مجلة تكريت للعلوم الهندسية/المجلد 14/العدد 1/آذار 2007 (1-17)

استخدام النورة المحلية كمخثر أو كمساعد للتخثير مع الشب في ازالة العكورة من الماء

محمد سليمان حسن مصعب عبد الجبار التمر

قسم الهندسة المدنية-جامعة الموصل

الخلاصة

بينت الدراسة أن كفاءة النورة كمخثر أو كمساعد للتخثير مع الشب في إزالة العكورة من الماء تكون أفضل ضمن المستويات المتوسطة والعالية من العكورة بحدود (100، 500) وحدة عكورة بجرع بحدود (10، 40) ملغم\لتر لكل مستوى من هذين المستويين على الترتيب مع جرع من الشب بحدود (20) ملغم\لتر لكلا المستويين، ولا ينصح باستخدام النورة مع المستويات الواطئة من العكورة الأقل من (25) وحدة عكورة، ولوحظ من الدراسة تحسن زمن الترسيب عند استخدام النورة مع الشب خاصة في المستويات العالية من العكورة الابتدائية إذ كان زمن الترسيب المثالي خمس دقائق، وتم استنباط نموذج رياضي للمتغيرات المشمولة في الدراسة باستخدام تحليل الانحدار متعدد الخطوات.

الكلمات الدالة

الشب، كبريتات الألمنيوم المائية، النورة، إسالة الماء، عملية التخثير والتلبيد، الترسيب، مساعدات التخثير.

المقدمة

تعتبر إزالة عكورة الماء من الأهداف الرئيسة في محطات إسالة الماء، ونظراً لكون الجسيمات العالقة المسببة للعكورة في غالبيتها عبارة عن جسيمات غروية ذات أحجام دقيقة فلابد من إضافة بعض المواد إلى الماء لكي يمكن إزالتها بعملية الترسيب و/ أو الترشيح؛ وتعرف المواد التي تضاف إلى الماء لهذا الغرض بالمخثرات، وقد تستخدم مع هذه المخثرات مواد أخرى مساعدة لزيادة سرعة الترسيب ومتانة اللبادات المتكونة ولتحقيق مزايا أخرى كثيرة. [1]

وتعد كبريتات الألمنيوم المائية (الشب) المادة المخثرة الأكثر استخداماً في العراق لإزالة العكورة من الماء، كما تستخدم أملاح الحديدوز مثل كبريتات الحديديك وكبريتات الحديدوز ولكن على نطاق ضيق؛ كما تعد البوليمرات الصناعية من مساعدات التخثير المستخدمة بكثرة عالمياً لما تمتاز به من كفاءة عالية، إلا أنه اكتشف مؤخراً مضار هذه المواد على البيئة والمستهلك، كما أن استخدامها يتطلب كفاءة تشغيلية، لذا تم الاتجاه حالياً إلى استخدام المساعدات الطبيعية مثل البوليمرات الطبيعية والنورة وغيرها هذا فضلاً عن كون المساعدات الصناعية من المواد المستوردة للقطر. [2]، [3]

الهدف من الدراسة

1- استخدام النورة في إزالة العكورة كمخثر لوحدها أو مساعد للتخثير مع الشب لمستويات مختلفة من العكورة الابتدائية.
2- إيجاد الجرع المثلى اللازمة لإزالة العكورة لكل من الشب والنورة تحت ظروف الدراسة.
3- إيجاد مدى تأثير المتغيرات الرئيسة التي هي جرع الشب، جرع النورة، العكورة الابتدائية وزمن الترسيب على العكورة المتبقية.
4- إيجاد نموذج رياضي يصف العلاقة بين المتغيرات المشمولة في الدراسة.

الدراسات السابقة

أشار (Kim, 1965)[4] إلى أن إضافة النورة إلى الماء يزيد قيمة الأس الهيدروجيني (pH) ويحسن عملية التخثير ونوعية الماء المنتج، وإستخدم (Ketchum and Weber, 1974) [5] النورة مع السيليكا المنشطة في معالجة مياه الأمطار وأشارا إلى فاعلية واقتصادية هذه الطريقة في معالجة الماء ذو القاعدية الواطئة مثل ماء المطر.

كما وجد (Jeffcoat and Singly, 1975)[6] أن إضافة النورة قبل الشب بفترة (30) ثانية يعطي إزالة أفضل للعكورة ووجد أن قيمة الأس الهيدروجيني المثلى للتخثير بالشب تزداد بزيادة جرعة الشب.

أيضاً قامت (Yasin, 1991)[7] باستخدام النورة كمساعد للتخثير مع كل من الشب وكلوريد الحديديك في إزالة العكورة المصطنعة لنماذج من مياه نهر دجلة ووجدت أن النورة تعمل بكفاءة على إزالة العكورة ضمن المستويات العالية من العكورة الابتدائية وأن كفاءة الإزالة تزداد عند إضافة النورة قبل الشب أو كلوريد الحديديك بخمس دقائق.

وقد أكدت عدد من الدراسات على قابلية النورة في إزالة شوائب أخرى غير العكورة مثل الكاربون الكلي (TOC) والعسرة وشوائب الدبال وغيرها.[7]، [8]

كما درس (Ham and Christman, 1969)[9] عملية التخثير لتشتتات السيليكا باستخدام الشب ووجد أن قيمة الأس الهيدروجيني من العوامل المهمة التي تؤثر على قوة اللبادات المتكونة إذ أن اللبادات التي تتكون عند أس هيدروجيني (8) هي أكبر وأقوى وذات قابلية إزالة أفضل من تلك المتكونة عند أس هيدروجيني مقداره (7.1، 9.1).

