مجلة الهندسة والتنمية المجلد العاشر/العدد الرابع- كانون الأول ٢٠٠٦
ISSN 1813-7822

قابلية معالجة المياه الخام باستخدام صخور البورسيلينايت
Treat Ability of Raw Water by Porcelanite Rocks

المدرس علي عبد الله حسن
قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة
الجامعة المستنصرية، بغداد،
العراق

الخلاصة

اعتمد نظام المعالجة في الأساس على دراسة خواص مادة متوفرة في البيئة العراقية وهي الصخور السيليسية. لقد أثبتت التجارب والتحاليل المختبرية خلو الأخيرة من المواد والعناصر الضارة بصحة المستهلك. استخدمت هذه المادة مع وبدون الشب في تحقيق عملية المعالجة لمجموعة من النماذج الإصطناعية ذات كدر مختلفة تراوحت مابين الواطئة والمرتفعة.

أشرت النتائج تحسين في كفاءة الإزالة عند استخدام صخور البورسيلينايت و الألمنيوم معاً عن الألمنيوم لوحده، وبنسبة تكاد تصل إلى ٣٥% للنماذج ذات الكدر المتوسطة و المرتفعة (٦٠ و ١٢٠ وحدة عكورة نفيلوميترية)، إضافة إلى حصول مشاركة للأيونات الموجبة في عملية الإزالة عبر آليات مختلفة ودليل هذا حصول فقدان في ايون الكالسيوم وبنسبة وصلت إلى ٥٠%.

كما لوحظ ارتفاع قيم الرقم الهيدروجيني عند استخدام نسب قليلة من صخور البورسيلينايت والتي أدت إلى إزاحة الرقم الهيدروجيني إلى الحدود المُثلى لعمل هيدروكسيد الألمنيوم وهي القيم المحصورة بين ٧ و ٨.

Abstract

The system of treatment depends on studying properties of material found in Iraqi environment called Siliceous Rocks. Laboratory analyses showed that materials were free of any harmful substances to consumers. These materials were used with and without alum for treatment raw water have different artificial turbidities ranged between low and high turbidity.

Results indicate improvement in turbidity removal about 35% when using Porcelanite Rocks with aluminum ion for treated samples have medium and high turbidities (60, 120 NTU). Also contributions of positive ions were stated in treatment water through different mechanisms, the percent of missing of calcium ion was 50%.

There was an increase in pH on addition of small amount of Porcellanite Rocks that will shift pH to optimum limits (7-8) for operation of Aluminum Hydroxide.

١. المقدمة

لقد بين محمد [1] إن الصحراء الغربية في العراق تحتوي على كميات كبيرة من الصخور السيليسية (Siliceous Rocks) أو صخور البورسيلينايت (Porcelains)، وتكون على شكل طبقات رسوبية بسمك يتراوح بين (0.5 إلى 1.5 متر) ممتدة ولمساحات واسعة بين مناطق عكاشات، الأجثري والطريبيل وتعد الثانية المنطقة المثالية لها.
وكذلك أشار المصدر ذاته إلى تميز الصخور العراقية بكونها بحرية المنشأ كما هو حال صخور الدايتومات الأمريكية والجزائرية العالية الجودة، وتعد الصخور العراقية منافسة بجودتها للصخور الجزائرية والألمانية والتركية، لاحظ الجدول رقم(1).

