}^3/\text{sec}$ نحتاج زمن إزالة يصل إلى 1 ساعة تقريباً ، من ناحية أخرى عندما يكون معدل تدفق الغاز أعلى من $15 \text{ cm}^3/\text{sec}$ ينتج كميات كبيرة من الرغوة الرطبة يصعب التعامل معها .

كما أوضح (Ghazy et al., 2008) الإجراءات البسيطة والسريعة والاقتصادية الممكن اتباعها من أجل إزالة أيونات النحاس و الرصاص تحت الظروف المثلى ، حيث تم وضع تلك الإجراءات على أساس تشكيل مركب بين أيونات النحاس والرصاص مع ديفينيل كاربازون (HDPC) diphenylcarbazon يليه التعويم الى السطح مع حمض الأوليك (HOL) حيث أختبرت العوامل المختلفة التي تدخل في عملية التعويم ك(درجة الحموضة PH ، HDPC ، HOL ،تركيز النحاس والرصاص ، القوى الأيونية ، درجة الحرارة تأثير وجود أيونات خارجية) تم الحصول على نسبة إزالة 100% لكل من أيون النحاس و الرصاص من المحاليل المائية عند درجة حموضة $PH = 7 - 6$ ودرجة حرارة 25 C^0 .

يتضمن هذا البحث العمل على تحديد قيم بارامترات التشغيل المثلى لطريقة الإزالة بالتعويم بعد الاستفادة من معطيات الدراسات والأبحاث الأخرى في هذا المجال .

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية هذا البحث في كونه يشكل مساهمة هامة في تخليص مياه الصرف الصناعية من بعض العناصر الثقيلة إلى الحد الذي يسمح عنده بإلقائها في المصادر المائية ، إضافة إلى إمكانية الاستفادة من العناصر التي يتم التخلص منها وإعادة استخدامها مرة أخرى .

أما الهدف من البحث فيمكن بما يلي :

دراسة إمكانية إزالة أيونات الرصاص و النحاس من المياه بواسطة التعويم بالهواء و تأثير قيم مجموعة من البارامترات على عملية التعويم ، ومن أهمها : درجة حرارة الهواء الخارجي ، معدل تدفق الهواء ، درجة الحموضة والتركيز الأولي لأيونات المعادن المعنية بالدراسة في وعاء سعته لتر واحد باستخدام جهاز توليد وقياس تدفق الهواء مع إضافة المواد الكيميائية اللازمة .

طرائق البحث ومواده:

1- المواد المستخدمة :

آ- منذ البداية تم بناء البحث على أنه سيجرى على مياه صرف صناعية ناجمة عن صناعة البطاريات، والتي تتميز باحتوائها على أيونات النحاس والرصاص كملوثات ، ولكن وبسبب توقف هذه الصناعات حالياً بسبب الظروف التي

يمر بها وطننا السوري فقد اضطررنا لتحضير تلك المياه في مخبر قسم الهندسة البيئية في كلية الهندسة المدنية بمواصفات تتفق مع المعايير التي تحددها المراجع العلمية المختصة في هذا المجال ، يبين الجدول (1) قيم التركيز الأعظمي لكل من عنصري النحاس والرصاص في مياه الصرف الصناعية الناجمة عن صناعة البطاريات وفق ما تورده تلك المراجع .

الجدول رقم (1) : القيم الأعظمية لتركيز أيونات النحاس والرصاص في مياه الصرف الصناعية الناجمة عن صناعة البطاريات (Metcalf and Eddy, 2003) .

تركيز الرصاص في المياه المصروفة	تركيز النحاس في المياه المصروفة	نوع الصناعة
mg/l		
128	115	صناعة البطاريات

- ب- تم تجميع الجهاز المخبري الذي استخدم لإنجاز العمل التجريبي العائد لهذا البحث، والمبين في الشكل رقم (1) في المخبر، وقد تألف هذا الجهاز من العناصر التالية :
- ضاغط هواء لتوليد الهواء اللازم لإنجاز عملية التعويم .
 - مقياس تدفق لقياس غزارة الهواء الذي يجري ضخه ضمن أسطوانة الاختبار بوحدة //min .
 - ناشر هواء منقّب بثقوب قطرها $d = 1\text{mm}$.
 - أسطوانة زجاجية سعة لتر واحد قطرها $D = 6\text{cm}$.



الشكل (1) : صورة للجهاز المخبري المستخدم

- ج- خلال سير العمل التجريبي تمت إضافة مجموعة من المواد الكيميائية لغايات مختلفة وقد شملت المواد التالية :
- الكمبرلان (كوكونات ثنائي إيثانول أمين) مادة فعالة سطحياً مشكلة للرغوة .
 - الإيثانول (C_2H_5OH) كعامل مساعد لالتصاق الأيونات على سطوح المواد المجمعة .
 - تمت إضافة كل من حمض كلور الماء HCl وهيدروكسيد الصوديوم NaOH للتحكم بـ pH وفقاً لظروف التجربة .

- نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$ ، كلوريد النحاس المائي $CuCl_2 \cdot 2H_2O$

2- آلية إجراء العمل المخبري:

- حضرت محاليل مائية مختلفة التراكيز لكل من الرصاص والنحاس .
- أجريت التجربة بوضع حجم قدره لتر واحد من محلول الأيون المدروس في اسطوانة زجاجية وأضيف لهذا المحلول كمية 200 mg/l من مادة الكمبرلان المشكل للرغوة وحجم قدرة 10 ml من الإيثانول حيث تم تثبيت هذين التركيزين لهذين الكاشفين عند جميع التجارب.
- في البداية حُددت قيمة pH المحلول الناتج ومن ثم تم ضخ الهواء بتدفق محدد عبر المحلول وذلك وفق المخطط الموضح بالشكل (1) .

نتيجة ضخ الهواء تتشكل الرغوة وتخرج من الإسطوانة حاملة قسما من أيونات العنصر في المحلول ولذلك تم قياس تركيز الأيون المدروس خلال فترات زمنية محددة (10 - 120 min) باستخدام جهاز الامتصاص الذري في المعهد العالي لبحوث البيئة بجامعة تشرين حيث ان جميع التجارب اجريت بدرجة حرارة المخبر .

قسمت سلسلة التجارب إلى ثلاث مجموعات:

(أ) - المجموعة الأولى:

الغاية منها تعيين القيمة المثلى لدرجة الحموضة ($pH_{optimum}$) في المياه المعالجة والتي تتحقق عندها نسبة الإزالة العظمى لشوارد كل من النحاس والرصاص، حيث دُرس تأثير قيمة pH الوسط في المجال (5-10) على إزالة أيونات النحاس والرصاص بعد تثبيت المتحولات الأخرى :

$$C_{0(M^{+2})} = 100 \text{ mg/l} , Q_a = 500 \text{ ml/min} , T = 20 \text{ C}^\circ$$

حيث ان $C_{0(M^{+2})}$: التركيز الابتدائي للعنصر المدروس.

(ب) - المجموعة الثانية:

دُرس تأثير تدفق الهواء عند القيم (500 , 1000 , 1500 ml/min) على إزالة أيونات النحاس والرصاص عند ثبات قيم المتحولات الأخرى :

$$C_{0(M^{+2})} = 100 \text{ mg/l} , pH_{optimum} \text{ (from the first group)} .$$

(ج) - المجموعة الثالثة:

دراسة تأثير قيم التركيز الابتدائي على تغير نسبة إزالة أيونات النحاس والرصاص من المياه الملوثة المعالجة وذلك عند قيم مختلفة للتركيز الأولي لكل منهما (50 , 100 , 150 mg/l) وذلك عند القيم المثلى لكل من pH و Q_a التي تم التوصل إليهما في المراحل السابقة من الاختبارات .

النتائج والمناقشة:

(1) - تأثير قيمة الـ pH على عملية الإزالة:

تُظهر البيانات الواردة في الجدولين (2) و (3) على التوالي نتائج الاختبارات المتعلقة بتأثير قيمة الـ pH على عملية إزالة أيونات النحاس والرصاص من المياه المعالجة عند قيم مختلفة لمدة التهوية ، كما تم تمثيل نسبة الإزالة الموافقة بيانياً على الشكلين (2) و (3) ، وقد حُسبت قيم نسبة الإزالة بالعلاقة :

$$E = [(C_0 - C_1) / C_0] * 100$$

حيث أن :

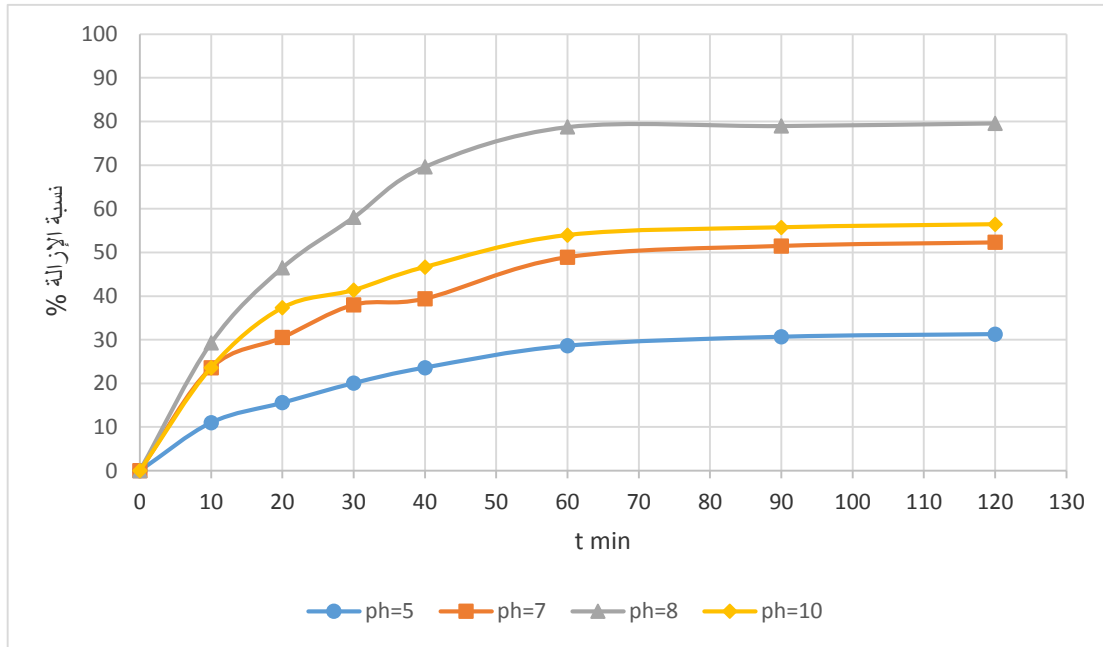
C_0 - التركيز الأولي لشوارد النحاس أو الرصاص في المياه المعالجة ، mg/l.