وبحث (Rengunathan et al., 1973)[10] عملية التخثير لتشتتات طين الكاؤلين والبنتونايت ووجدوا أن جرعة المخثر و الميكانيكا السائدة للتخثير تعتمد على قيمة الأس الهيدروجيني المثالية للتخثير بترسيب هيدروكسيد الألمنيوم هي (5.5-7).

المواد وطرائق العمل

1. نماذج الماء:

اعتمدت ثلاث مستويات من العكورة الابتدائية لنماذج من ماء نهر دجلة حيث تم تعديل العكورة الطبيعية للماء إلى مستويات العكورة المطلوبة بإضافة طين الكاؤلين الذي يستخدم لهذا الغرض في كثير من الدراسات[10]، ويوضح الجدول رقم (1) المعدل الشهري لبعض خصائص ماء النهر خلال فترة الدراسة.

2. النورة:

استخدمت النورة المطفأة ($Ca(OH)_2$) ذات فاعلية (55%) المنتجة في معمل السكر/ الموصل على شكل محلول بتركيز (1%).

3. الشب:

استخدمت كبريتات الالمنيوم المائية ($Al_2SO_4.16H_2O$) بنقاوة (99.7%) على شكل محلول بتركيز (1%).

4. الأجهزة:

استخدام جهاز فحص العكورة من نوع (Hatch Laboratory Turbidimeter 2100A) لفحص عكورة النماذج قبل وبعد المعاملة ويتم القياس بوحدة (ntu) (وحدة عكورة). كما استخدم جهاز قياس الرقم الهيدروجيني نوع (WTW, pH 322) لقياس الرقم الهيدروجيني للنماذج.

واستخدم جهاز فحص الجرة يحتوي على ستة 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 كالاتي: [12]، [13]، [14]
   أ. مزج سريع (100) دورة/ دقيقة لمدة دقيقة واحدة، بتدرج سرعي مقداره (62) ثانية$^{-1}$.
   ب. مزج بطيء (40) دورة/ دقيقة لمدة (30) دقيقة، بتدرج سرعي مقداره (15.8) ثانية$^{-1}$.
   ج. أربع مستويات من أوقات الترسيب (2، 5، 10، 30) دقيقة.
2. خمس مستويات من العكورة الابتدائية (25، 100، 500) وحدة عكورة.
3. خمس مستويات من جرع الشب تتراوح بين (5-60) ملغم\لتر تتغاير حسب مستوى العكورة الابتدائية.
4. خمس مستويات من جرع النورة تتراوح بين (5-60) ملغم\لتر تتغاير حسب مستوى العكورة الابتدائية.
5. تم إضافة النورة قبل الشب بمدة خمس دقائق ضمن مرحلة المزج السريع.[7]

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 النورة (Lim)، 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 النورة كمخثر لوحدها على العكورة المتبقية:

يتضح من الشكل رقم (2) الذي يمثل تأثير استخدام النورة كمخثر على العكورة المتبقية أن النورة تعمل على التقليل من العكورة المتبقية بزيادة جرعها ولكافة مستويات العكورة الابتدائية، وتظهر النورة فاعلية أكثر عند المستويات العالية من العكورة وعند الجرع العالية منها؛ فمثلاً (10) ملغم\لتر من النورة أعطت عكورة متبقية مقدارها (18، 16، 17.5) وحدة عكورة؛ أما (40) ملغم\لتر من النورة فأعطت عكورة متبقية مقدارها (14.5، 12.5، 12) وحدة عكورة عند مستويات العكورة الابتدائية (25، 100، 500) وحدة عكورة على الترتيب ويمكن تعليل ذلك بكون التشتتات (Suspensions) ذات التركيز العالي أكثر تأثراً بأيونات الكالسيوم (Ca^{++}) الذائبة والناتجة عن إضافة النورة إلى الماء [4]، ويمكن من خلال الشكل رقم (2) اعتبار جرع النورة (30، 40، 40) ملغم\لتر هي الجرع المثلى لمستويات العكورة (25، 100، 500) وحدة عكورة والتي تعطي عكورة متبقية مقدارها (14.5، 12.4، 12) وحدة عكورة على الترتيب إذ أن الأنخفاض في العكورة بعد هذه الجرع غير معنوي.

تأثير استخدام النورة كمساعد مخثر مع الشب على العكورة المتبقية لمستويات مختلفة من العكورة الابتدائية

مستوى العكورة الأبتدائية الواطئة

يوضح الشكل (3أ) تأثير تغاير جرع الشب عند استخدامه مع جرع ثابتة من النورة على العكورة الابتدائية الواطئة (25) وحدة عكورة؛ يلاحظ انه باستخدام (5) ملغم\لتر من النورة مع (10، 15، 20) ملغم\لتر من الشب تكون العكورة المتبقية (2.7، 1.2، 1.0) وحدة عكورة مقارنة مع عكورة متبقية مقدارها (1.9، 1.3، 1.05) ملغم\لتر لنفس الجرع السابقة من الشب عند استخدامه لوحده، يتضح أن العكورة المتبقية تقل بزيادة جرعة الشب، ويبدو أن عمل النورة يتحسن عند الجرع العالية من الشب، كما يلاحظ أن العكورة المتبقية تزداد بزيادة جرعة النورة عن (5) ملغم\لتر ويعود السبب في ذلك إلى تأثير النورة على قيمة الأس الهيدروجيني (pH) الذي يؤثر بدوره على كفاءة عمل الشب إذ بزيادة جرعة النورة زادت قيمة الأس الهيدروجيني للماء عن (8) –قيمة الأس الهيدروجيني للماء الخام– أي تبتعد عن القيمة المثلى

لتكـون غرويـات هيدروكسـيد الألمنيـوم [$Al(OH)_3$] المـادة الفعالـة فـي معاملـة المستويات الواطئة من العكورة الابتدائية.[9، 10، 15]

ويمكن اعتبار الجرعة المثلى للشب عند استخدامه مع النورة لهذا المستوى من العكورة الابتدائية هي (15) ملغم\لتر إذ أن الانخفاض في العكورة بعد هذه الجرعة غير معنوي.