الجدول رقم(١) التحاليل الكيمياوية لبعض صخور الدايتومايت العالمية وصخور البورسيلينايت العراقية [1]

منطقة النموذج / محتوى الأكاسيد %	صحراء لومبوس الأمريكية	الإتحاد السوفيتي	اليابان	كينيا	الجزائر	صخور البورسيلينايت العراقية *
السليكا	89.7	79.42	86.00	84.5	58.4	70.4
الومينا	3.72	6.58	5.8	3.06	1.66	1.75
اوكسيد الحديد	1.109	3.56	1.6	1.86	1.55	0.79
التيتانيوم	0.1	0.48	0.22	0.17	0.1	0.1
الفوسفات	0.1	---	0.03	0.04	0.2	1.98
اوكسيد الكالسيوم	0.3	1.43	0.7	1.80	13.8	10.75
اوكسيد	0.55	0.98	0.29	0.39	4.57	2.1
اوكسيد الصوديوم	0.31	0.65	0.48	1.19	0.96	0.59
اوكسيد البوتاسيوم	0.41	0.72	0.53	0.91	0.5	0.14
فواقد الحرق	3.7	4.91	4.4	6.08	17.48	10.42

* محمد [1]

وكان (Bratby) [2] و (Hasan) [3] قد توصلا إلى إن هنالك عوامل يجب إن تؤخذ بنظر الاعتبار إضافة إلى العكورة المزالة، منها قابلية المادة على الإزالة وكلفتها وأساليب الاستخدام وغيرها. وبسبب إن المواد الصناعية كالبوليمرات التي تستخدم على نطاق واسع كمواد مخثرة أو مساعدات تخثير أضحت مواد لها علاقة ببعض المشاكل الصحية [4] ، على هذا أخذت الدول تبحث عن مواد بديلة طبيعية، وهذا ما أشار إليه (Kawamura) [5] في دراسته التي استخدم فيها نوعين من البوليمرات الطبيعية هي (Chitosan) الموجبة الشحنة و (Sodium Alginate) السالبة الشحنة وأثبت كفاءة هاتين المادتين كمخثرات (Coagulants) أو مساعدات تخثير دون الأضرار بالبيئة أو بصحة المستهلك.
وهنالك من المواد ما هو نباتي فلقد استخدم (Ndabigenges) [6] مادة طبيعية مستخلصة من نبتة أستوائية وهي (Moringaolivera)، ووجد بأن البروتين المستخرج له قابلية على التخثير أفضل من الشب(Alum) وأوصى باستخدام بذور هذه النبتة في معالجة المياه نظرا لمزاياها المتعددة.
وجاء (حسن) [7] وبين قابلية أيون الكالسيوم والمغنيسيوم الموجودين في الأملاح الطبيعة في تحقيق معالجة المياه عند استخدام الشب كمخثر وبنسبة مقدارها الضعف مقارنة بأيون الصوديوم فضلا على أثر الفوسفات في رفع كفاءة الإزالة.
كما توصل (التمر) [8] إلى أن استخدام طين البنتونايت لوحده وضمن مستويات عكورة واطئة 10 ,15 ,25 وبجرع لا تزيد عن 25 ملغم/لتر، كان فعّالا في تحقيق إزالة جيدة وانه اظهر كفاءة عالية في الإزالة عند استخدامه مع الشب وبجرع لا تتجاوز 30ملغم/لتر، وان النورة أعطت نتائج جيدة في الإزالة عند مستويات عكورة 100 ,500 وبجرع 50 ملغم/لتر.

أيضا توصل(محمد وعفج) [9] إلى إن استخدام صخور البورسيلينايت العراقية كمرشحات (Filters) يؤدي إلى تحقيق كفاءة إزالة تصل إلى حوالي 99% للعناصر الثقيلة (الكروم، الحديد، النحاس، الزنك والرصاص) للفضلات السائلة الناتجة من معامل الطلاء المعدني.

كذلك قام (Talabb) [10] باستخدام البنتونايت (Bentonite) والبورسيلينايت مع الشب في إجراء المعالجة للمياه الخام لنماذج ذات كدرة(10-50 NTU) ووجد بان البورسيلينايت كان فعّالا كمثقل لمستويات الكدرة (25-50 NTU) في حين أن البنتونايت كان فعالا لمستويات كدرة دون 25 وحدة كدرة نفيلومترية، وهذه الدراسة ربما كانت قاصرة من حيث تفسير آلية المعالجة المستخدمة وبيان اثر العوامل الأخرى في تحقيق المعالجة.

