استخدام طين البنتونايت كمخثر أو كمساعد للتخثير مع الشب في إزالة العكورة من الماء

محمد سليمان حسن مصعب عبد الجبار التمر
قسم الهندسة المدنية- جامعة الموصل

الخلاصة

إن الهدف الرئيس من البحث هو استخدام طين البنتونايت كمخثر ومساعد للتخثير مع الشب في إزالة العكورة في الماء لمستويات مختلفة من العكورة لتحسين نوعية مياه الشرب، ولتحقيق نوعية مياه أفضل وبكلفة قليلة. أثبتت الدراسة أنه يمكن استخدام طين البنتونايت كمخثر مستقل لوحده خصوصاً ضمن مستويات العكورة الواطئة التي لاتزيد عن (25) وحدة عكورة و بجرع لا تزيد عن (25) ملغم\لتر، كما أظهرت النتائج كفاءة عالية في إزالة العكورة عند استخدام البنتونايت كمساعد للتخثير مع الشب وبجرع لاتزيد عن (15) ملغم\لتر لمستويات العكورة الابتدائية الواطئة والمتوسطة التي لاتزيد عن (100) وحدة عكورة و(30) ملغم\لتر لمستوى العكورة الابتدائية العالية (500) وحدة عكورة، وكان تأثير استخدام البنتونايت مع الشب في إزالة العكورة أعلى ضمن المستويات الواطئة من العكورة وعند الجرع الواطئة من الشب. **الكلمات الدالة:** الشب، كبريتات الألمنيوم، طين البنتونايت، التخثير والتلبيد، مساعدات التخثير، الترسيب، إسالة الماء، العكورة.

الكلمات الدالة

الشب، كبريتات الألمنيوم، طين البنتونايت، التخثير، التلبيد، مساعدات التخثير،العكورة، إسالة الماء.

المقدمة

تعد إزالة عكورة الماء من الأهداف الرئيسة في محطات معاملة مياه الشرب؛ وغالباً ما تستخدم أملاح الألمنيوم مثل الشب (كبريتات الألمنيوم المائية) في عملية المعاملة كمواد مخثرة رئيسة وقد تستخدم مواد أخرى مساعدة لتحسين كفاءة الإزالة ولتحقيق مزايا أخرى متعددة مثل التقليل من جرعة المخثر الرئيس وبالتالي التقليل من تركيز ايون الألمنيوم في الماء المعالج والذي يسبب مشاكل كثيرة منها الترسيب على أنابيب الإسالة فضلاً عن المضار الصحية؛ إذ وجد أن زيادة تركيز الألمنيوم في الماء له علاقة بمرض الخرف المبكر واعتلال القلب وغيرها من الأمراض [1]، [2] .

في مدينة الموصل في بعض مواسم الأمطار تتردى نوعية مياه الشرب المنتجة من مشاريع المعاملة التي تستخدم الشب فقط كمخثر في إزالة العكورة ولتحسين نوعية الماء المعامل قد يتم اللجوء أحياناً إلى استخدام مواد البولي الكتروليت الصناعية كمساعد للتخثير وحيث أن استخدام هذه المواد يحتاج إلى تقنية إضافة إلى كلفتها العالية لكونها مواد مستوردة فضلاً عن المضار الصحية والبيئية التي اكتشفت مؤخراً نتيجة استخدام هذه المواد. [3]، [4]

يهدف هذا البحث إلى استخدام طين البنتونايت الطبيعي كمخثر لوحده أو كمساعد مخثر مع الشب في إزالة العكورة من الماء كونه مادة متوفرة ورخيصة ليكون البديل عن المواد الصناعية، كما أن له فوائد أخرى كثيرة تتحقق عند استخدامه في عملية المعاملة إضافة إلى إزالة العكورة، وتم في هذه الدراسة استخدام فحص الجرة في تقييم عملية التخثير والتلبيد لمستويات مختلفة من العكورة لمياه نهر دجلة تم تعديل عكورتها إلى المستويات المطلوبة بإضافة طين الكاؤلين الذي يستخدم لهذا الغرض في كثير من الدراسات.[5]

الدراسات السابقة

قام (Matheson and Ford, 1957) [6] بدراسة لعملية ترويق المياه في (200) محطة من محطات المعاملة في كندا ، ووجدا أن بعض المحطات تضيف طين البنتونايت كمساعد لعملية التلبيد في معاملة المياه واطئة العكورة وعند انخفاض درجات الحرارة.

واستعمل (Kawamura, 1973)[7] أنواعا مختلفة من مساعدات التخثير من بينها طين البنتونايت بجرع بين (7-30) ملغم\لتر ووجد أن إضافة البنتونايت قبل الشب بخمس دقائق يعطي إزالة أفضل للعكورة.

كما أقترح (Kawamura, 1976)[8] إضافة طين ذو سعة تبادل ايوني عالية مثل البنتونايت إلى الماء الخام الذي يحوي على غرويات ذات سعة تبادل ايوني واطئة لزيادة كفاءة إزالة مثل هذه الغرويات.

وأشار (Hudson and Wagner, 1981)[9] إلى انه لايمكن افتراض نفس تتابع إضافة المواد الكيميائية يعمل بشكل جيد لكافة أنواع المياه ، بل أن هذا التتابع قد ينعكس للحصول على نتائج أفضل.

ثم لاحظ (Morris and Knocke, 1984)[10] أن إضافة طين البنتونايت إلى الماء الخام واطيء العكورة يحسن عملية إزالة العكورة باستخدام الشب عند درجات الحرارة المنخفضة ، حيث أن هذا الإجراء يزيد من كفاءة تكون اللبادات.

وأشار (Kawamura, 1996)[11] إلى أن إضافة (2-5) ملغم\لتر من طين البنتونايت إلى المياه واطئة العكورة يحسن من عملية التلبيد حيث يعوض النقص الموجود في الجسيمات العالقة.

كما وجد (Lund and Nessen, 1986)[12]، (Gersberg et al., 1988)[13] أن لطين البنتونايت القابلية على امتزاز نسبة عالية من الفيروسات والمواد العضوية الموجودة في الماء.

المواد وطرائق العمل

1. نماذج الماء

تم أخذ نماذج الماء من نهر دجلة، ونظراً للمدى الضيق لتغاير عكورة ماء النهر تم تعديل العكورة الطبيعية للماء إلى مستويات العكورة المطلوبة بإضافة طين الكاؤلين الذي يستخدم في كثير من الدراسات لهذا الغرض.[5] ويوضح الجدول رقم (1) المعدل الشهري لبعض خصائص ماء النهر في منطقة اخذ النماذج.