مستوى العكورة الابتدائية المتوسطة

يمثل الشكل (3ب) العكور المتبقية لمستوى العكورة الابتدائية (100) وحدة عكورة عند استخدام النورة مع الشب؛ يلاحظ أنه باستخدام (10) ملغم\لتر من النورة مع (15، 20) ملغم\لتر من الشب تكون العكورة المتبقية (1.3، 0.98) وحدة عكورة أي كفاءة إزالة (98.7%، 99%) على الترتيب مقارنة مع عكورة متبقية مقدارها (1.9، 1.6) وحدة عكورة عند استخدام الشب لوحده؛ يلاحظ أن النورة ضمن هذا المستوى من العكورة الابتدائية تكون أكفأ من المستوى السابق –(25) وحدة عكورة– كما يتبين من نفس الشكل أن كفاءة النورة تتحسن بزيادة جرعة الشب إلى (30) ملغم\لتر ويمكن تعليل سبب ذلك إلى كون مدى قيمة الأس الهيدروجيني المثلى لعمل الشب تزداد بزيادة جرعة الشب [6] [16]؛ هذا فضلاً عن توفير الهدروكسيد اللازم لتكوين هيدروكسيد المعدن، ويمكن اعتبار الجرعة المثلى من الشب هي (20) ملغم\لتر عند استخدامه مع النورة إذ أن الانخفاض في العكورة بعد هذه الجرعة غير معنوي كما يلاحظ ذلك من الشكل (3ب).

مستوى العكورة الابتدائية العالية

يوضح الشكل (3ج) تأثير تغاير جرع الشب عند استخدامه كمخثر مع النورة كمساعد للتخثير لمستوى العكورة الابتدائية (500) وحدة عكورة؛ باستخدام (10) ملغم\لتر من النورة مع (25، 35) ملغم\لتر من الشب تكون العكورة المتبقية بمقدار (2.9، 2.6) وحدة عكورة أي كفاءة إزالة (99.4%، 99.5%) على الترتيب مقارنة مع عكورة متبقية مقدارها (4.8، 4.4) وحدة عكورة عند استخدام الشب لوحده، يلاحظ أن كفاءة عمل النورة مع الشب ضمن هذا المستوى من العكورة الابتدائية هي أفضل من مستويات العكورة الابتدائية الواطئة والمتوسطة، ويتضح من نفس الشكل أنه بزيادة جرعة الشب تقل العكورة المتبقية كما يتضح أن زيادة جرعة الشب إلى (35) ملغم\لتر تحسن من كفاءة عمل النورة لنفس الأسباب التي نوقشت في الفقرات السابقة، ومن الشكل (3ج) يمكن اعتبار جرعة الشب المثلى هي (35) ملغم\لتر عند استخدام النورة معه لهذا المستوى من العكورة الابتدائية.

تأثير تغاير جرع النورة كمساعد للتخثير مع الشب على العكورة المتبقية

يوضح الشكل رقم (4) تأثير تغاير جرع النورة على العكورة المتبقية عند استخدامها مع الجرع المثلى من الشب الخاصة بكل مستوى من مستويات العكورة الابتدائية؛ يتضح من الشكل أنه بزيادة جرعة النورة عن (5، 10) ملغم\لتر تزداد العكورة المتبقية لمستويات العكورة الابتدائية الواطئة والمتوسطة (25، 100) وحدة عكورة ويعود السبب في ذلك إلى تأثير النورة على قيمة الأس الهيدروجيني المثلى لعمل الشب، بينما عند مستوى العكورة الابتدائية (500) وحدة عكورة تقل العكورة المتبقية بزيادة جرعة النورة لحد (40) ملغم\لتر، حيث تزداد العكورة المتبقية بعد هذه الجرعة قد يكون سبب ذلك الزيادة المفرطة لايونات (Ca^{2+}). ومن الشكل رقم (4) يمكن ملاحظة أن جرع النورة (5، 10، 40) ملغم\لتر هي المثلى عند استخدامها مع الشب لمستويات العكورة الابتدائية (25، 100، 500) وحدة عكورة على الترتيب والتي تعطي عكورة متبقية مقدارها (1.2، 0.98، 2.2) وحدة عكورة مقارنة مع عكورة متبقية مقدارها (1.3، 1.6، 4.4) وحدة عكورة عند استخدام الشب لوحده.

تأثير زمن الترسيب على العكورة المتبقية عند استخدام البنتونايت مع الشب

توضح الأشكال (5) (أ، ب، ج) تأثير تغاير زمن الترسيب على العكورة المتبقية للجرع المثلى من النورة مع الشب لمستويات العكورة الابتدائية (25، 100، 500) وحدة عكورة؛ إن النورة عند استخدامها مع الشب تحسن بعض الشيء من زمن الترسيب خصوخاً عند مستويات العكورة المتوسطة والعالية (100، 500) وحدة عكورة فعند مستوى العكورة الابتدائي (500) وحدة عكورة باستخدام (40) ملغم\لتر من النورة مع (35) ملغم\لتر من الشب تكون العكورة المتبقية (32، 3.2، 2.2) وحدة عكورة عند أوقات الترسيب (2، 5، 10، 30) دقيقة بينما عند استخدام الشب لوحده تكون العكورة المتبقية (72، 10، 7، 4.4) وحدة عكورة لنفس أزمنة الترسيب السابقة ويعود السبب في ذلك إلى إيونا الكالسيوم (Ca^{+2}) الناتجة عن إضافة النورة والتي تساعد في تحسين عملية التلبيد وبالتالي تكون لبادات كبيرة[14]، ويمكن اعتبار زمن الترسيب الأمثل عند استخدام الشب مع النورة هو (5) دقيقة لمستويات العكورة الابتدائية أعلاه، إذ أن الانخفاض في العكورة بعد هذا الزمن غير معنوي.