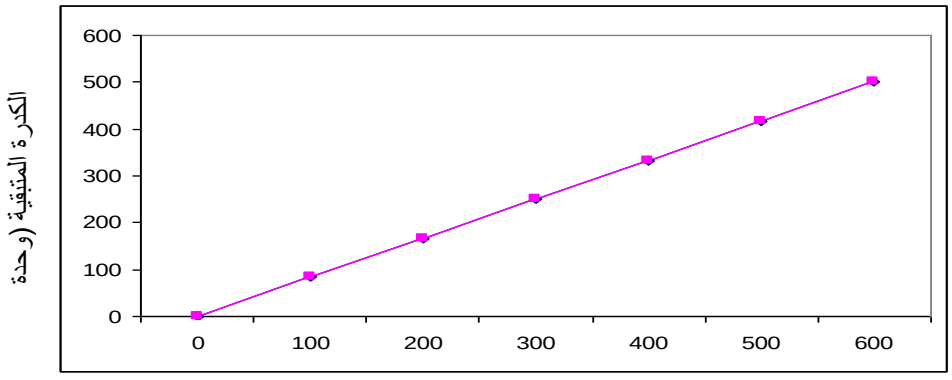
٢. منهـــاج العمـــل

تم جلب نماذج من الصخور السيليسية(البورسيلينايت) من منطقة الصحراء الغربية واختيرت الصخور القليلة شائبتها، وتم طحنها في مختبرات المنشأة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين باستخدام كسارة ميكانيكية لتكوَن مسحوقاً ناعماً قابل على التغلغل في أو بين جزيئات الماء، لاحظ الجدول رقم(2) الذي يبين التركيب الكيميائي للصخور المستخدمة في إنجاز عملية المعالجة.

الجدول رقم(٢) التركيب الكيمياوي لصخور البورسيلينايت المستخدمة في البحث (نسبة مئوية)

السليكا	أوكسيد الألمنيوم	أوكسيد الحديد	التيتانيوم	أوكسيد الفسفور	أوكسيد الكالسيوم	أوكسيد المغنيسيوم	أوكسيد الصوديوم	أوكسيد البوتاسيوم	درجة الإتقاد
66.55	1.88	0.62	0.09	0.93	8.45	6.55	0.53	0.12	12.35

أجريت مجموعة من التحاليل الفيزيائية والكيميائية [11] على نماذج اصطناعية ذات قيم كدرة(عكورة، خبوطة) مختلفة تراوحت مابين الواطئة والعالية، وقد حُضرت هذه النماذج من حاصل تشتيت طين الكاؤولين في لتر واحد من الماء المقطر، وأختير هذا النوع من الأطيان لقرب خصائصه من خصائص المشتتات الغروية [12] ويبين الشكل رقم(1) العلاقة بين الكدرة الناتجة وطين الكاؤولين المستخدم كمادة مسببة للكدرة المُبتغى معالجتها، ويلاحظ بأنها علاقة خطية (مابين الخاصيتين) ولكن ليست تكافئية [8,13].