C_1 - التركيز المتبقي لشوارد النحاس أو الرصاص في المياه المعالجة عند نهاية زمن القياس ، mg/l.

الجدول (2) : تغير التركيز المتبقي من أيونات النحاس في المحلول بتغير قيمة pH

$$C_0(\text{Cu}^{+2}) = 100\text{mg/l} , Q_a = 500 \text{ ml/min} , T = 20\text{C}^0$$

T (min)	10	20	30	40	60	90	120
pH	التركيز المتبقي من المادة الملوثة : $C_1(\text{Cu}^{+2}) , (\text{mg/l})$						
5.0	88.05	83.55	79.11	75.59	70.63	68.8	68.0
7.0	75.65	68.76	61.35	59.95	50.55	48.0	47.2
8.0	70.01	52.95	41.55	30.07	21.05	20.8	20.2
10.0	75.59	62.03	58.01	52.79	45.55	43.8	43.1



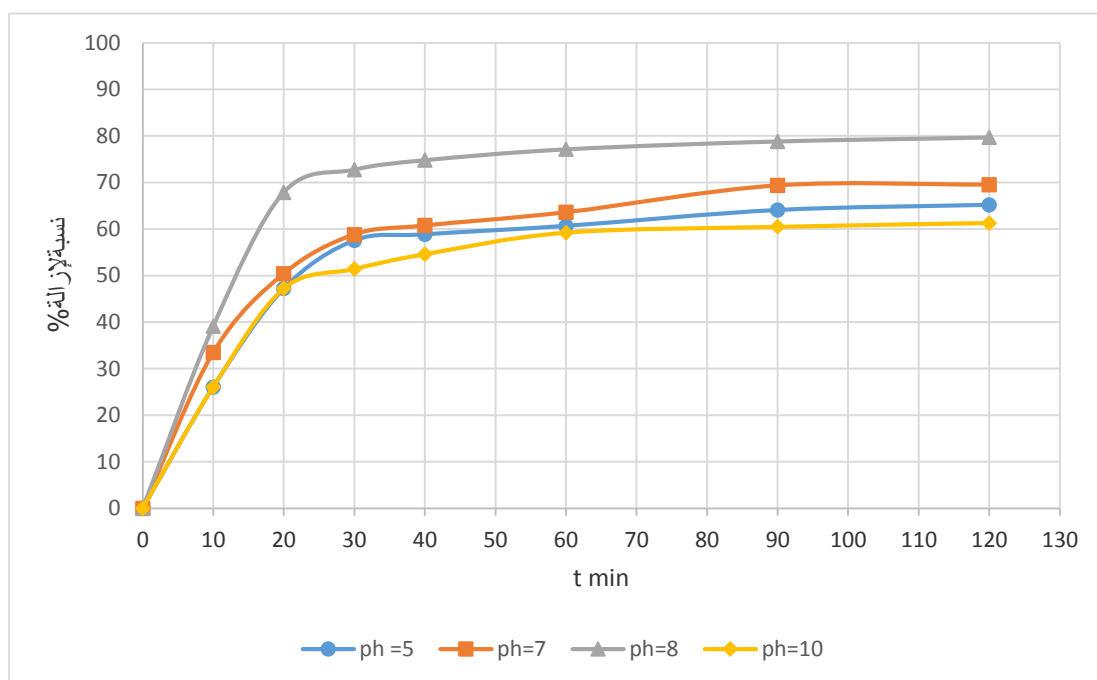
الشكل (2) : تغير نسبة إزالة أيونات النحاس بتابعية الزمن عند قيم pH مختلفة

$$C_0(\text{Cu}^{+2}) = 100 \text{ mg/l} , Q_a = 500 \text{ ml/min} , T = 20 \text{ C}^0$$

الجدول (3) : تغير التركيز المتبقي من أيونات الرصاص في المحلول بتغير قيمة pH

$$C_0(\text{pb}^{+2}) = 100\text{mg/l} , Q = 500 \text{ ml/min} , T = 20\text{C}^0$$

T , (min)	10	20	30	40	60	90	120
pH	التركيز المتبقي من المادة الملوثة : $C_1(\text{pb}^{+2}) , (\text{mg/l})$						
5.0	72.86	52.03	41.85	40.55	38.76	35.40	34.30
7.0	65.56	48.86	40.59	38.68	35.88	30.20	30.03
8.0	59.98	31.65	26.85	24.85	22.55	20.88	20.05
10.0	72.86	52.03	47.89	44.77	40.2	38.96	38.15