التحليل الإحصائي للنتائج

تم استخدام تحليل الانحدار المتعدد لإيجاد نموذج رياضي للتنبؤ بقيمة العكورة المتبقية الناتجة من إضافة النورة مع الشب وحسب مستوى العكورة الابتدائية ومن ثم

اختبار النموذج الرياضي الملائم بالاعتماد على قيمة معامل الارتباط (R^2) والخطأ القياسي.

ويوضح الجدول رقم (2) أن النموذج اللوغارثمي (الأخير) يمثل النموذج الأمثل بين النماذج التي تم اختبارها كون قيمة معامل الارتباط له هي الأعلى (0.728)؛ كما أن الخطأ القياسي له هو الأقل (0.21) بين بقية النماذج. ويلاحظ أن جرعة النورة (Lim) لم تظهر في النموذجين الأول والثاني لأن تأثيرها غير معنوي.

كما يوضح الجدول (3) قيم (t) وأوزان (β) لكل متغير من المتغيرات غير المعتمدة التي يمكن من خلالها معرفة وزن كل متغير وتسلسله حسب أهميته في التأثير على العكورة المتبقية. على هذا الأساس عند استخدام النورة مع الشب يكون المتغير الأكثر تأثيراً على العكورة المتبقية(T_2) هو جرعة الشب (Al) يليه زمن الترسيب (St) يليه العكورة الابتدائية (T_1) ثم جرعة النورة (Lim).

الاستنتاجات

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

1- تعمل النورة كمخثر مستقل على إزالة العكورة ضمن المستويات المتوسطة والعالية من العكورة (100، 500) وحدة عكورة وبجرع بحدود (40) ملغم\لتر.
2- تحسن النورة بشكل طفيف كفاءة عمل الشب عند استخدامها بجرع لاتزيد عن (5) ملغم\لتر مع جرع من الشب بحدود (15) ملغم\لتر ضمن مستوى العكورة الابتدائية الواطئة (25) وحدة عكورة.
3- تكون كفاءة استخدام النورة مع الشب أفضل ضمن مستويات العكورة الابتدائية المتوسطة والعالية (100، 500) وحدة عكورة عند جرع من الشب بحدود (20) ملغم\لتر مع جرع من النورة بحدود (10، 40) ملغم\لتر على الترتيب.
4-لوحظ أن استخدام النورة مع الشب يقلل من الزمن اللازم للترسيب ولكافة مستويات العكورة الابتدائية إلى خمس دقائق.
5-من التحليل الإحصائي للنتائج وجد أن العوامل الأكثر تأثيراً على كفاءة الإزالة للعكورة عند استخدام النورة كمساعد للتخثير مع الشب كانت على التوالي: جرعة الشب (Al)، زمن الترسيب (St)، العكورة الابتدائية (T_1)، ثم جرعة النورة (Lim)، واستنبط النموذج الرياضي التالي لتوقع العكورة المتبقية (T_2):

$$\log T_2 = 1.56 - 0.988 \log Al - 0.167 \log Lim - 0.76 \log St + 0.41 \log T_1$$

(قيمة معامل الارتباط 0.728، الخطأ القياسي 0.21)

المصادر

1- Montagomery, J.M. “water Treatment, principles and design”, John Wiley Inc., New York, 1985.

2- Hasan, M.S., "Effect of Polyelectrolytes on Turnidity Removal of Tigris rover by Alum Coagulation",.M.Sc. Thesis, Mosul University, 1977.

3- Kawamura, S.; “Chitin and Chitosan”, Penerbit University, Kebangsaan Malaysia, Bangi, 1995.

4- Kim, W., Ludwi, H.F. and Bishop, W.D., "Cation-exchange Capacity and pH in the Coagulation process", Jour. Of AWWA, Vol. 57, No. 3, 1965.

5- Ketchum, L.H. and Weber, W.J., "Coagulation of Storm Waters and low alkalinity wastewaters", Jour. Of WPCF, Vol. 46, No. 1, 1974.

6- Jeffcoat, W.B., and Singley, J.E., "The effect of Alum concenteration", Jour. Of AWWA, Vol. 67, No. 4, 1975.

7- Yasin, A.M., "Effect of Using Lime in Conjunction with Alum and Ferric Chloride Coagulation on Turbidity and Hardness Removal", M. Sc. Thesis, Mosul University, 1991.

8- Randtke, S.J., Thiel, C.E., Liao, M.Y. and Yamaya, C.N., "Removing Soluble organic Contaminates by Lime-Softening", Jou. Of AWWA, Vol. 74, No.4, 1982.

9- Ham,U.K. and Christman,U.F., " Agglomerate Size Changes in Coagulation", Jour. Of Sanitary Engineering Division ASCE, Vol. 95, No. SA3, 1969.

10- Regunathan, P., Cleasby, J.L. and Cerwid, J.A., "Coagulation Cake Filtration", Jour. Of AWWA, Vol. 65 No. 3, 1973.

11- McCooke, N.J. and West, J.R., "The Coagulation of a Kaolinite Suspension with Aluminum Sulfate", Vol. 12, No. 10, 1978.

12- Al-Layla, M.A. and Middlebrooks, B.J. “Algae removal by chemical coagulation”, Water & Sewage Works, Vol. 121, No. 9, p. 76, 1974.

