تأثير الأمواج فوق الصوتية على كل من الخصائص الترسيبية وقابلية الحماة لنزع الماء

احمد ياسين شهاب
كلية الهندسة /القسم المدني/جامعة الموصل

الخلاصة

تناول البحث اختبار قابلية الأمواج فوق الصوتية في تحسين الخصائص الترسيبية للحماة وتمزيق النمو الخيطي فضلا عن دراسة تأثيرها على قابلية الحماة لنزع الماء، وذلك عند تسليط الأمواج بقدرة ثابتة ($0.35W/cm^2$) وترددات متغيرة (55،44،31 KHz) وزمن تعريض متباين (40،30،20،10 min). أستخدم جهاز مختبري سعة (0.5 L) لتسليط لأمواج فوق الصوتية على الحماة وذلك بربطه مع مفاعل اختباري يعمل بأسلوب الحماة المنشطة ذات المزج التام. أثبتت الاختبارات أن معامل الدليل ألحجمي للحماة (SVI) يرتبط مع زمن التعريض بعلاقة على شكل منحني بنهاية صغرى، حيث تم الحصول على أفضل خصائص ترسيبية للحماة عند زمن تعريض محدد وعند ثبوت التردد. كذلك اثبت اختبار المقاومة النوعية للحماة للاحتفاظ بالماء (r) أن قابلية الحماة لنزع الماء (dewatering) تنخفض كلما ازداد زمن التعريض من خلال ارتباط العاملين بعلاقة خطية من الدرجة الأولى. كما أوضحت نتائج الاختبارات أن شدة تأثير الأمواج على الحماة المنشطة يتناسب عكسياً مع التردد المسلط.

Effect of Ultrasonic Waves on Sedimentation Characteristics and sludge Dewaterability

Ahmed Yassin Shehab
College of Engineering / Civil Dept. / University of Mosul

Abstract

This paper studied the effect of ultrasonic waves on sedimentation characteristic of activated sludge and there causes on filamentous growth, as well as its effects on the sludge ability dewaterability. The power of ultrasonic waves was set at ($0.35W/cm^2$) while the frequency and contacts time was varied to (31،44،55 KHz) (10،20،30،40 min) respectively. An instrument with (0.5 L) in volume was used to applied ultrasonic waves, it was connected by plastic tube with a completely mixed activated sludge reactor. Testes shows that the relationship between contacts time of ultrasonic and sludge volume index (SVI) was a sagged curve with an optimum point, that's means there was a specific contacts time to achieved an optimum sedimentation characteristics at specific frequency. As well as Testes shows that the relationship between contacts time and specific resistance (r) was a linear in first order, that's indicates the ability of dewaterability of sludge decreased with the increasing of ultrasonic contacts time. Also results shows that the effect of ultrasonic waves on activated sludge related conversely with its frequency.

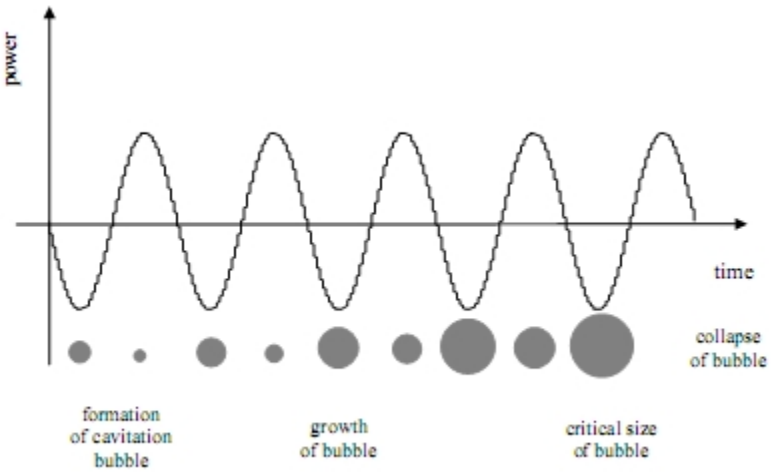
Keywords: Ultrasonic waves, Activated sludge, Sedimentation characteristics, Sludge dewaterablity.