الشكل رقم(١) العلاقة بين الطين المستخدم والكدرة المتبقية

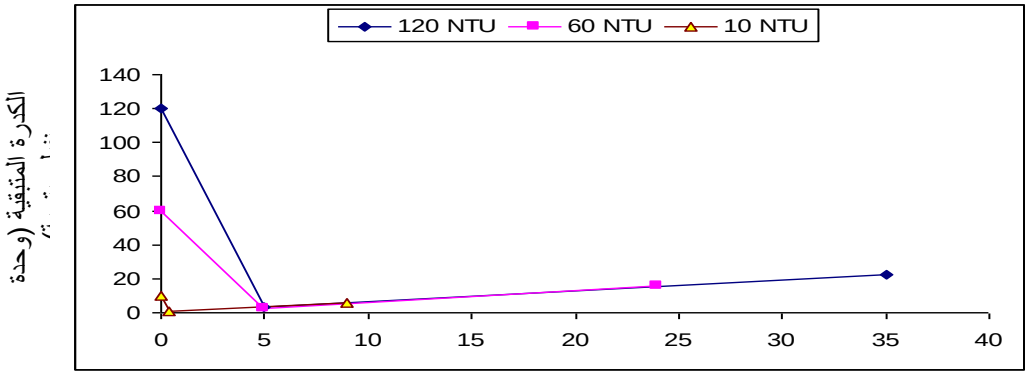
استخدم جهاز فحص الجرة لمعرفة اثر الشب المعروضة نتائج تحاليله الكيميائية في الجدول رقم(٣) وهذا أيضا ما تم تثبيته سابقا [12]، لقد أُستخدم الشب كمخثر(Coagulant) بتركيز 1% في تحقيق المعالجة، ومن ثم أُستخدمت الصخور السيليسية مع وبدون الشب لمعرفة قابليتها على التحسين ولمعالجة تراكيز مختلفة من الكدرة، تراوحت مابين الواطئة والعالية نوعا ما (١٢٠، ٦٠، ١٠ وحدة كدرة نفيلومترية). أضيفت الصخور السيليسية بحالتها الصلبة دون تحويلها إلى أي حالة أخرى. لقد استخدمت الكدرة المتبقية كمؤشر في الحكم على حالة المعالجة إذ تم قياسها بعد 30 دقيقة من التركيد.

الجدول رقم(٣) التركيب الكيمياوي للشب المستخدم في البحث (نسبة مئوية)

الرقم الهيدروجيني	القاعدية	الحامضية	الحديد الكلي المذاب	الألمنيوم الكلي المذاب	المواد العالقة
3	-	1.1	0.32	16.6	2.1

٣. المناقشـــــة

لقد استخدم الشب بجرع مختلفة في معالجة تراكيز مختلفة من الكدرة وكما هو ملاحظ من الشكل رقم(2) الذي يلاحظ منه سلوكية ايون الألمنيوم في تحقيق عملية الإزالة لنماذج ذات كدر مختلفة.



تركيز ايون الألمنيوم المضاف

الشكل رقم(٢) العلاقة بين الشب المضاف والكدرة المتبقية

أما آلية الإزالة هنا وكما هو ملاحظ من ارتفاع كفاءة الإزالة عند النقاط المثبتة في الرسم ثم تردي كفاءة الإزالة يعود إلى سلسلة من التفاعلات الحاصلة في أدناه [14].

$$Al^{+3} + 4H_2O \Longrightarrow Al(OH)_4^{-1} + 4H^+ \quad \text{..... (1)}$$

$$Al^{+3} + 2H_2O \Longrightarrow Al(OH)^{+2} \quad \text{..... (2)}$$

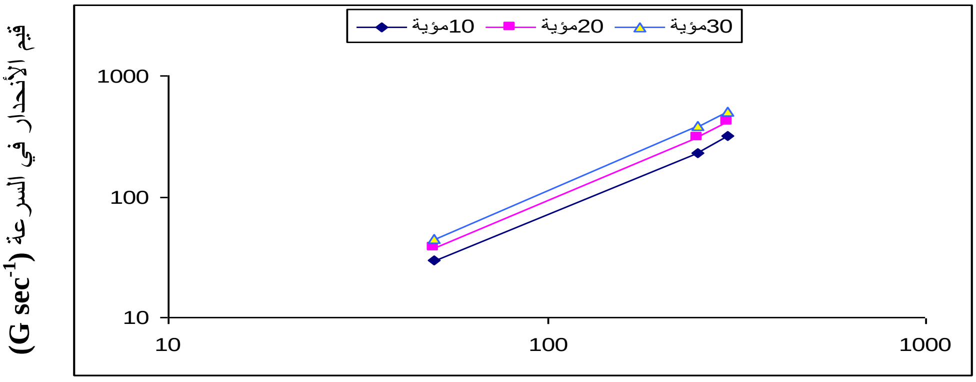
$$Al^{+3} + 2H_2O \Longrightarrow Al(OH)_2^{+} + 2H^+ \quad \text{..... (3)}$$