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

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

15- O'Melia, C.R., Gray, K. A. and Yao, C., "Polymeric Inorganic Coagulants", AWWA Research Foundation, Denver, 1989.

16- Verma, S. and Chaudhur, M.,"Colloid-Chemical Patameters for Coagulant Dose Control", Jour. Of AWWA, Vol. 70, No. 2, 1978.

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

الخاصية	آذار	نيسان	أيار	حزيران
العكورة (وحدة عكورة)	9	9.6	3.6	3.2
الرقم الهيدروجيني (pH)	8.07	8.06	8.08	7.95
العسرة الكلية ملغم\لتر بدلالة ($CaCO_3$)	224	214	200	200
أيون الكالسيوم (ملغم\لتر)	54.5	52	47.5	46.5
أيون المغنيسيوم (ملغم\لتر)	19.8	18.8	18.3	18.8

جدول رقم (2): مجموعة النماذج الرياضية المستخدمة وقيمة معامل الارتباط والخطاء القياسي الخاص بكل نموذج.

رقم النموذج	النماذج الرياضية	الخطأ القياسي	معامل الارتباط (R^2)
1	$T_2 = 24.01 - 0.594\ Al - 0.691\ St + 0.04\ T_1$	9.54	0.308
2	$\sqrt{T_2} = -6.652 - 0.737\ \sqrt{Al} - 0.713\ \sqrt{St} + 0.126\ \sqrt{T_1}$	0.91	0.506
3	$\log T_2 = 1.56 - 0.988 \log Al + 0.167 \log Lim - 0.76 \log St + 0.41 \log T_1$	0.21	0.7

جدول رقم (3): قيم (β) و (t) الخاصة بكل متغير من المتغيرات غير المعتمدة للنموذج اللوغارثمي عند استخدام النورة مع الشب.

المتغيرغير المعتمد**	قيمة (β)	قيمة (t)
Al	-0.65	-18.1*
St	-0.63	-21.1*
T_1	0.42	-11.3*
Lim	0.09	-3.0*

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

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

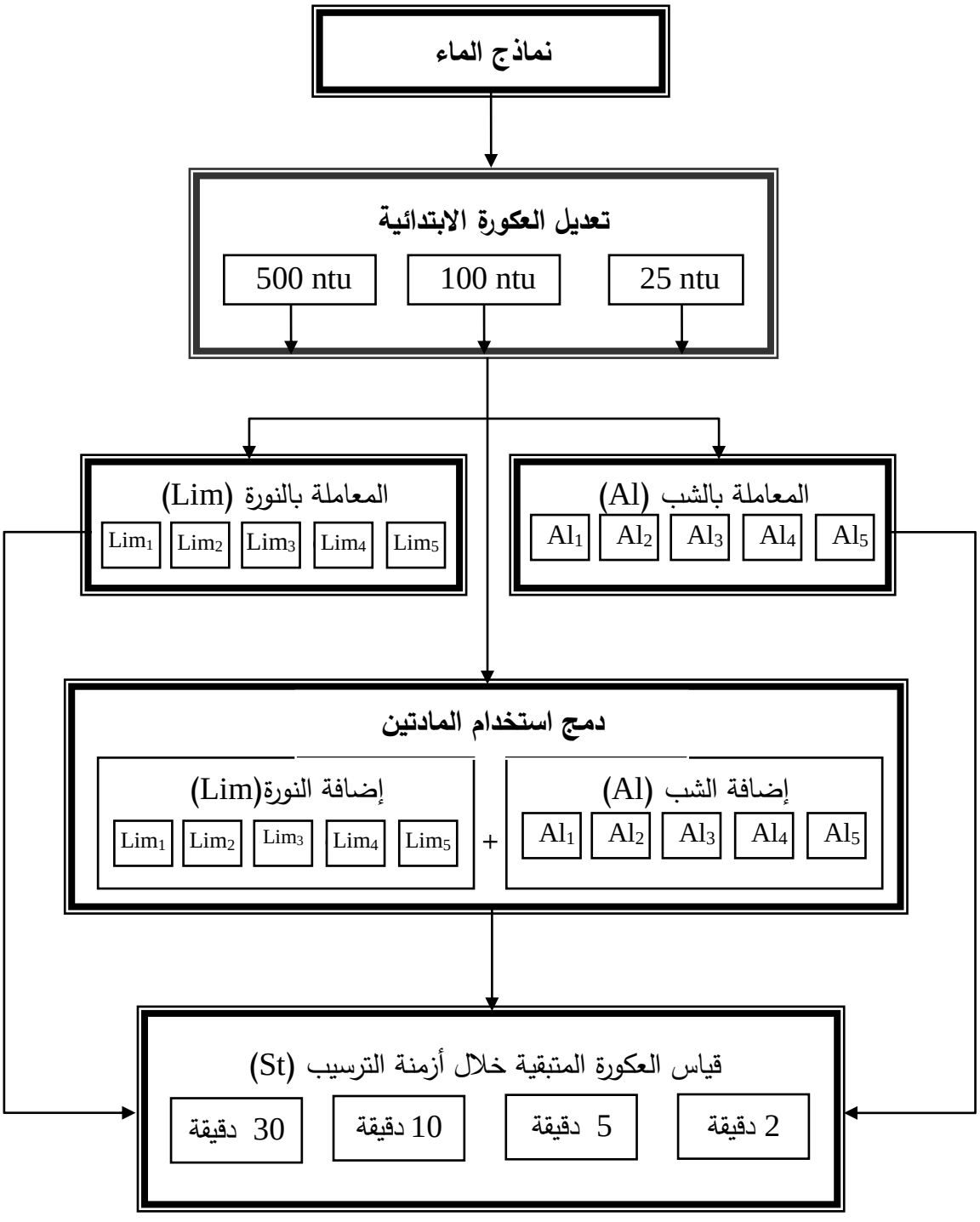
T_1 = العكورة الابتدائية (وحدة عكورة)