أستلم: 25 - 10 – 2009 **قبل: 12 – 1- 2011**

المقدمة

تعد مشكلة النمو الخيطي إحدى المشاكل المهمة التي تعاني منها محطات المعالجة التي تعمل بنظام الحماة المنشطة وخصوصا تلك التي تعمل بأسلوب التهوية ذات المزج التام، وتعتبر هذه المشكلة من المشاكل المعقدة وذلك لتعدد وتداخل أسباب حدوثها، يظهر النمو الخيطي لأسباب عديدة أهمها العجز في مستوى الأوكسجين المذاب في أحواض التهوية أو زيادة نسبة الغذاء الى الأحياء المجهرية (F/M) أو عدم توفر مكملات التغذية (النيتروجين والفسفور) بالتراكيز المطلوبة بالإضافة إلى أسباب أخرى متنوعة [1]. ويتسبب النمو الخيطي بتردي الخصائص الترسيبية للحماة وزيادة تركيز المواد الصلبة العضوية في المياه المعالجة خاصة عندما تزاد قيم معامل الدليل ألحجمي للحماة (SVI) عن (140ml/g). واجتهد الباحثون في ايجاد الحلول لهذه المشكلة حيث تنوعت من إضافة بعض المواد الكيميائية أو بناء أحواض إضافية (selectors) أو غيرها من الحلول الأخرى اذ لا توجد معالجة محدد تستطيع أن تتعامل مع المشكلة باختلاف أسبابها وتكبح النمو الخيطي إي كان سببه [2].

ومع تطور التكنولوجيا واستخدام الأمواج فوق الصوتية في محطات المعالجة (قياس التصريف، هضم الحماة) حاول الباحثون استخدام هذه التقنية في معالجة النمو الخيطي. والأمواج فوق الصوتية عبارة عن أمواج صوتية ترددها اكبر من التردد الذي يسمعه الإنسان (اكبر من 20KHz)، وتشابه الموجة الصوتية من حيث الشكل الموجة الجيبية حيث تحتوي على مناطق ضغط منخفض ومناطق ضغط مرتفع وعند تسليطها على الحماة (أو اي وسط أخر) تعمل مناطق الضغط المنخفض على خلخلة الضغط مما يتسبب بتكون تكهفات يتولد منها أعداد هائلة (عشرات الآلاف) من الفقاعات الميكروية (micro bubbles) تكبر هذه الفقاعات الى الحد الذي تنفجر فيه بسبب مناطق الضغط المرتفع (لاحظ الشكل 1)، يتسبب انفجار الفقاعات الميكروية بتولد ضغط عالي قد يتجاوز (100MPa) (على نطاق منطقة ميكروية الحجم) وقوة قص عالية تعمل على تمزيق المستعمرات البكتيرية وتتسبب في تقطيع النمو الخيطي للأحياء المجهرية [3، 4].



الشكل (1): تولد الفقاعات الميكروية عند تسليط الامواج فوق الصوتية

إن الأمواج فوق الصوتية تؤثر على الخصائص الترسيبية للحماة من خلال تغيير شكل وحجم المستعمرات البكتيرية المكونة للحماة المنشطة إلا إن هنالك عامل أخر مهم يتأثر أيضا بتغير شكل وحجم هذه المستعمرات وهو قابلية الحماة لنزع الماء [1]، لذا تم في هذا البحث دراسة تأثير الأمواج فوق الصوتية على الخصائص الترسيبية للحماة بالإضافة إلى دراسة تأثيرها على خاصية قابلية الحماة لنزع الماء والذي قد يرافق عملية تسليط هذه الأمواج.

الدراسات السابقة

قام (Wunsch, B.) وآخرون [2] بدراسة استخدام الأمواج فوق الصوتية بتمزيق النمو الخيطي للأحياء المجهرية في للحماة المنشطة. استخدم الباحثون حوضي اختبار سعة كل منهما (10 L) , وتم تسليط الأمواج فوق الصوتية بواسطة حوض صغير منفصل تمر من خلاله الحماة المنشطة بزمن مكوث يتراوح (10-90 sec) ، استخدم الباحثون تردد

ثابت (20KHz) للأمواج فوق صوتية المسلطة في حين غُيرت القدرة من (1.6-15 Wh/l). أثبتت الصور المجهرية الملتقطة تحطم النمو الخيطي للأحياء المجهرية بالإضافة الى تحسن الخصائص الترسيبية للحماة وذلك بانخفاض قيمة معامل الدليل ألحجمي للحماة بنسبة 63% .

كما قام الباحثان (Barbara, T. &Beata, F.) [3] بدراسة تأثير الأمواج فوق الصوتية على شكل وقطر المستعمرات البكترية (floc shape) (floc diameter) في الحماة المنشطة. استخدم الباحثان جهاز ليزري للتحليل ألحجمي بالإضافة الى المجهر الالكتروني حيث عرضت الحماة لموجات فوق صوتية بتردد ثابت (22.5KHz) وقدرة متغيرة (W/cm^2 2.4-6.4) مع تغيير زمن التعريض بين(0-300 sec).