2. طين البنتونايت

تم التحري عن أصناف من طين البنتونايت المستخدم في عدد من المواقع والدوائر التي تتعامل مع هذه المادة وتم أخذ عدد من النماذج وأجريت عليها الفحوصات المحددة في الجدول رقم (2). وقد تم اختيار النموذج رقم (1) لمطابقة خصائصه للمحددات العالمية لطين البنتونايت.[14]

3. الشب

استخدمت كبريتات الألمنيوم المائية [Al_2SO_4 $16H_2O$] بنقاوة (99.7%) على شكل محلول بتركيز [1%]. تم استخدام جهاز فحص العكورة من نوع (Hatch Laboratory Turbidimeter 2100A) لفحص عكورة النماذج قبل وبعد المعاملة ويتم القياس بوحدة (ntu) (وحدة عكورة).

واستخدم جهاز فحص الجرة يحتوي على خمس مازجات كل منها ذات رفاس (Blade) بطول (6) سم وعرض (2) سم، استخدمت مع الجهاز حاويات زجاجية دائرية سعة (1000) مللتر؛ أجريت سلسلة من فحوصات الجرة استخدمت خلالها المتغيرات والثوابت الآتية:

1. متغيرات فحص الجرة وتم تثبيتها كالأتي: [15]، [16]، [17]
   أ. مزج سريع 100 دورة\ دقيقة لمدة دقيقة واحدة ، بتدرج سرعي مقداره (62) ثانية $^{-1}$.[17].
   ب. مزج بطيء 40 دورة/ دقيقة لمدة 30 دقيقة ، تدرج سرعي مقداره 15.8 ثانية.$^{-1}$
   ج. زمن ترسيب أقصى مقداره (30) دقيقة.
   د.
2. خمس مستويات من العكورة الابتدائية (10، 15، 25، 100، 500) وحدة عكورة.
3. خمس مستويات من جرع الشب تتراوح بين (2.5–50) ملغم\لتر تتغاير حسب مستوى العكورة الابتدائية.

4. خمس مستويات من جرع طين البنتونايت تتراوح مستوياته بين (2.5–50) ملغم\لتر تتغاير حسب مستوى العكورة الابتدائية.

تصميم التجربة

تم إجراء تصميم إحصائي للتجربة بحيث تكون العكورة المتبقية لكل معاملة هي المتغير المعتمد (Dependent variable) (T_2) ، أما المتغيرات المستقلة فهي جرعة الشب (Al)، جرعة البنتونايت (Bn)، مستوى العكورة الابتدائية (T_1) وزمن الترسيب (St) وكما مبينة في الشكل رقم (1).

وتم تحليل النتائج بالاعتماد على أسلوب تحليل الانحدار متعدد الخطوات (Stepwise Multiple Regression) لإيجاد موديل رياضي للتنبؤ بقيمة العكورة المتبقية بالاعتماد على قيم المتغيرات المستقلة . وتم قياس قوة هذه الموديلات بالاعتماد على قيمة معامل الارتباط (R^2) والخطأ القياسي.

النتائج والمناقشة

تأثير استخدام البنتونايت كمخثر على العكورة المتبقية:

يمثل الشكل رقم (2) نتائج استخدام البنتونايت كمخثر على العكورة المتبقية ولمستويات مختلفة من العكورة الابتدائية؛ يلاحظ من الشكل أن البنتونايت يعمل بكفاءة على التقليل من العكورة المتبقية ولجميع مستويات العكورة الابتدائية، فضمن مستوى العكورة الابتدائية (25) وحدة عكورة باستخدام (5، 15، 25) ملغم\لتر من البنتونايت تكون العكورة المتبقية (8.5، 6، 3.5) وحدة عكورة على الترتيب، ويمكن تعليل عمل البنتونايت من خلال ثلاثة اتجاهات: (1) زيادة كثافة الجسيمات العالقة في المحلول مما يجعل الجسيمات تقترب من بعضها البعض أكثر مما يتيح الفرصة لقوى التجاذب (قوى فاندروال) في التغلب على قوى التنافر الكهربائي بين الجسيمات وبالتالي تكتل الجسيمات العالقة مع بعضها البعض، (2) انخفاض شحنة الغرويات بسبب الحافات ذات الشحنة الموجبة الموجودة على سطح جسيم طين البنتونايت والتي سببها بعض الأواصر المتكسرة في التركيب الشبكي للبلورة الطينية والتي تحوي على ايون الهيدروجين الموجب كما تتجاذب وتتكتل الجسيمات مع بعضها البعض

عند تصادم الأوجه السالبة الشحنة مع الحافات الموجبة الشحنة[5]، (3) زيادة كثافة الجسيمات العالقة يؤدي إلى زيادة عدد التصادمات بين الجسيمات مما يزيد من كفاءة عملية التلبيد وتظهر هذه الحالة بوضوح عند المستويات الواطئة من العكورة الابتدائية. [18]، [19]

ويمكن اعتبار الجرع (15، 15، 25، 15، 30) ملغم\لتر الجرع المثلى من البنتونايت لمستويات العكورة الابتدائية (10، 15، 25، 100، 500) وحدة عكورة والتي تعطي عكورة متبقية مقدارها (1.7، 3.5، 3.5، 3.2، 4.8) وحدة عكورة أي كفاءة إزالة (83، ، 80,76، 96، 99)% على الترتيب. وأقل عكورة متبقية تم الحصول عليها عند استخدام البنتونايت لوحده هي (1.4) وحدة عكورة ضمن مستوى العكورة الابتدائية (10) وحدة عكورة باستخدام (25) ملغم\لتر من البنتونايت.

تأثير تغاير جرع الشب عند استخدامه كمخثر مع البنتونايت كمساعد للتخثير مستويات العكورة الابتدائية الواطئة

يوضح الشكل رقم (3 أ، ب، ج) تأثير تغاير جرع الشب عند استخدامه مع جرع ثابتة من البنتونايت على العكورة المتبقية لمستويات العكورة الابتدائية الواطئة (10، 15، 25) وحدة عكورة؛ يلاحظ أن العكورة المتبقية تنخفض بزيادة جرعة الشب فلمستوى العكورة الابتدائية (15) وحدة عكورة باستخدام (10) ملغم\لتر من البنتونايت مع (2.5، 5، 10) ملغم\لتر من الشب تكون العكورة المتبقية (3.6، 1.9، 0.75) وحدة عكورة أي كفاءة إزالة (76، 87، 95)% مقارنة مع عكورة متبقية مقدارها (10، 9، 2.4) وحدة عكورة عند استخدام الشب لوحده. كما يتبين أن تأثير البنتونايت كمساعد للتخثير يقل بزيادة جرعة الشب والسبب في ذلك زيادة تكون غرويات هيدروكسيد الألمنيوم التي تزيد من كفاءة الشب في المستويات الواطئة من العكورة الابتدائية، وتمثل الجرع (7.5، 7.5، 10) ملغم\لتر الجرع المثلى من الشب عند استخدامه مع البنتونايت لهذه المستويات من العكورة الابتدائية؛ إذ أن الانخفاض في العكورة المتبقية بعد هذه الجرع غير معنوي.