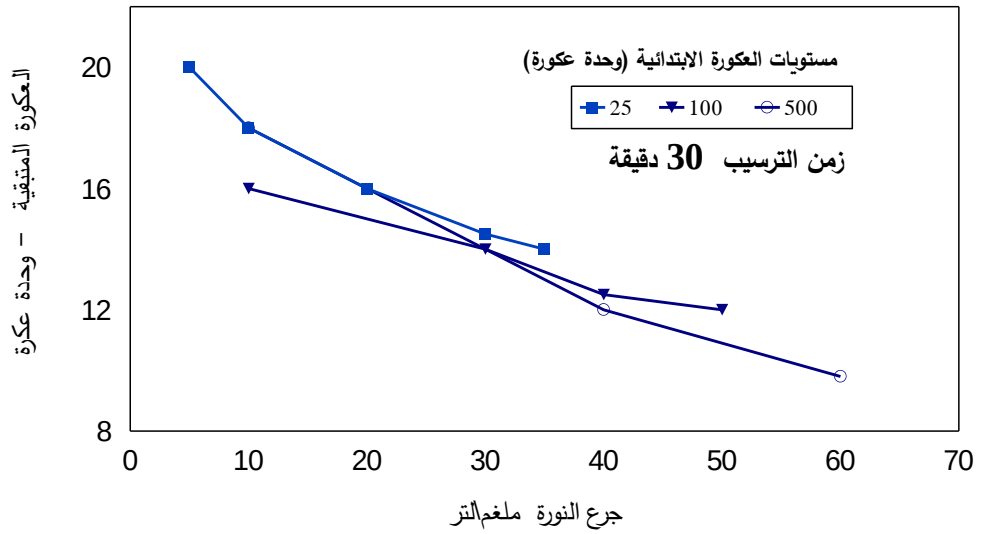
T_2 = العكورة المتبقية (وحدة عكورة)

St = زمن الترسيب (دقيقة)

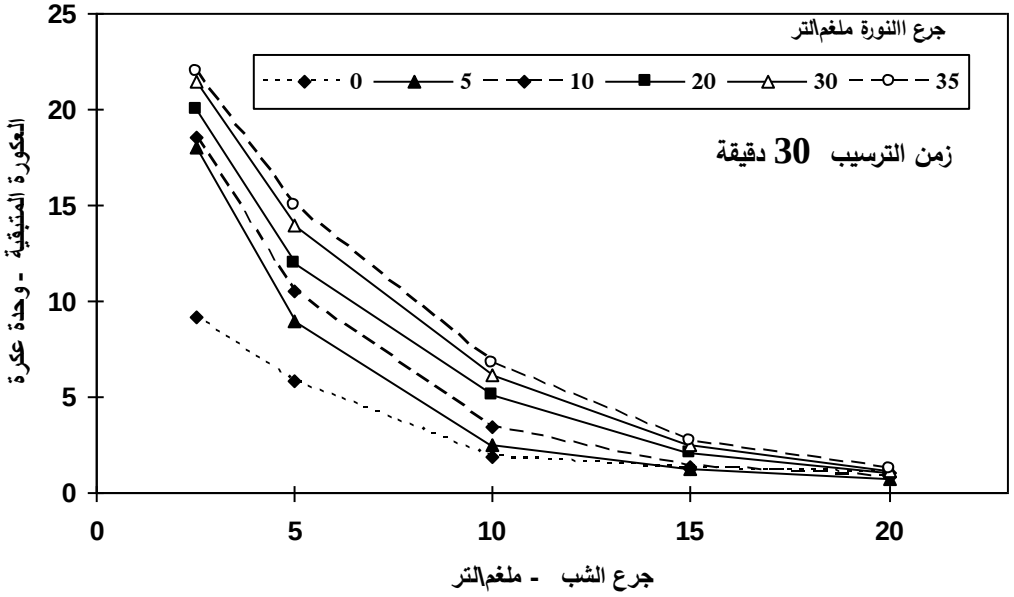
Al = جرعة الشب (ملغم\لتر)

Lim = جرعة النورة (ملغم\لتر)