الشكل (3) : تغير نسبة إزالة أيونات الرصاص بتابعة الزمن عند قيم pH مختلفة
 $C_0(\text{pb}^{+2}) = 100 \text{ mg/l}$, $Q_a = 500 \text{ ml/min}$, $T = 20 \text{ C}^\circ$

بقراءة منحنيات تغير نسبة الإزالة المبينة على الشكلين (2) و (3) نلاحظ ازدياد نسبة الإزالة بتابعة الزمن لكل من أيون النحاس والرصاص وذلك عند كل قيم pH المستخدمة بشكل سريع لكل من أيوني النحاس والرصاص خلال الدقائق العشر الأولى ثم تتباطأ هذه الزيادة لتصل إلى قيم متقاربة بعد حوالي 60 min وذلك عند قيم pH المستخدمة .

تزداد نسبة إزالة أيونات النحاس والرصاص مع الزمن من أجل كل قيمة لـ pH لتصل إلى نهاية عظمى عند pH=8 ثم تتناقص عند قيمة pH=10 وتصل نسبة إزالة النحاس إلى حوالي 32 ، 52 ، 80 ، 56 % عند قيم pH : 5 ، 7 ، 8 ، 10 على الترتيب بينما من أجل أيونات الرصاص تصل نسبة الإزالة إلى 65 ، 70 ، 80 ، 61 % عند قيم pH نفسها والترتيب نفسه .

تبين هذه النتائج أن نسبة إزالة الرصاص تكون أعلى من نسب إزالة النحاس بشكل عام وخاصة عند قيم $\text{pH} < 8$ يمكن أن يعزى ذلك لعاملين أساسيين الأول طاقة إمالة أيونات النحاس أكبر وبالتالي قدرتها الحركية أقل وبالتالي تنخفض نسبة الإزالة ، والثاني إختلاف شكل وجود الأيونات بإختلاف درجة pH الوسط حيث تكون أيونات الرصاص أكثر ثباتاً عند قيم $\text{pH} < 8$ وبالتالي إمكانية الإزالة بشكل أسهل .

تصل نسبة الإزالة الى قيمة عظمى حوالي 80% لكلا النوعين من الأيونات عند قيمة pH=8 وحيث تكون العناصر في هذه الحالة على شكل أيونات بينما بازدياد قيمة pH الى 10 يبدأ ترسيب هذه العناصر على شكل هيدروكسيدات وبالتالي تتغلب عملية الترسيب على عملية التعويم للأيونات مما يؤدي الى انخفاض الإزالة بطريقة التعويم ، وهذا ما يتوافق مع العديد من الدراسات المرجعية في هذا المجال

[Sulaymon, A. M. Ahmed 2013] ، لذلك تم إختيار قيمة 8 pH في التجارب اللاحقة.

(2) تأثير معدل تدفق الهواء (Q_a) على عملية الإزالة :

يعتمد حجم الفقاعات الغازية عندما يتم ضخ الهواء في المحلول من خلال ثقب موزع الهواء على عوامل عدة منها غزارة الهواء ، قطر ثقب موزع الهواء ، الخواص الفيزيائية للسائل ، وحجم العمود المائي المستخدم ضمن التجارب. يتغير التركيز المتبقي من الأيونات المعدنية في المياه المعالجة حسب معدل تدفق الهواء الذي يجري ضخه إلى داخل أنبوب الاختبار المستخدم، وهذا ما بيناه في الجدولين (4) و (5) كما أظهرنا تغير نسبة الإزالة الموافقة على الأشكال (4) و (5) وذلك عند درجة الحموضة المتلى والمساوية : $pH = 8$.

الجدول (4) : تغير التركيز المتبقي من أيونات النحاس في المياه المعالجة تبعاً لقيمة Q_a

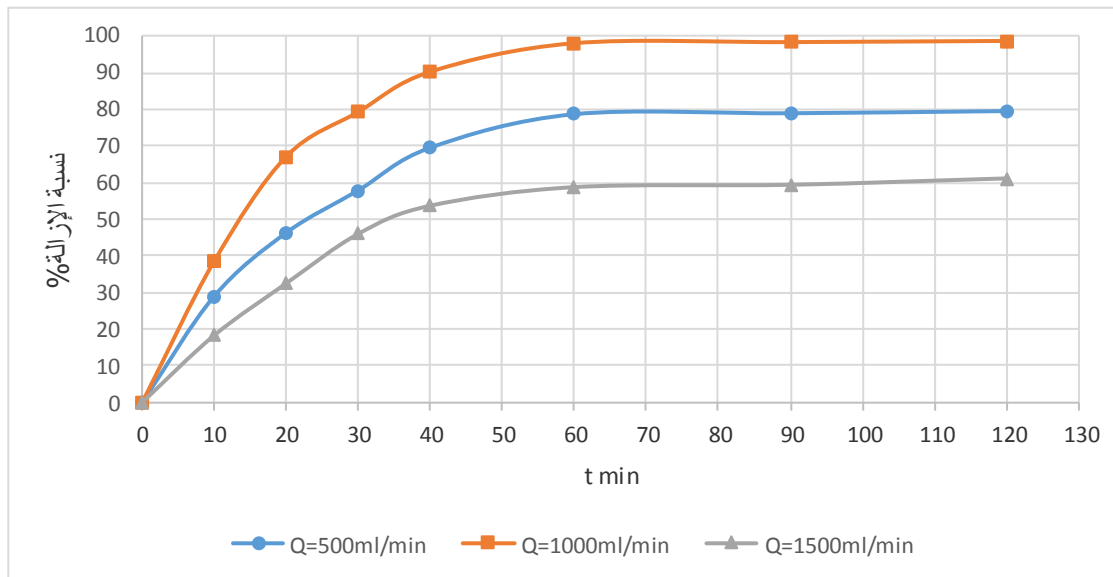
$$C_0(Cu^{+2}) = 100mg/l , \quad pH = 8 , \quad T = 20 C^\circ$$