مستوى العكورة الابتدائية المتوسطة

يوضح الشكل رقم (3 د) تأثير تغاير جرع الشب عند استخدامه كمخثر مع جرع ثابتة من البنتونايت لمستوى العكورة الابتدائية (100) وحدة عكورة؛ عكورة متبقية مقدارها (2.5، 1.85، 1.3) وحدة عكورة تم الحصول عليها باستخدام (10) ملغم\لتر من البنتونايت مع (5، 10، 20) ملغم\لتر من الشب، في حين تكون العكورة المتبقية (4، 2.6، 1.6) وحدة عكورة لنفس جرع الشب السابقة عند استخدامه لوحده، يلاحظ أن تأثير استخدام البنتونايت مع الشب لهذا المستوى من العكورة الابتدائية مشابه لما هو عليه في المستويات السابقة إلا أن تأثير تغاير جرع البنتونايت على العكورة المتبقية هو اقل من تأثيره في المستويات الواطئة من العكورة الابتدائية، ويمكن اعتبار جرعة الشب المثلى عند استخدامه مع البنتونايت لهذا المستوى من العكورة الابتدائية (15) ملغم\لتر إذ أن الانخفاض بعد هذه الجرعة غير معنوي.

مستوى العكورة الابتدائية العالية

يوضح الشكل رقم (3 هـ) تأثير تغاير جرع الشب عند استخدامه كمخثر مع البنتونايت كمساعد للتخثير لمستوى عكورة ابتدائية (500) وحدة عكورة؛ عكورة متبقية مقدارها (5.2، 4.8، 3.8) وحدة عكورة أي كفاءة إزالة (98.9، 99، 99.2)% تم الحصول عليها باستخدام (10) ملغم\لتر من البنتونايت مع (10، 20، 30) ملغم\لتر من الشب على الترتيب مقارنة مع عكورة متبقية مقدارها (6.4، 5.2، 4.5) وحدة عكورة عند استخدام الشب لوحده، يلاحظ أن العكورة المتبقية تزداد بزيادة جرعة الشب عن (30) ملغم\لتر ويعلل سبب ذلك بالزيادة المفرطة في التصادمات بين اللبادات المتكونة مما يؤدي إلى تثبيط عملية التلبيد.[20] ويمكن اعتبار الجرعة المثلى للشب هي 30 ملغم\لتر لهذا المستوى من العكورة الابتدائية.

تأثير تغاير جرع البنتونايت كمساعد للتخثير مع الشب على العكورة المتبقية

يوضح الشكل رقم (4) تأثير تغاير جرع البنتونايت مع الجرع المثلى من الشب الخاصة بكل مستوى من مستويات العكورة الابتدائية؛ يلاحظ أنه بزيادة جرعة

البنتونايت تقل العكورة المتبقية ولجميع مستويات العكورة الابتدائية، لمستوى عكورة ابتدائية (500) وحدة عكورة باستخدام (30) ملغم\لتر من الشب مع (10) ملغم\لتر من البنتونايت تكون العكورة المتبقية (3.8) وحدة عكورة تنخفض إلى (2.35) وحدة عكورة بزيادة جرعة البنتونايت إلى (40) ملغم\لتر مقارنة مع عكورة متبقية مقدارها (4.5) وحدة عكورة عند استخدام الشب لوحده، ولمستويات العكورة الابتدائية (25، 100، 500) وحدة عكورة؛ يلاحظ أن العكورة المتبقية لها تزداد بزيادة جرعة البنتونايت عن (25، 25، 40) ملغم\لتر على الترتيب، وقد يكون السبب في ذلك الزيادة في تركيز الجسيمات العالقة بحيث يصبح هناك عجز في المادة الرابطة بين الجسيمات أو بسبب زيادة أعداد اللبادات المتكونة مما يؤدي إلى تثبيط عملية التلبيد. وتمثل الجرع (15، 15، 15، 15، 30) ملغم\لتر الجرع المثلى من البنتونايت عند استخدامه مع الشب لمستويات العكورة الابتدائية (10، 15، 25، 100، 500) وحدة عكورة على الترتيب، والتي تعطي عكورة متبقية مقدارها (0.6، 0.83، 1، 1.3، 3) وحدة عكورة بالمقارنة مع عكورة متبقية مقدارها (1.4، 3.6، 1.9، 2، 4.5) وحدة عكورة عند استخدام الشب لوحده، من هذا يظهر أن البنتونايت أكثر فاعلية في المستويات الواطئة من العكورة الابتدائية.

تأثير زمن الترسيب على العكورة المتبقية عند استخدام البنتونايت مع الشب

توضح الأشكال (4 أ–هـ) تأثير تغاير زمن الترسيب على العكورة المتبقية للجرع المثلى من البنتونايت مع الشب لمستويات العكورة الابتدائية (10، 15، 25، 100، 500) وحدة عكورة؛ أن استخدام البنتونايت مع الشب لا يؤثر بشكل كبير في تحسين زمن الترسيب بالمقارنة مع استخدام الشب لوحده، ويعود ذلك إلى كون الوزن النوعي لجسيمات طين الكاؤلين المسببة للعكورة مقارب للوزن النوعي لجسيمات طين البنتونايت المستخدم كمساعد للتخثير مع الشب، ولكن بالرغم من ذلك نلاحظ بعض التحسن الطفيف في زمن الترسيب؛ فالفرق في العكورة المتبقية بين أوقات الترسيب المختلفة عند استخدام البنتونايت مع الشب اقل منه عند استخدام الشب لوحده؛ فلمستوى العكورة الابتدائية (25) وحدة عكورة باستخدام (15) ملغم\لتر من البنتونايت

مـع (10) ملغم\التـر مـن الشـب تكـون العكـورة المتبقيـة (8.3، 1.95، 1.1، 1.0) وحدة عكورة عند أوقات الترسيب (2، 5، 10، 30) دقيقة على الترتيب بينما عند استخدام الشب لوحده تكون العكورة المتبقية (10، 3.3، 2.1، 1.9) وحدة عكورة لنفس أوقات الترسيب السابقة. الأوقات المثلى للترسيب عند استخدام البنتونايت مع الشب هي (5، 5، 5، 10، 10) دقيقة على الترتيب لمستويات العكورة الابتدائية أعلاه. كما يلاحظ انه بزيادة مستوى العكورة الابتدائية يزداد زمن الترسيب الامثل وذلك نتيجة التدرج الواسع لحجم اللبادات والكثافة العالية لها عند المستويات العالية من العكورة الابتدائية لذلك تحتاج إلى زمن ترسيب اطول لتحقيق إزالة أفضل.

التحليل الإحصائي للنتائج

تم استخدام تحليل الانحدار المتعدد لإيجاد نموذج للتنبؤ بقيمة العكورة المتبقية الناتجة من إضافة الشب مع البنتونايت وحسب مستوى العكورة الابتدائية ومن ثم اختبار النموذج الرياضي الملائم بالاعتماد على قيمة معامل الارتباط (R^2) والخطأ القياسي.