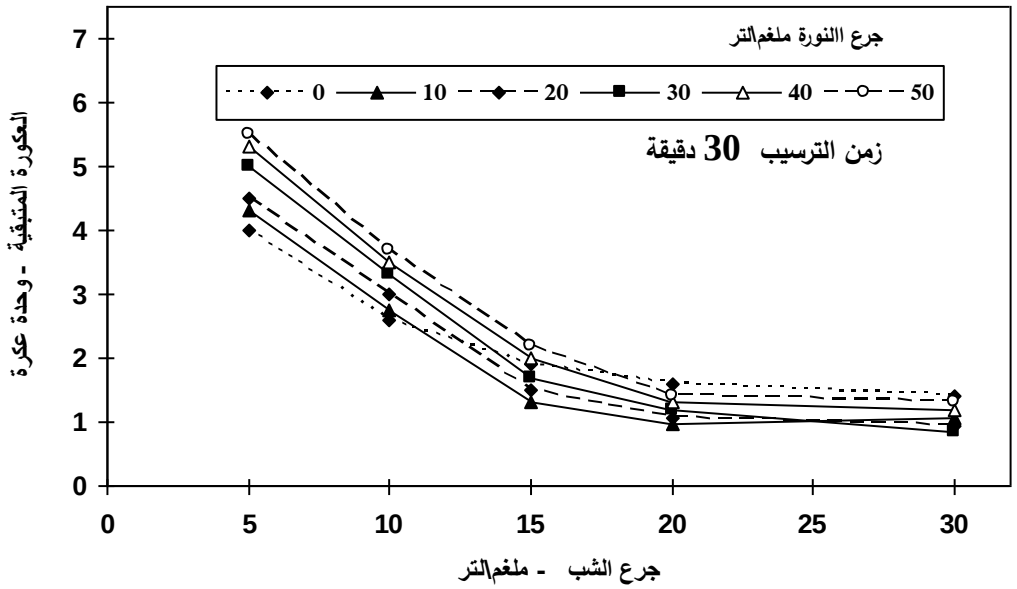




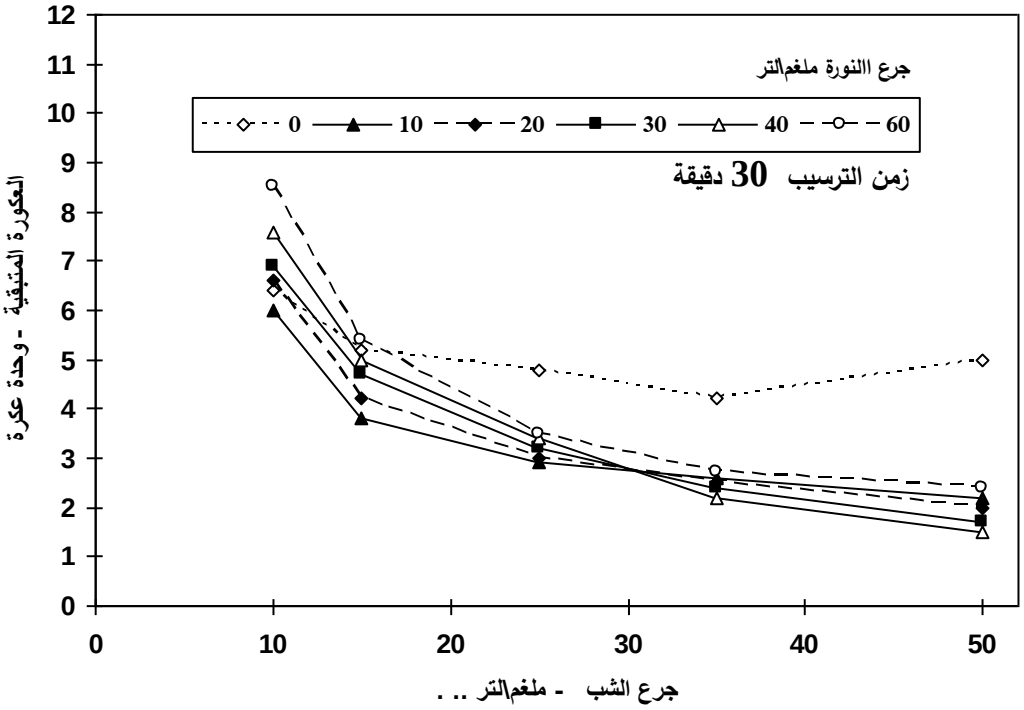
شكل رقم (2) تأثير النورة كمخثر لوحدها على العكورة المتبقية لمستويات مختلفة من العكورة الابتدائية.



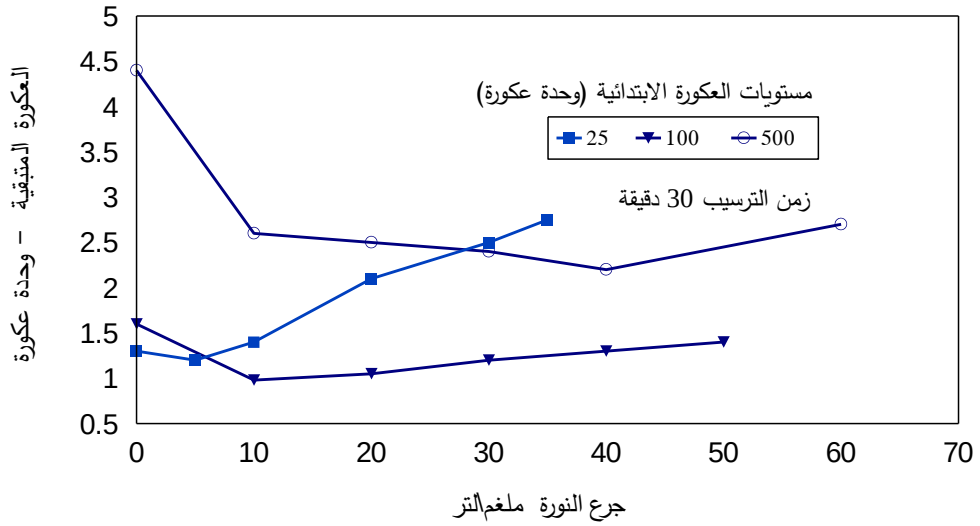
شكل رقم (3أ): تأثير تغاير جرع الشب على العكورة المتبقية عند استخدامه مع النورة لمستوى عكورة ابتدائية (25) وحدة عكورة.