T , (min)	10	20	30	40	60	90	120
	التركيز المتبقي من المادة الملوثة : $C_1(Cu^{+2})$, (mg/l)						
500	70.01	52.95	41.55	30.07	21.05	20.8	20.2
1000	60.55	32.43	20.43	9.63	1.94	1.65	1.33
1500	80.56	66.58	53.25	45.68	40.68	40.05	38.33

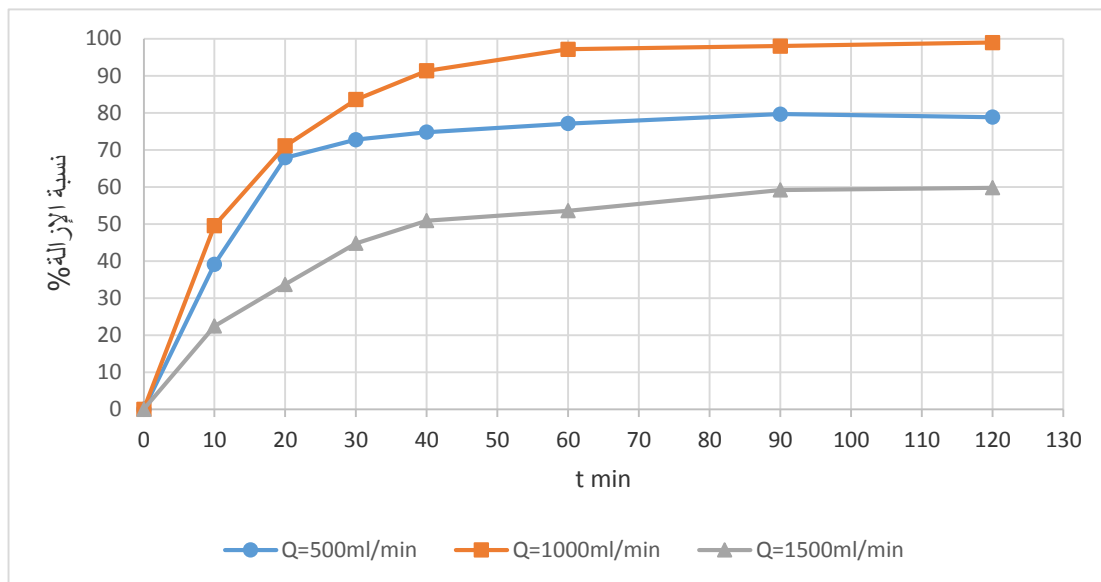
الجدول (5) : تغير التركيز المتبقي من أيونات الرصاص في المياه المعالجة تبعاً لقيمة Q_a

$$C_0(pb^{+2}) = 100mg/l , \quad pH = 8 , \quad T = 20 C^\circ$$

T , (min)	10	20	30	40	60	90	120
	التركيز المتبقي من المادة الملوثة : $C_1(pb^{+2})$, (mg/l)						
500	59.98	31.65	30.85	25.85	22.55	20.88	20.05
1000	49.85	28.59	16.25	8.58	2.84	1.95	1.03
1500	76.65	65.53	54.59	48.51	45.87	40.33	39.76



الشكل (4) : تغير نسبة إزالة أيونات النحاس من المياه المعالجة تبعاً لقيمة Q_a
 $C_0(Cu^{+2}) = 100mg/l$, $pH = 8$, $T = 20 C^\circ$



الشكل (5) : تغير نسبة إزالة أيونات الرصاص من المياه المعالجة تبعاً لقيمة Q_a
 $C_0(pb^{+2}) = 100mg/l$, $pH = 8$, $T = 20 C^\circ$