وكما موضح في الجدول (3) تم اختبار ثلاثة نماذج رياضية وتم اختيار النموذج اللوغارثمي (الأخير) لكون قيمة معامل الارتباط له هي الاعلى (0.86) هذا يعني ان نسبة تأثير المتغيرات غير المعتمدة على العكورة المتبقية هي 86%، كما أن قيمة الخطأ القياسي للنموذج اللوغارثمي هي الأقل بين بقية النماذج إذ بلغت (0.41).

كما يوضح الجدول (4) قيم (t) لكل متغير من المتغيرات غير المعتمدة وأوزان (β) التي يمكن من خلالها معرفة وزن كل متغير وتسلسله حسب أهميته في التأثير على العكورة المتبقية. على هذا الأساس عند استخدام البنتونايت مع الشب يكون المتغير الأكثر تأثيراً على العكورة المتبقية (T_2) هو العكورة الابتدائية (T_1) يليه زمن الترسيب (St) ثم جرعة الشب (Al) ثم جرعة البنتونايت (Bn)،

الاستنتاجات

من خلال ما تقدم يمكن تحديد الاستنتاجات التالية تحت ظروف الدراسة:

1-أثبت طين البنتونايت عند استخدامه كمخثر لوحده كفاءة في إزالة العكورة لمستويات عكورة ابتدائية بين (10-500) وحدة عكورة، وان هذه الكفاءة تزداد عند مستويات العكورة الابتدائية الواطئة.

2- إن استخدام طين البنتونايت كمساعد للتخثير مع الشب حقق كفاءة عالية في إزالة العكورة عند مستويات العكورة الابتدائية الواطئة (10-25) وحدة عكورة وتقل كفاءته نسبياً عند مستويات العكورة الابتدائية المتوسطة والعالية (100، 500) وحدة عكورة، كما أثبتت الدراسة أن البنتونايت يعمل مع الجرع الواطئة من الشب بشكل أكفأ مما يعمل مع الجرع العالية بحدود (15) ملغم\لتر تحت نفس الظروف.

3-كان هناك تحسن طفيف في وقت الترسيب عند استخدام البنتونايت مع الشب ضمن المستويات الواطئة من العكورة الابتدائية التي لاتزيد عن (25) وحدة عكورة.

4-الجرع المثلى التي تم الحصول عليها عند استخدام البنتونايت مع الشب كانت (7.5، 7.5، 10، 15، 30) ملغم\لتر شب مع (15، 15، 15، 15، 30) ملغم\لتر بنتونايت لمستويات العكورة الابتدائية (10، 15، 25، 100، 500) وحدة عكورة على الترتيب.

5-من التحليل الإحصائي للنتائج وجد أن العوامل الأكثر تأثيراً على كفاءة الإزالة للعكورة عند استخدام البنتونايت كمساعد للتخثير مع الشب كانت على التوالي: العكورة الابتدائية (T_1)، زمن الترسيب (St)، جرعة الشب (Al) ثم جرعة البنتونايت (Bn) واستنبط النموذج الرياضي التالي لتوقع العكورة المتبقية (T_2)

$$\log T_2 = 1.974 - 1.232 \log Al - 0.614 \log Bn - 1.67 \log St + 1.56 \log T_1$$

(قيمة معامل الارتباط 0.86، الخطأ القياسي 0.41)

المصادر

1. Costello, J.J. “Post precipitation in distribution system”, Jour. of AWWA, No. 11, 1984.
2. Qureshi, N. and Malmberg, R.H. “reducing aluminum residuals in finished water”, Jour of AWWA, Vol. 77, No. 10, 1985.
3. Kawamura, S.; “Chitin and Chitosan”, Penerbit University, Kebangsaan Malaysia, Bangi, 1995.
4. Montagomery, J.M. “water Treatment, principles and design”, John Wiley Inc., New York, 1985.
5. McCook, N.J. and West, J.R. "The coagulation of a Kaolinit suspension with aluminium sulfate", Water Research, Vol. 12, No. 10, 1978.
6. Matheson, D.T and Forde, V.a. “Survey of water purification practice in Canada”, Jour of AWWA, Vol. 49, No. 12, 1957.
7. Kawamura, S. “Coagulation consideration”, Jour of AWWA, Vol. 65, No. 6, 1973.
8. Hudson, H.E. and Wagner, E.G. "Conduct and uses of Jar test", Jour. of AWWA, Vol. 73, No. 4, 1981.
9. Kawamura, S. “Considerations on improving flocculation”, Jour of AWWA, Vol. 68, No. 6, 1976.
10. Morris, J.K. and Knocke, W.F. “Temperature effects on the use of metal - ion coagulants for water treatment”, Jour of AWWA, Vol. 76, No. 5, 1984.

11. Kawamura, S. "Optimization of basic water treatment processes design and operation : Coagulation and flocculation", J. water STR-Aqua, Vol. 45, No. 1, 1996.

12. Lund, E. and Nissen, B. "Low technology water purification by Bentonite clay flocculation as performed in sudanese villages verological examination", Wat. Res., Vol. 20, No.1, 1986.

13. Gersberg, R.M.; Lyon, S.R.; Brenner, R. and Elkin, B.V. "Performance of clay-alum flocculation (CCBA) process for virus removal from municipal wastewater", Wat. Res., Vol. 22, No. 11, 1988.

14-المصري، محمد علي وعبد الرحمن، نعيم السيد، البنتونايت خواصه ووجوده واستعمالاته المنتظرة في العالم العربي، اتحاد المهندسين العرب، المؤتمر الهندسي العربي التاسع، بغداد، 1964.

15. Griffith, J.D. and Williams, R.G. "Application of jar-test analysis of phoenix, Ariz", Jour. of AWWA, Vol. 64, No.1, 1972.

16. Al-Layla, M.A. and Middlebrooks, B.J. "Algae removal by chemical coagulation", Water & Sewage Works, Vol. 121, No. 9, 1974.

17. Ammirtharajah, A. and Trusler, S.L. "Destabilization of particles by turbulent rapid mixing", Jour of Environmental Engineering Division, ASCE, Vol. 112, No. 6, 1986.

18. حسن، علي عبد الله، تأثير الأملاح على إزالة المواد الغروية باستخدام هيدروكسيد المعدن، رسالة ماجستير مقدمة إلى جامعة الموصل، 1994 .

19. Kawamura, S. "Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment", Jour of AWWA, Vol. 83, No. 10, 1991.
20. Ham, R.K. and Christman, R.F. "Agglomerate size changes in coagulation", Jour of Sanitary Engineering Division, ASCE, Vol. 95, No. SA3, 1969.

جدول (1) المعدل الشهري لبعض الخصائص الأساسية لماء نهر دجلة في منطقة اخذ النماذج خلال فترة الدراسة 1998.

الخاصية	آذار	نيسان	أيار	حزيران
العكورة NTU	9	9.6	3.6	3.2
الرقم الهيدروجيني pH	8.07	8.06	8.08	7.95
العسرة الكلية ملغم\التر بدلالة $CaCO_3$	224	214	200	200
Ca^{++} ملغم\التر	54.5	52	47.5	46.5
Mg^{++} ملغم\التر	19.8	18.8	18.3	18.8

جدول (2) خصائص بعض نماذج طين البنتونايت التي تم التحري عنها.