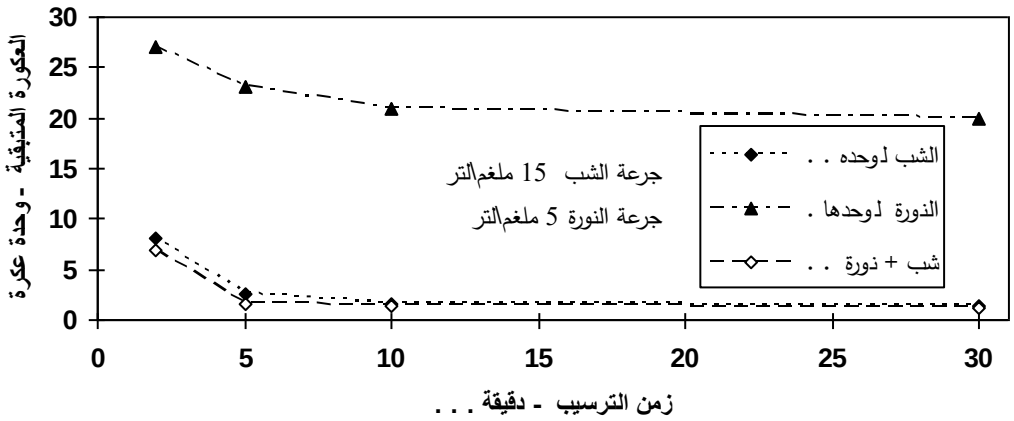
شكل رقم (3ب): تأثير تغاير جرع الشب على العكورة المتبقية عند استخدامه مع النورة لمستوى عكورة ابتدائية (100) وحدة عكورة.



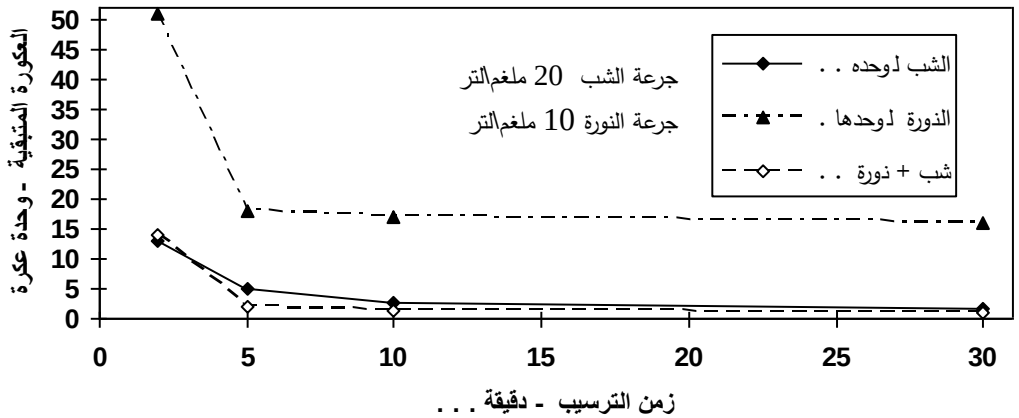
شكل رقم (3أ): تأثير تغاير جرع الشب على العكورة المتبقية عند استخدامه مع النورة لمستوى عكورة ابتدائية (500) وحدة عكورة.



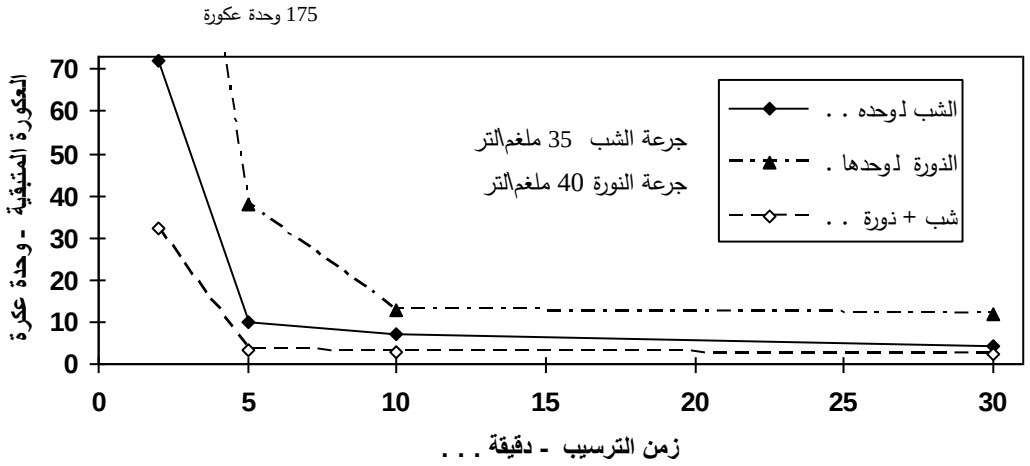
شكل رقم (4): تأثير تغاير جرع النورة كمساعد مخثر مع الجرع المثلى من الشب.



شكل رقم (5أ): تأثير زمن الترسيب على العكورة المتبقية عند استخدام النورة مع الشب لمستوى عكورة ابتدائية (25) وحدة عكورة.



شكل رقم (5ب): تأثير زمن الترسيب على العكورة المتبقية عند استخدام النورة مع الشب لمستوى عكورة ابتدائية (100) وحدة عكورة.



شكل رقم (5ج): تأثير زمن الترسيب على العكورة المتبقية عند استخدام النورة مع الشب لمستوى عكورة ابتدائية (500) وحدة عكورة.

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

Mohammed S. Hasan **Mus'ab A. Al-Tamir**

Civil Eng. Dept- Mosul University

ABSTRACT

This study revealed the efficiency of using lime as a coagulant and coagulant aid with alum in turbidity removal when it used with medium and high initial turbidity levels (100, 500) ntu with dosage of (10, 40) mg/l respectively with alum dosage of 20 mg/l, It not recommended to use lime with low turbidity limits of (25) ntu and lower. Also the used of lime with alum improved the settling time especially in high limits of turbidity. A mathematical relationship was developed variables including in the study to determine the residual turbidity by using stepwise regression analysis.

KEY WORDS

Alum, Aluminum sulfate, Lime, Coagulation and flocculation, coagulant aids, Turbidity Removal, Water Supply.