$$XAl^{+3} + 2.5XH_2O \Longrightarrow Al_x(OH)_{2.5x}^{0.5x} + 2.5XH^+ \quad \text{..... (4)}$$

$$Al^{+3} + 3H_2O \Longrightarrow Al(OH)_3 + 3H^+ \quad \text{..... (5)}$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 12H_2O \Longrightarrow 2Al(H_2O)_6^{+3} + 3SO_4^{-2} \quad \text{..... (6)}$$

من الشكل رقم(3) يمكن ملاحظة العلاقة بين عدد دورات المجداف(Blade) في جهاز فحص الجرة وقيمة التدرج السرعي (Velocity Gradient)، ومن الشكل نفسه يمكن أيضاً أيجاد قيمة الانحدار في السرعة (G).



الشكل رقم(٣) العلاقة بين عدد الدورات في الدقيقة وقيم الانحدار في السرعة G

أن بعض العوامل الداخلة في عملية المعالجة قد تم اعتمادها وفقا للمراجع العلمية (Letterman وآخرون) [15] و (Eckenfelder) [16] وهي:

١. فترة المزج السريع ثلاثة دقائق.

٢. قيمة الانحدار في السرعة للمزج السريع هي بين ($122.79\ sec^{-1}$) و ($205.7\ sec^{-1}$) طبقا للدرجتين (10) و(30) درجة مئوية على التوالي، والتي كانت النماذج فيها محصورة بين هاتين الدرجتين تقريبا. ومن الشكل نفسه يمكن أيضاً استنباط الحدود المثلى لقيمة التدرج السرعي (G) للمزج البطيء حيث كانت ($31.5\ sec^{-1}$) و ($38.4\ sec^{-1}$). لدرجتي الحرارة السابقتين، بعد أن تم التوصل إلى فترة التلبيد المناسبة لتحقيق أفضل إزالة وهي (٣٠ دقيقة).

بعد إيجاد الحدود المثلى لأفضل معالجة باستخدام الشب ولتراكيز مختلفة من العكورة، استخدمت صخور البورسيلينايت في تحقيق عملية المعالجة مع وبدون الشب. ويتبين من الشكل رقم(4) آلية المعالجة باستخدام صخور البورسيلينايت لوحدها. ويمكن التكهن وربما الجزم بان ايون الكالسيوم الذي يحظى بالنسبة الأوفر من صخور البورسيلينايت هو الذي يقوم بعملية المعالجة وهذا بالطبع يعود إلى كونه ايون ذو تكافؤ متعدد قدره اثنان مما يعطيه فرصة في تحقيق آلية التخثير عبر الضغط على الطبقة الكهربائية المزدوجة عندما يكون تركيزه قليلاً والى آلية التجاذب الكهربائي ومن ثم الترسيب الكيمياوي عندما يزيد تركيزه، وهذه الآلية مجربة ومدروسة سابقا في مواطئ أخرى [17] وإضافة إلى الكالسيوم يشترك ايون المغنيسيوم في تحقيق المعالجة ولكن بنسبة اقل ذلك إن تركيزه في الصخور اقل من الكالسيوم. وقد تتكون لبادات هيدروكسيد المغنيسيوم عند الأرقام العالية من الرقم الهيدروجيني وحسب المعادلة أدناه [18].