كذلك قام (Jnsson, C) [4] بدراسة تأثير الأمواج فوق الصوتية على البناء الخيطي في الحماة المنشطة وذلك باستخدام حوضين للاختبار سعة الحوض (9 L) الأول للمقارنة والثاني لإجراء الاختبارات. تم تسليط الأمواج فوق الصوتية باستخدام حوض صغير منفصل سعة (3L) يرتبط بحوض الاختبار بطريقة تضمن تدوير الحماة عبر هذا الحوض ثم إعادتها الى حوض الاختبار مرة أخرى وذلك لضمان تعريض جميع محتويات الحوض للموجات فوق الصوتية. ُثبتت قدرة الأمواج المسلطة عند (6.6 W/ml) وتم تسليط ترددين مختلفين الأول (20KHz) والثاني (41.9KHz). اثبت اختبار معامل الدليل ألحجمي للحماة أن تسليط الأمواج فوق الصوتية عند التردد(20KHz) يحقق كفاءة اكبر منه عند استخدام التردد (41.9KHz)

وقام (Monruedee Moonkhum) [5] بدراسة تأثير الأمواج فوق الصوتية على كفاءة عمل الهاضوم الهوائي (aerobic digestion)، وذلك بإعداد حوضين للاختبار الأول لمقارنة النتائج والثاني لإجراء الاختبارات اللازمة. تم تسليط الأمواج فوق الصوتية بتردد ثابت (20 KHz) وزمن تعريض محدد (150 sec) وقدرة تساوي (1.9 W/ml)، أثبت اختبار تركيز الكاربون المذاب (Dissolved organic carbon DOC) زيارة كفاءة حوض الهضم المعرض للأمواج فوق الصوتية عن حوض المقارنة بنسبة (28%). كذلك اثبت اختبار زمن أنبوبة المص الشعري ((Capillary Suction time (CST) أن قابلية نزع الماء للحماة تنخفض كل ما ازداد تعرض حوض الاختبار للأمواج فوق الصوتية

كما قام (Liu Hong) وآخرون [6] بدراسة إمكانية زيادة فعالية الأحياء المجهرية في الحماة المنشطة باستخدام الأمواج فوق الصوتية، وذلك بتسليط هذه الأمواج بتردد ثابت (35KHz) وقدرة متغيرة (W/cm^2 0-1.2) ووقت تعريض متباين (0-40 min). ومن خلال اختبار التنفس الداخلي للأحياء المجهرية (OUR) اثبت الباحثون بأنه يمكن زيادة فعالية الأحياء المجهرية في الحماة المنشطة بنسبة (15%) عند تسليط الأمواج بقدرة (W/cm^2 0.3) وزمن تعريض (10 min).

أهداف البحث

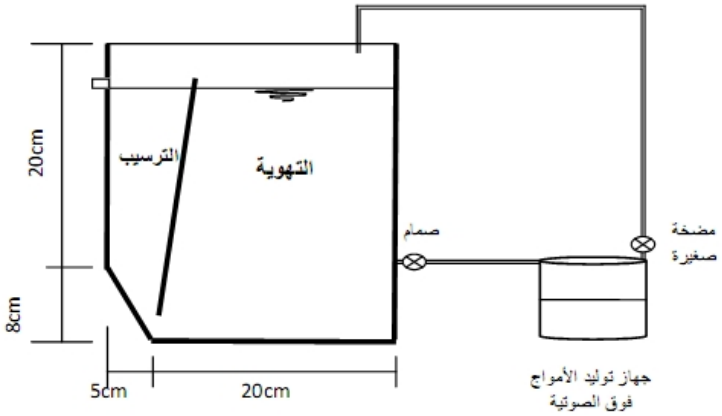
1. دراسة تأثير الأمواج فوق الصوتية على الخصائص الترسيبية للحماة المنشطة والبناء الخيطي للأحياء المجهرية وذلك عند ثبوت القدرة المسلطة للموجات فوق الصوتية وتغيير كل من التردد وزمن التعريض. حيث تم ذلك باختيار ظروف اختبار لم يتم تجريبها تربيها من قبل (قدرة منخفضة نسبياً ($0.35W/cm^2$) وترددات (31 ،44 ،55 KHz) وزمن تعريض كبير نسبياً (10 ،20 ،30 ،40 min).
2. دراسة تأثير الأمواج فوق الصوتية على قابلية نزع الماء للحماة المنشطة عند ثبوت القدرة للموجات فوق الصوتية وتغيير كل من التردد وزمن التعريض حيث تم ذلك بظروف اختبار كما موضح في النقطة السابقة (1).