تشير البيانات الواردة على الشكلين (4) و (5) أعلاه إلى أن نسبة الإزالة تزداد بزيادة معدل تدفق الهواء من $Q=500 ml/min$ حيث تبلغ نسبة الإزالة بعد $t = 60 min$ لأيونات النحاس حوالي 80% وللرصاص حوالي 78% لتصل إلى حوالي 98% للنحاس و97% للرصاص وذلك عند إزدياد معدل تدفق الهواء إلى $Q=1000ml/min$ ، وعند إزدياد معدل التدفق إلى $Q=1500ml/min$ تنخفض نسبة الإزالة بشكل واضح لكلا العنصرين ، يعزى ذلك إلى أنه بإزدياد معدل التدفق يزداد حجم الفقاعات الغازية ويزداد عددها وبالتالي إزدياد سطح التماس مع الأيونات في المحلول وبالتالي إزدياد قدرة هذه الفقاعات على حمل الأيونات المعدنية على سطوحها إلى سطح المحلول ، ولكن باستمرار

ازدياد معدل تدفق الهواء حتى $Q=1500\text{ml/min}$ ستزداد حركية جزيئات السائل وتخرابها وبالتالي عدم قدرتها على إزالة الأيونات وعودة الأيونات المحمولة على سطوح الفقاعات الغازية الى المحلول من جديد لتتناقص عملية الإزالة وهذا ما يتوافق مع الدراسات المرجعية

[Sulaymon, A; and Mohammed ,2010].

(3) تأثير تغير التركيز الأولي لأيونات المعادن على نسبة الإزالة :

أثبتت نتائج الاختبارات التي أجريناها تغير قيم التراكيز المتبقية (وبالتالي نسبة الإزالة) لشوارد كل من النحاس والرصاص في المياه المعالجة بتغير قيم تراكيزها الأولية في تلك المياه، وقد أوردنا نتائج تلك الاختبارات في الجدولين (6) و (7) ، كما تم توضيحها بيانياً على الشكلين (6) و (7) .

الجدول (6) : تغير التركيز المتبقي من أيونات النحاس $C_1(\text{Cu}^{+2})$

في المياه المعالجة تبعاً لقيمة تركيزها الأولي $C_0(\text{Cu}^{+2})$

$Q_a = 1000\text{ml/min}$ ، $\text{pH} = 8$ ، $T = 20\text{ C}^\circ$

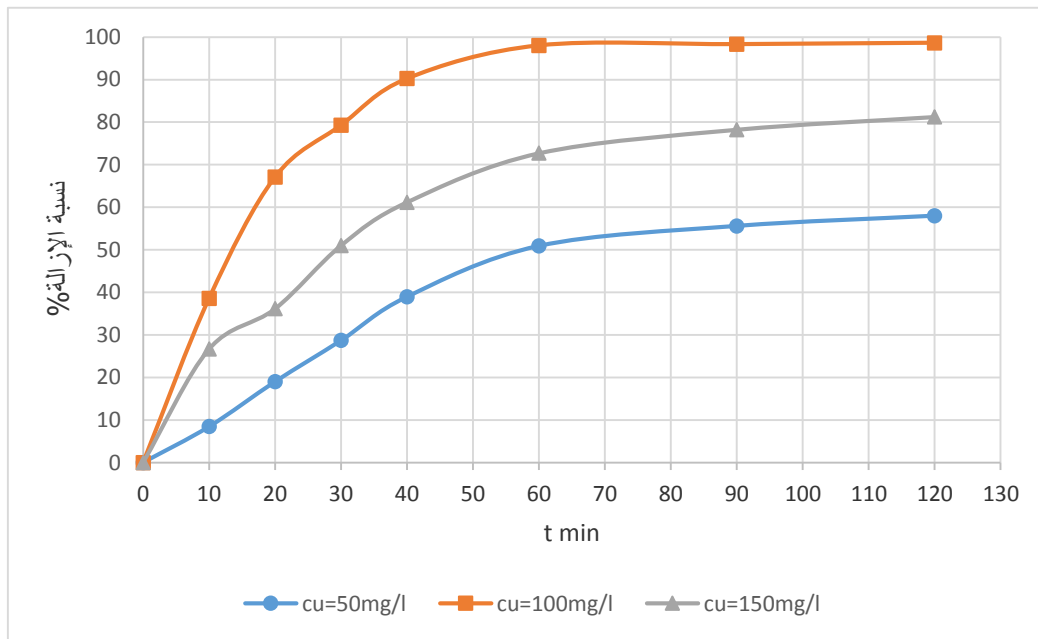
T , (min)	10	20	30	40	60	90	120
	التركيز المتبقي من المادة الملوثة : $C_1(\text{Cu}^{+2})$, (mg/l)						
$C_0(\text{Cu}^{+2})$, mg/l							
50	45.78	40.5	35.66	30.53	24.55	22.2	21
100	60.55	32.43	20.43	9.63	1.94	1.65	1.33
150	110	95.8	73.5	58.25	40.95	32.64	28.15