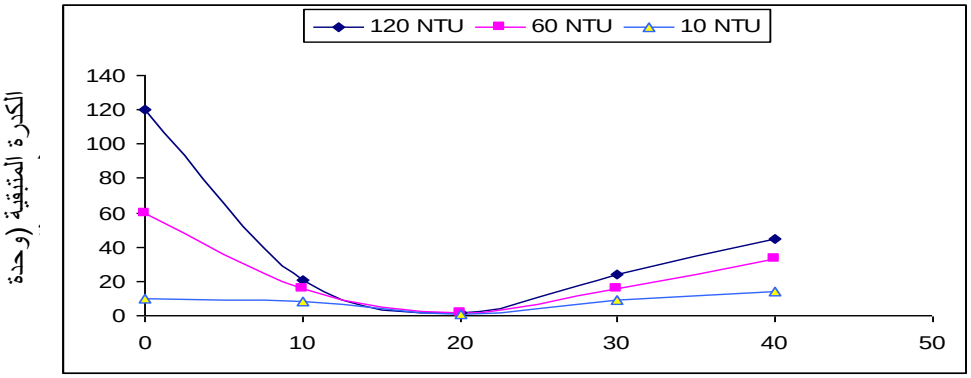
$$Mg^{+2} + 2OH^{-1} \Longrightarrow Mg(OH)_2 \quad \text{...} \quad (7)$$

إلا أن الرقم الهيدروجيني وكما هو ملاحظ من الجدول رقم(4) لم يصل إلى الحدود التي نوه عنها (Tofflemire) [18]، لهذا فان آلية التجاذب الكهربائي هي الأكثر وقعا في الحصول من بقية آليات المعالجة وهذا الكلام ينطبق على جميع الايونات الموجبة الموجودة في مركب الصخر المستخدم ولكن بنسب تعتمد على درجة التكافؤ لاحظ المعادلات رقم (8) و (9).

$$Al(OH)_3 + Me^{+z} \Longrightarrow Al(OH)_3Me^{+z} \quad \text{..} \quad (8)$$

$$Al(OH)_3Me^{+z} + \boxed{\text{غرويا}} \Longrightarrow Al(OH)_3Me\text{غرويات} \quad \text{........................} \quad (9)$$

حيث: Me^{+z} هو المعدن ذو التكافؤ الموجب وz هو درجة التكافؤ.