الخاصية	رقم النموذج				
	1	2	3	4	5
حد السيولة %	440	84	61	64	128
حد اللدونة %	97	46	46	45	87
دليل اللدونة %	343	38	15	19	41
الوزن النوعي	2.84	2.70	2.57	2.74	2.60

جدول (3) مجموعة النماذج الرياضية المختبرة وقيمة معامل الارتباط والخطأ القياسي الخاص بكل نموذج.

رقم النموذج	النماذج الرياضية	معامل الارتباط	الخطأ القياسي
1	$T_2 = 9.09 - 0.153\ Bn - 0.35\ St + 0.033\ T_1$	0.35	9.15
2	$\sqrt{T_2} = 3.762 - 0.243\ \sqrt{Al} - 0.176\ \sqrt{Bn} - 0.482\ \sqrt{St} + 0.155\ \sqrt{T_1}$	0.60	0.91
3	$\log T_2 = 1.974 - 1.232 \log Al - 0.614 \log Bn - 1.67 \log St + 1.56 \log T_1$	0.86	0.86

جدول (4) قيم (t) وأوزان (β) الخاصة بكل متغير من المتغيرات غير المعتمدة للنموذج اللوغارثمي.

المتغير غير المعتمد**	وزن (β)	قيمة (t)
T_1	0.87	*38.79
St	-0.65	*-38.76
Al	-0.39	*-17.90
Bn	-0.16	*-9

* تعني ان المتغير ذو معنوية عند درجة ثقة 95% .

** رتبت المتغيرات غير المعتمدة حسب تسلسل تأثيرها على العكورة المتبقية لكل حالة .

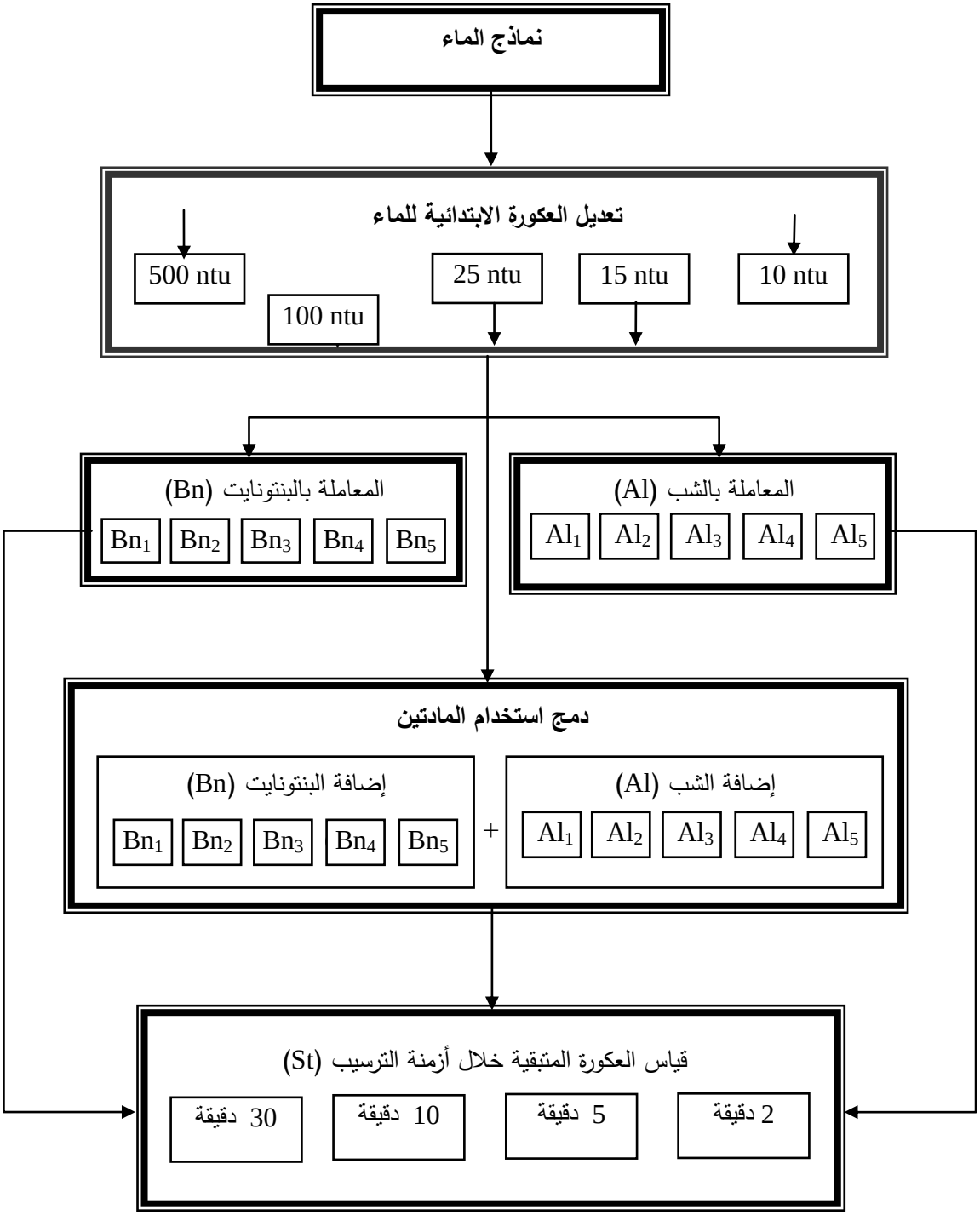
T_1 = العكورة الابتدائية (وحدة عكورة)

T_2 = العكورة المتبقية (وحدة عكورة)

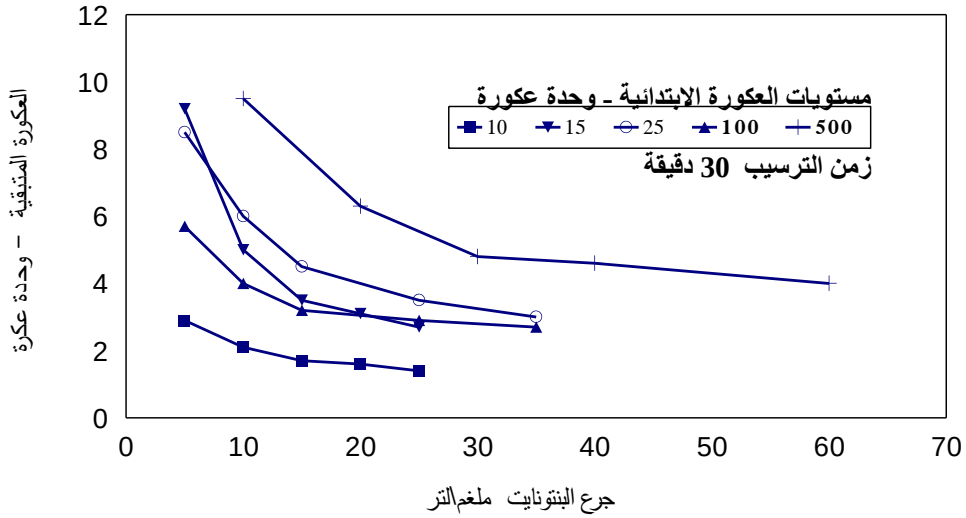
St = زمن الترسيب (دقيقة)