الجدول (7) : تغير التركيز المتبقي من أيونات الرصاص $C_1(\text{pb}^{+2})$

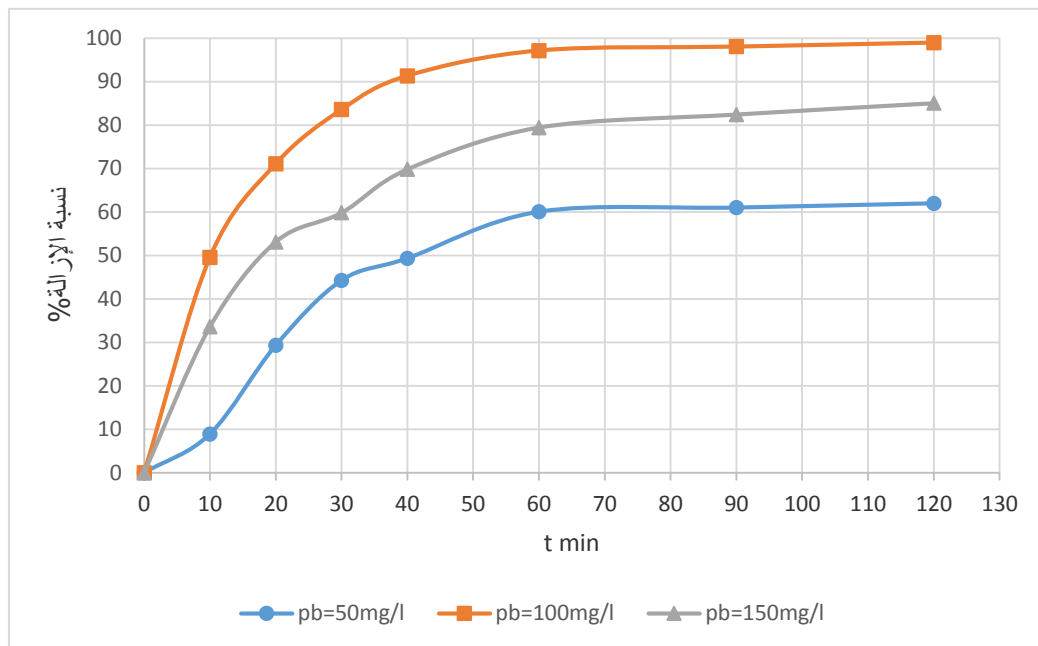
في المياه المعالجة تبعاً لقيمة تركيزها الأولي $C_0(\text{pb}^{+2})$

$Q_a = 1000\text{ml/min}$ ، $\text{pH} = 8$ ، $T = 20\text{ C}^\circ$

T , (min)	10	20	30	40	60	90	120
	التركيز المتبقي من المادة الملوثة : $C_1(\text{pb}^{+2})$, (mg/l)						
$C_0(\text{pb}^{+2})$, mg/l							
50	45.55	35.35	27.88	25.34	19.98	19.5	19.01
100	49.85	28.59	16.25	8.58	2.84	1.95	1.03
150	99.65	70.36	60.3	45.3	30.86	26.36	22.46



الشكل (6) : تغير نسبة إزالة أيونات النحاس من المياه المعالجة تبعاً لقيمة تركيزها الأولي $C_0(Cu^{+2})$
 $Q_a = 1000ml/min$, $pH = 8$, $T = 20 C^\circ$



الشكل (7) : تغير نسبة إزالة أيونات الرصاص من المياه المعالجة تبعاً لقيمة تركيزها الأولي $C_0(pb^{+2})$
 $Q_a = 1000ml/min$, $pH = 8$, $T = 20 C^\circ$

تبين النتائج التي حصلنا عليها عند دراسة تأثير التركيز الابتدائي لأيونات العناصر الثقيلة Pb^{+2}, Cu^{+2} على عملية الإزالة تغير نسبة الإزالة بتغير التركيز الابتدائي كما يظهر في الشكلين (6) و (7) ونرى من هذه النتائج أن عملية الإزالة تسلك سلوكاً مشابهاً لكل من عنصري النحاس والرصاص حيث تزداد نسبة الإزالة بإزدياد التركيز من 50mg/l الى 100mg/l ثم تتناقص عند إزدياد التركيز الى 150mg/l وتكون نسبة الإزالة للنحاس حوالي 58 ، 98 ، 81 %

عند قيم التركيز الابتدائي 50 mg/l ، 100 ، 150 على الترتيب وللرصاص يكون نسبة الإزالة حوالي 61 mg/l ، 97 ، 85 % عند قيم التركيز الابتدائي نفسها ، ويتضح من ذلك أنه عند قيم التركيز الابتدائي المنخفض تكون نسبة الإزالة منخفضة يعزى ذلك إلى أن نسبة المادة الفعالة سطحياً إلى الأيونات تكون كبيرة ويحصل التنافس بين الأيونات المرتبطة بالعامل المجمع (الأمين المستخدم) والأيونات الحرة على سطح الفقاعات المتشكلة حيث تكون الأيونات المحملة أقل ويزداد التركيز الابتدائي يزداد عدد الأيونات المحملة على سطح الفقاعات وبالتالي إزداد نسبة الإزالة، أما عند إزداد التركيز الابتدائي إلى 150 mg/l فيصبح سطح الفقاعات غير كاف لحمل الأيونات ويؤدي إزداد عدد الأيونات إلى تخريب بعض سطوح الفقاعات المتشكلة وبالتالي تتأثر قدرة هذه الفقاعات على الإزالة مما يؤدي إلى انخفاض نسبة الإزالة [Shakir; and Ahmed 2010] .