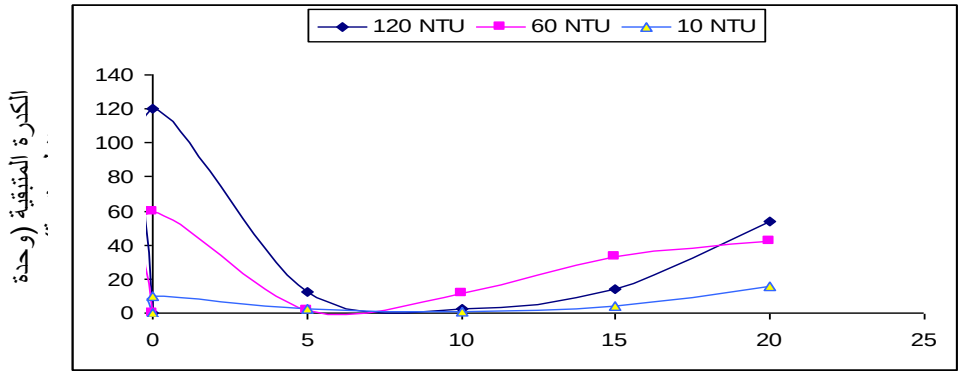


الشكل رقم(٤) العلاقة بين تركيز البورسيلينايت المضاف والكدرة المتبقية

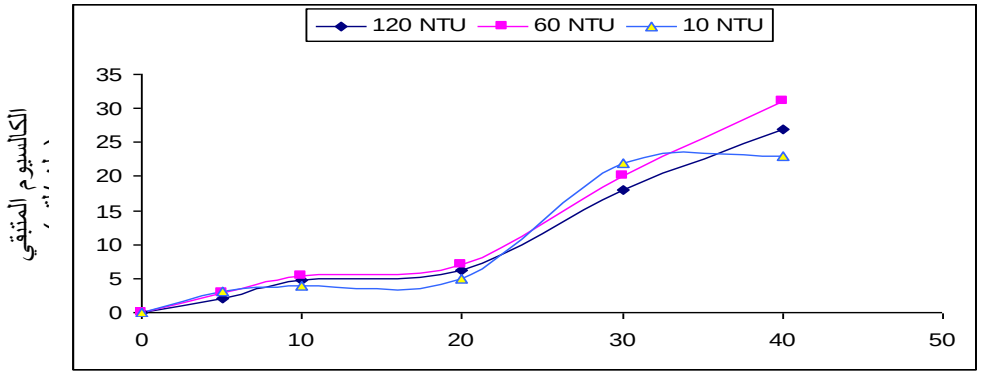
الجدول رقم(٤) قيم الرقم الهيدروجيني للمياه المعالجة (التي تمتلك رقماً هيدروجينياً ابتدائياً قدره **7.1**) عند إضافة الشب لوحده وعند إضافة البورسيلينايت معه لنماذج ذات كدرة ابتدائية ٦٠ وحدة كدرة نفيلومترية

التسلسل	الألمنيوم(ملغم/لتر)	الرقم الهيدروجيني	الألمنيوم والبورسيلينايت معاً	الرقم الهيدروجيني
1	0	0	0	0
2	5	6.1	5	7.0
3	24	5.2	10	7.8
4	٣٥	4.3	15	8.4

إن التحسين في كفاءة المعالجة ظهر من خلال الشكل رقم(5) كحاصل إزالة للكدرة، حيث يلاحظ وجود انخفاض بمقدار 30% إلى 35% في النماذج ذات الكدر 60 و 120 وحدة عكورة نفيلومترية على التوالي، في حين أن التحسين يكاد يكون معدوماً في النماذج ذات الكدر الواطئة وربما يعود حصول هذا الحدث الأخير إلى نسبة السيليكا العالية الموجودة في الصخور السيليسية لاحظ الجدول رقم(1). أن مشاركة ايون الكالسيوم هي مشاركة فاعلة وهذا ما يؤكده الشكل رقم(6) الذي يعطي صورة واضحة عن نسبة المفقود من ايون الكالسيوم لقاء المضاف من صخور البورسيلينايت. إذ يلاحظ أن نسبة المشاركة يمكن أن تصل إلى 50% وهذا بالطبع رقم لا بأس به في أسس المعالجة الكيمياوية والية المشاركة لهذا الايون هي نفسها الموضحة في المعادلات رقم(8) و(9) كما تم التنويه عنه لأن الرقم الهيدروجيني للنموذج لا يؤهله إلى تكوين مركبات $Ca(OH)_2$ القابل للترسيب.



الشكل رقم(٥) العلاقة بين تركيز البورسيلينايت المضاف والكدرة المتبقية عند أفضل تركيز للألمنيوم المضاف الذي حقق أفضل معالجة بمفرده للكدر المختلفة



الشكل رقم(٦) العلاقة بين تركيز البورسيلينايت المضاف وأيون الكالسيوم المتبقي عند أفضل تركيز للألمنيوم المضاف الذي حقق أفضل معالجة بمفرده للكدر المختلفة

٤. الإســـتنتاجات

١. تحسين كفاءة الإزالة عند استخدام صخور البورسيلينايت مع الألمنيوم معاً عن الألمنيوم لوحده، وبنسبة تكاد تصل إلى 35% للنماذج ذات الكدر المتوسطة و المرتفعة (60 و 120 وحدة عكورة نفيلوميترية).

٢. مشاركة الأيونات الموجبة في عملية الإزالة عبر آليات مختلفة ودليل هذا حصول فقدان في ايون الكالسيوم وبنسبة وصلت إلى 50% تقريباً.

٣. حصول آلية التجاذب الكهربائي، الأمر الذي يعني الابتعاد عن آلية الكسح بفعل ايون الألمنيوم والتي تتكون بعد إضافة كميات مفرطة من الشب وبالتالي التخلص من المشاكل الصحية والاقتصادية للأخير.