Al = جرعة الشب (ملغم\التر)

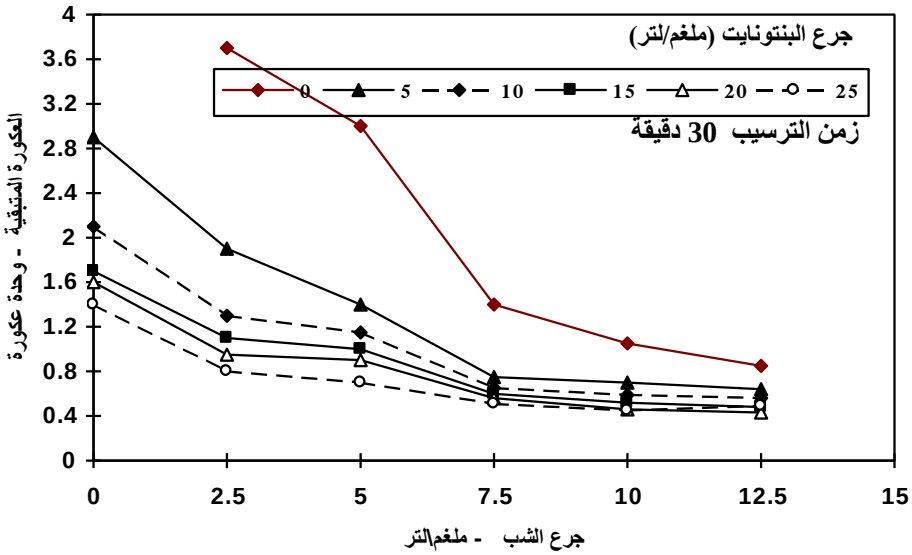
Bn = جرعة البنتونايت (ملغم\التر)



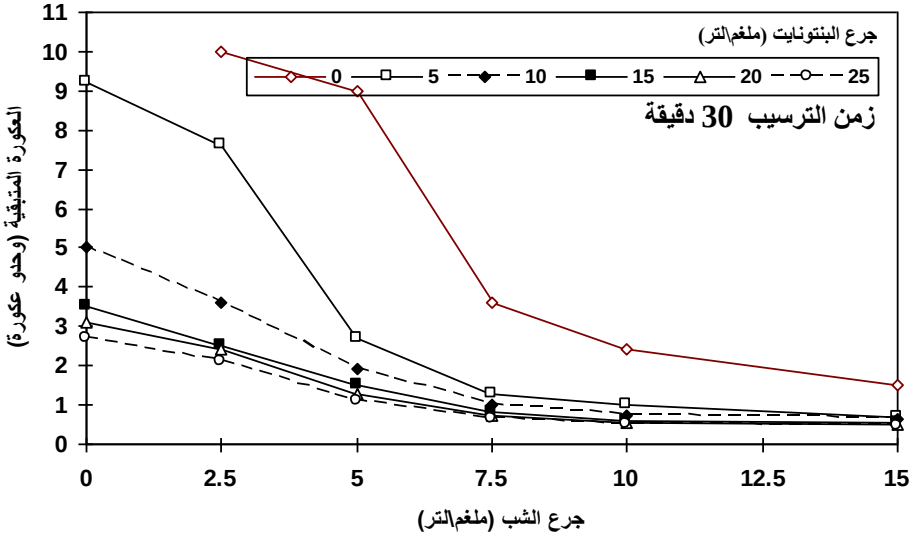
شكل (1) مخطط إجراء التجارب.



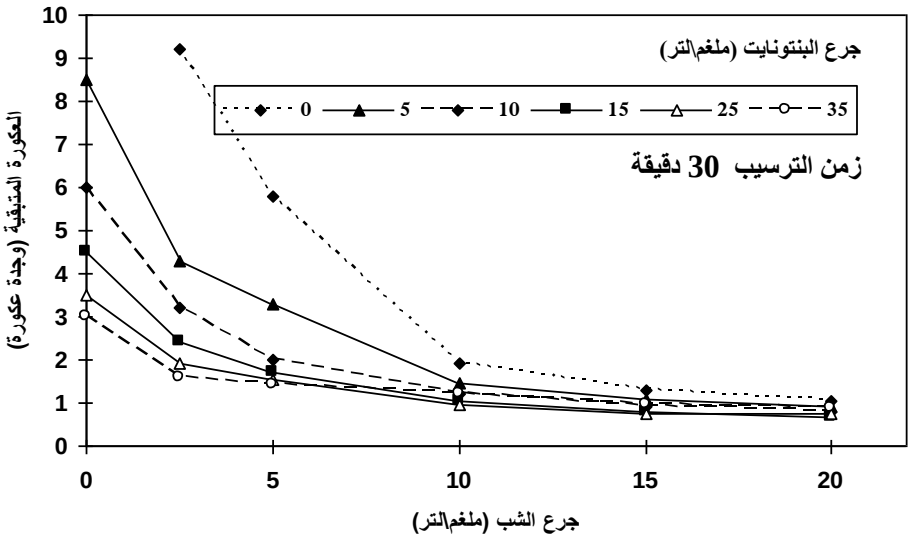
شكل (2) تأثير تغاير جرع البنتونايت كمخثر لوحده على العكورة المتبقية لمستويات مختلفة من العكورة الابتدائية.



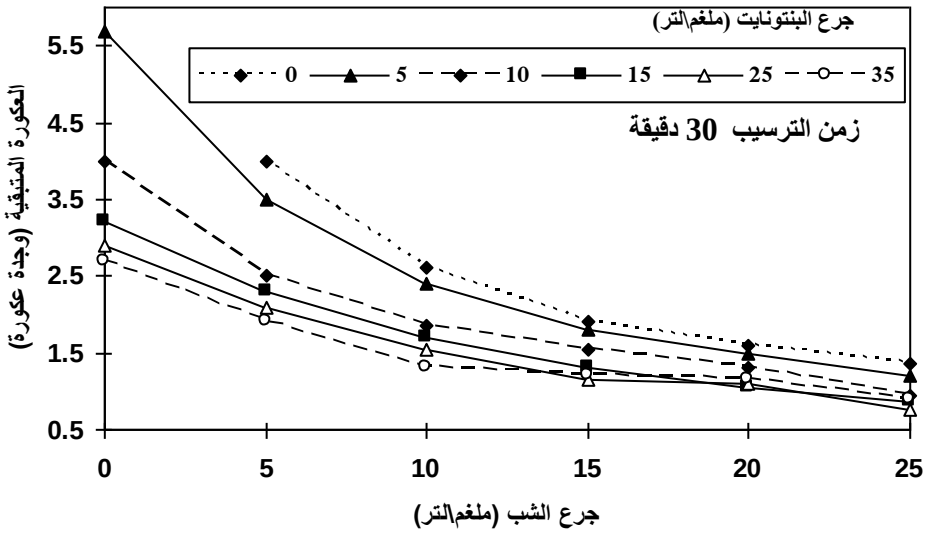
شكل (3أ) تأثير تغاير جرع الشب على العكورة المتبقية عند استخدامه مع البنتونايت عند مستوى العكورة الابتدائية (10) وحدة عكورة.