من جهة أخرى نلاحظ أن نسبة الإزالة لأيونات الرصاص تكون أعلى ويعود السبب في ذلك كما ذكرنا سابقاً إلى طاقة الإمالة المنخفضة لهذه الأيونات مقارنة مع طاقة الإمالة لأيونات النحاس وبالتالي قدرتها الحركية الأعلى وبالتالي الإزالة بشكل أكبر .

الإستنتاجات والتوصيات :

الإستنتاجات :

1- تم الحصول على أعلى نسبة إزالة من أيونات الرصاص والنحاس عند القيم الحدية التالية :
 $(Pb^{+2}) = 100mg/l$, $C_0(Cu^{+2}) = 100 mg/l$, $(Q_a = 1000ml/min$, $pH = 8$, $ethanol 10 ml$, C_0
 $d_0=1mm$, $Comperlan = 200mg/l)$

خلال زمن بلغ $t = 60 min$ حيث بلغت نسبة الإزالة حوالي 98% .

2- تم الحصول على أفضل إزالة لأيونات النحاس والرصاص عند الرقم الهيدروجيني $PH = 8$ حيث تم دراسته عند المتغيرات التالية :

أ- زيادة التركيز الابتدائي لكل من أيوني النحاس والرصاص من 50 mg/l ← 100 mg/l أدى إلى زيادة كفاءة الإزالة من 58% إلى 98% للنحاس ومن 61% إلى 97% للرصاص في حين إنخفضت كفاءة الإزالة عند إزداد التركيز الابتدائي إلى 150 mg/l ، يعزى ذلك إلى أن سطح الفقاعات لم يعد كافياً لحمل الأيونات ويؤدي إزداد عدد الأيونات إلى تخريب بعض سطوح الفقاعات المتشكلة وبالتالي قدرة هذه الفقاعات على الإزالة وانخفاض كفاءة الإزالة إلى 81% للنحاس و 85% للرصاص.

ب- زيادة معدل تدفق الهواء من 1000 ← 500ml/min أدى إلى زيادة كفاءة الإزالة من 99% ← 70% في حين إنخفضت كفاءة الإزالة عند زيادة التدفق إلى 1500 ml/min يعزى ذلك إلى زيادة حركية السائل وبالتالي عودة الأيونات إلى المحلول المائي وانخفاض كفاءة الإزالة إلى 60%.

التوصيات :

- 1- دراسة تأثير قطر عمود مائي مختلف على معدل الإزالة .
- 2- دراسة تأثير حجم عمود مائي ذو سعة أكبر .
- 3- يجب أن يتم معالجة مياه صناعية حقيقية ناتجة عن أحد المعامل ودراسة تأثير المكونات المختلفه لهذه المياه على عملية التعويم .

- 4- دراسة تأثير قطر مختلف لتقوب ناشر الهواء على كفاءة الإزالة بأخذ أقطار مختلفة عن $d_0 = 1\text{mm}$.
- 5- وأخيراً ينبغي إجراء دراسة على نطاق أوسع بطريقة التعويم تشمل مختلف المتغيرات الفيزيائية والكيميائية للمياه المعالجة .

المراجع :

- 1) GHAZY, S.E., EL-SHAZLY, R.M., EL-SHAHAWI, M.S., AL-HAZMI, G.A.A. AND EL-ASMY, A. A., *Spectrophotometric determination of copper (II) in natural waters, vitamins and certified steel scrap samples using acetophenonepchlorophenylthiosemicarbazide*, J. Iranian Chem. Soc., 3, (2006) 140-150.
- 2) GHAZY, S. E; EL-MORAY, S. M; AND RAGAB, A. H; *Ion flotation of copper (II) and lead (II) from environmental water samples*, J. Appl. Sci. Environ. Manage. 12, (2008),75 – 82.
- 3) THACKSTON, E.L., WILSON, D.J., AND MILLER, D.L; *Lead removal with adsorbing colloid flotation*, J. Water Pollut. Control Fed., 52, (1980)317- 328.
- 4) ZOUBOULIS, A.I., MATIS, K.A., AND STALIDIS, G.A., *Parameters influencing flotation in removal of metal ions*, International Journal of Environmental Studies, 35, (1990)183-196.
- 5) METCALF; AND; EDDY ; *Waste Water Treatment Plants 4th ; Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, part 4, (2003) 50-60
- 6) SULAYMON, A. M. AHMED ; AND J. A. TARIQ, “*Competitive bio sorption of lead, cadmium, copper and arsenic ions using algae*,” Environmental Science and Pollution Research vol. 20,NO.5, pp. (2013),3011–3023.
- 7) SULAYMON, A; AND MOHAMMED, A; *Separation and hydrodynamic performance of air –kerosene-water system by bubble column*, International journal of chemical reactor engineering 8, (2010),1-15.
- 8) SHAKIR, K; AND AHMED, F. , *Removal of rhodamine (a basic dye) and thoron (An acidic dye) from dilute aqueous solutions and wastewater stimulants by ion flotation*, Water Research, 44, (2010),1449– 1461.