٤. ارتفاع قيم الرقم الهيدروجيني عند استخدام نسب قليلة من صخور البورسيلينايت لتدفع الرقم الهيدروجيني إلى القيم المثلى لعمل هيدروكسيد الألمنيوم وهي القيم المحصورة بين 7 و 8.

٥. المصـــــادر

1. محمد، إبراهيم قاسم، ***"معدنية وصخارية وبيئات ترسب الصخور الطينية والسيليسية غرب العراق"***، رسالة دكتوراه، كلية العلوم، جامعة بغداد، العراق، ١٩٩٣.

2. Bratby, J. R., ***"Optimizing Coagulants and Flocculants Aids for Settling"***, Journal of AWWA, Vol. 73, No. 6, 1981.

3. Hasan, M. S., ***"Effect of Polyelectrolytes on Turbidity Removal of Tigris River by Alum Coagulation"***, M.Sc. Thesis, Mosul, Iraq, 1977.

4. Montgomery, J. M., ***"Water Treatment, Principles and Design"***, John Wiley Inc., New York, 1985.

5. Kawamura, S., ***"Effectiveness of Natural Polyelectrolytes in Water Treatment"***, Journal of AWWA, Vol. 83, No. 10, 1991.

6. Ndabigenges, A., et. al., ***"Active Agents Mechanism of Coagulation of Turbid Waters Using Moringaoleivera"***, Journal of Water Research, Vol. 29, No. 2, 1995.

7. حسن، علي عبد الله، ***"تأثير الأملاح على إزالة المواد الغروية باستخدام هيدروكسيد المعدن"*** ، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة الموصل، العراق، ١٩٩٥.

8. التمر، مصعب عبد الجبار، ***"استخدام بعض مساعدات التخثير الطبيعية في إزالة العكورة من الماء"*** ، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة الموصل، العراق، ١٩٩٨.

9. محمد، محمد راضي وعفج، عدنان حسن، وعبد الخالق محمد احمد، ***"معالجة النفايات الصناعية السائلة باستخدام الصخور السيليسية العراقية"*** ، مجلة الهندسة والتكنلوجيا، الجامعة التكنلوجية، بغداد-العراق، العدد ٤، المجلد ١٨ ، ١٩٩٩.

10. Talabb, S., A., ***"A Study into the Ability of Improving the Performance of Locally Produced Alum"***, M.Sc. Thesis, University of Technology, Baghdad, Iraq, 2000.

11. APHA, AWWA, WPCF, ***"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"***, 16th, 1985.

12. McCooke, N. J., and West, J. R., ***"The Coagulation of a Kaolinite Suspension with Aluminum Sulfate"***, Journal of Water Research, Vol. 12, No. 10, 1978.

13. Rashed, H. A., ***"Purification of Water by using Porcelinite a Local Material"***, M.Sc. Theses, University of Technology, Baghdad, Iraq, 1999.

14. الراوي، ساطع محمود وحسن، علي عبد الله، ***"سلوكية ايون الألمنيوم في معالجة المياه السطحية"*** ، مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة، اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، العدد الأول، المجلد الأول، ١٩٩٨.

15. Letterman, R. D., et. al., ***"Influence of Rapid Mix Parameters on Flocculation"***, Journal of AWWA, Vol. 65, 1973.

16. Eckenfelder, W., and Wesley, Jr., ***"Industrial Water Pollution Control"***, McGraw-Hill, Inc., New York, 2000.

17. Netze, A., and Beszedits, S., ***"Colour and Heavy Metal Removal from Dyebath Effluents by Lime Precipitation"***, Proceedings of 10th Canadian Symposium, University of Toronto, 1975.

18. Tofflemire, T. J., and Hetling, L. J., ***"Treatment of Combined Wastewater by the Low Lime Process"***, Journal of Water Pollution Control Federation, Vol. 45, No. 2, 1973, 210 pp.