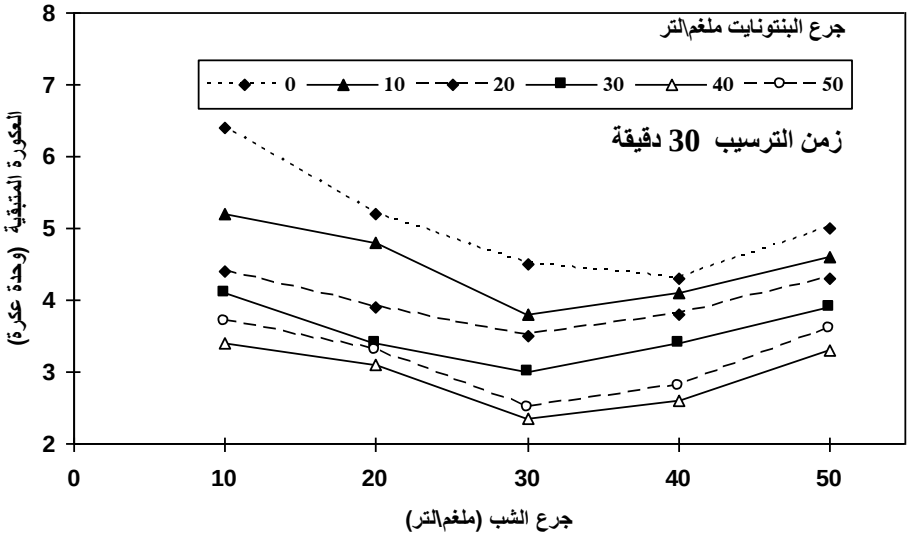
شكل (3ب) تأثير تغاير جرع الشب على العكورة المتبقية عند استخدامه مع البنتونايت عند مستوى العكورة الابتدائية (15) وحدة عكورة.



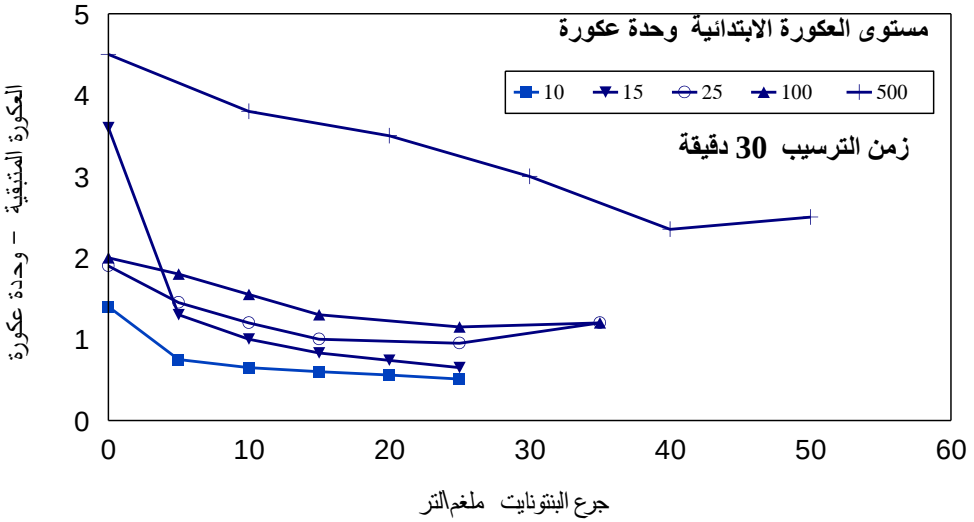
شكل (3ج) تأثير تغاير جرع الشب على العكورة المتبقية عند استخدامه مع البنتونايت عند مستوى العكورة الابتدائية (25) وحدة عكورة.



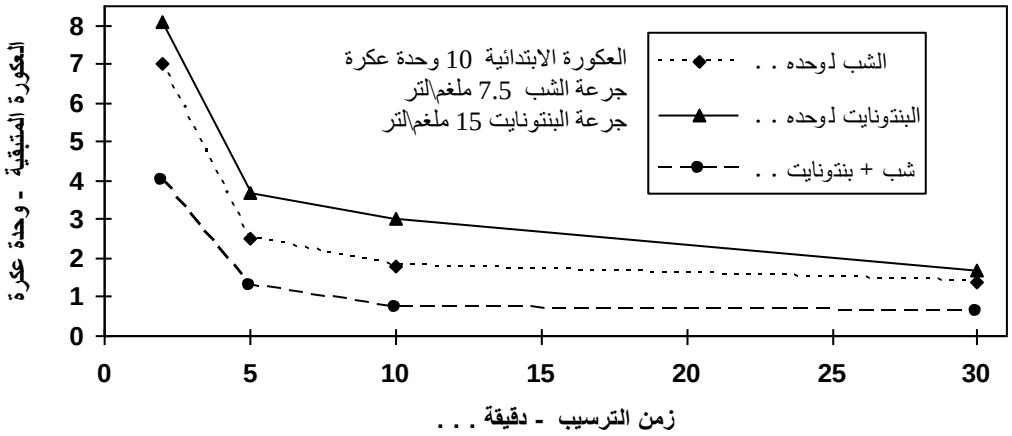
شكل (3د) تأثير تغاير جرع الشب على العكورة المتبقية عند استخدامه مع البنتونايت عند مستوى العكورة الابتدائية (100) وحدة عكورة.



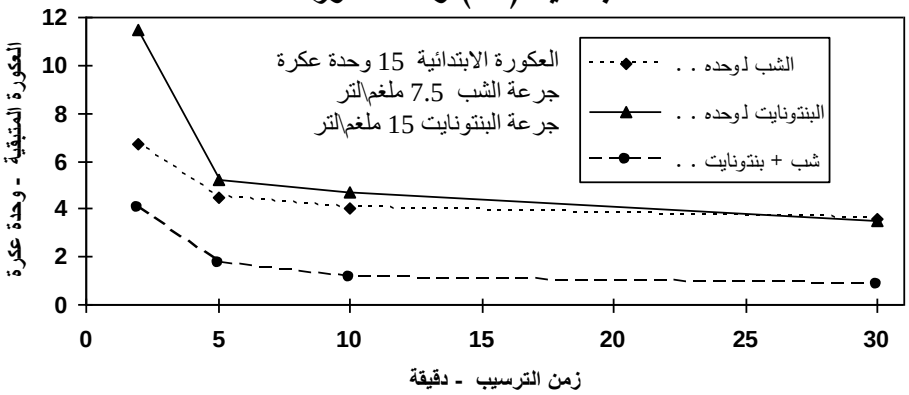
شكل (3هـ) تأثير تغاير جرع الشب على العكورة المتبقية عند استخدامه مع البنتونايت عند مستوى العكورة الابتدائية (500) وحدة عكورة.



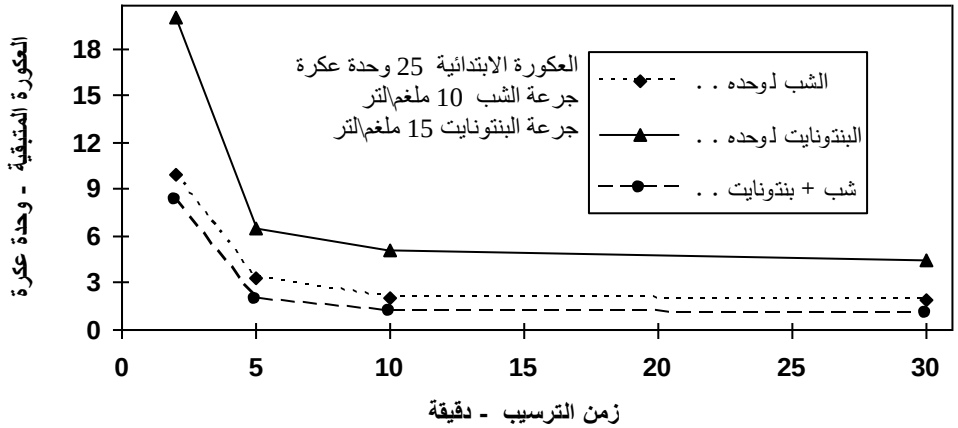
شكل (4) تأثير تغاير جرع البنتونايت كمساعد للتخثير مع الشب على العكورة المتبقية عند جرع الشب المثلى لكل مستوى من مستويات العكورة الابتدائية.



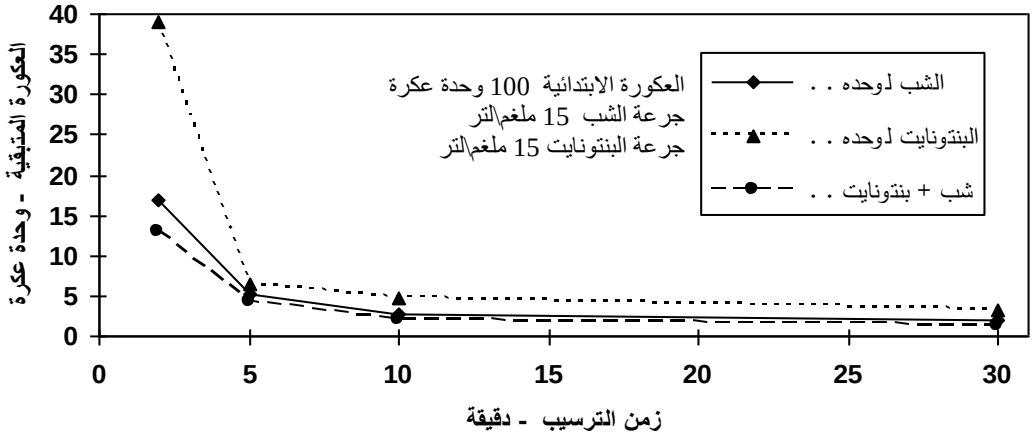
شكل (5 أ) تأثير زمن الترسيب على العكورة المتبقية لمستوى العكورة الأبتدائية (10) وحدة عكورة.



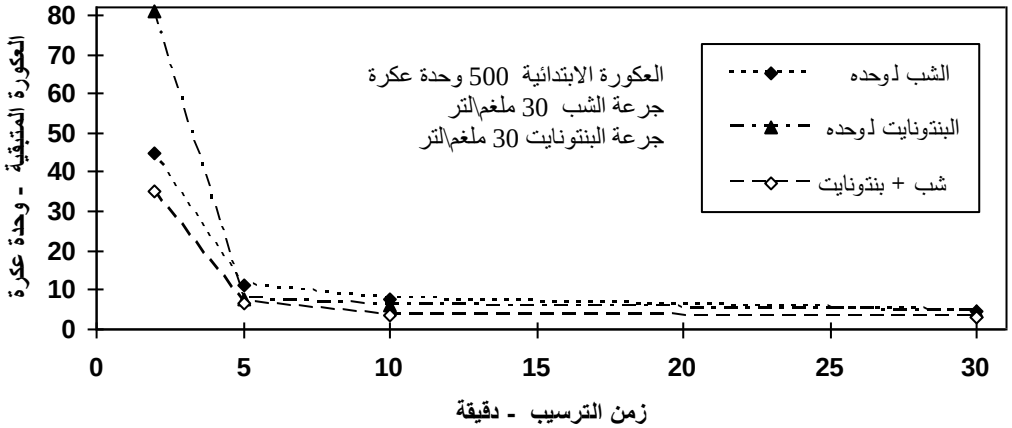
شكل (5 ب) تأثير زمن الترسيب على العكورة المتبقية لمستوى العكورة الأبتدائية (15) وحدة عكورة.



شكل (5 ج) تأثير زمن الترسيب على العكورة المتبقية لمستوى العكورة الأبتدائية (25) وحدة عكورة.



شكل (5 د) تأثير زمن الترسيب على العكورة المتبقية لمستوى العكورة الأبتدائية (100) وحدة عكورة.



شكل (5 هـ) تأثير زمن الترسيب على العكورة المتبقية لمستوى العكورة الأبتدائية (500) وحدة عكورة.

THE USE OF BENTONITE CLAY AS A COAGULANT OR A COAGULANT AID WITH ALUM IN TURBIDITY REMOVAL

Mohammed S. Hassan **Mus'ab A. Al-Tamir**
Civil Engineering Dept. – Mosul University

ABSTRACT

The main goal of this study is to use bentonite clay as a coagulant and coagulant aid in removing different water turbidities levels in order to improve drinking water quality at economical costs. The study showed that this material as coagulant has been proven to be efficient especially at low turbidity levels (i.e. not more than 25 ntu) with a dose of not more than 25 mg/l. As a coagulant aid with alum bentonite has shown to very effective with dose as much as 15 mg/l for low and intermediate initial turbidity level (not more than 100 ntu) and with a dose not more than 30 mg/l for high initial turbidity level 500 ntu, this efficiency is be better for low initial turbidity level and with low alum dose.

KEY WORDS

Alum, Aluminum Sulfate, Bentonite Clay, Coagulation, flocculation, Coagulant aids, Water Suppl