مواد وطرائق العمل

1. **وصف المنظومة المختبرية:** استخدم العديد من الباحثين الأحواض الاختبارية في دراسة تأثير الأمواج فوق الصوتية على خصائص الحماة المنشطة [2، 4، 5]، ولغرض إجراء البحث تم استخدام حوضين للاختبار سعة الحوض (10 L) ، يتألف الحوض من جزئيين: الأول للتهوية بحجم 7.5 لتر، والثاني للترسيب بحجم 2.5 لتر وكما في الشكل رقم(2) [7]. استُخدمت ضاغطة هواء (compressor) لتوفير الأوكسجين وتحقيق المزج الكامل في نفس الوقت في حوض التهوية. وتعد مشكلة النمو الخيطي من المشاكل التقليدية التي تعاني منها أحواض المعالجة التي تعمل بأسلوب الجريان المستمر ذات المزج التام [1] ، لذا ُاعتمد هذا الأسلوب في البحث حيث تم تغذية الأحواض بأسلوب الجريان المستمر وبالاعتماد على الجاذبية الأرضية وذلك باستخدام منظومة تتكون من حوضين الأول يستخدم لتجهيز مياه الفضلات والثاني يحافظ على توفير ضغط ثابت في أنابيب التجهيز (بالاعتماد

على منسوب هيدروستاتيكي ثابت في حوض الفضلات الرئيس) لضمان انتظام التصاريف الداخلة إلى أحواض المعالجة.

وغالبا ما يتم تسليط الأمواج فوق الصوتية بواسطة ربط حوض صغير لتسليط الأمواج مع حوض الاختبار حيث يتم بواسطته تسليط هذه الأمواج على الحماة المارة من خلال هذا الحوض [2، 4]، حيث اعتماد هذا الأسلوب مع احد حوضي الاختبار في حين أستخدم الحوض الآخر لمقارنة النتائج. يتألف جهاز تسليط الأمواج فوق الصوتية من ثلاث أجزاء، الجزء الأول يتكون من منظومة الكترونية لتوليد الأمواج فوق الصوتية بالتردد والقدرة المطلوبين في حين يتكون الجزء الثاني من البوق الذي يبث هذه الأمواج الى الجزء الثالث والمتمثل بحوض صغير تم إيصاله بأسفل حوض المعالجة عن طريق أنبوب بلاستيكي لإمرار الحماة المنشطة عبر هذا الأنبوب الى حوض تسليط الأمواج فوق الصوتية ، وتم أيضا ربط أنبوب بلاستيكي أخر بحوض تسليط الأمواج يعمل على إعادة الحماة المعرضة للأمواج فوق الصوتية الى أعلى حوض المعالجة عن طريق مضخة صغيرة وبهذا يتحقق تعرض جميع الحماة في حوض المعالجة للأمواج وحسب وقت التعريض المحدد (الشكل2).



الشكل (2): المنظومة الاختبارية

2. **تشغيل المنظومة المختبرية:** تم تشغيل المنظومة وتغذيتها بمياه مطروحات مدنية ممزوجة بنسبة من الفضلات الاصطناعية (بمادة الحليب وبعض المضافات التي تكمل المغذيات اللازمة لنمو الأحياء المجهرية). وقد تم ابتداء اخذ نماذج من بذور الحمأة العاملة في محطة إحدى المستشفيات الجدول رقم(1) يبين أهم الخصائص لمياه المعالجة. وهنالك عدت عوامل تشغيلية يمكن من خلالها تعزيز النمو الخيطي للأحياء المجهرية في الحماة المنشطة أهمها انخفاض مستوى الأوكسجين المذاب، أو زيادة نسبة الغداء الى الأحياء المجهرية، أو عندما تكون مياه التغذية سهلة التحلل ولا تحتوي على مركبات معقدة ، بالإضافة إلى ذلك تحدث هذه المشكلة عند عدم توفر مكملات التغذية (النيتروجين والفسفور) بالنسب المطلوبة للنمو الأحياء المجهرية [1]. وقد تم اختيار عامل زيادة نسبة الغذاء إلى الأحياء من اجل تعزيز النمو الخيطي في أحواض الاختبار حيث كانت هذه النسبة بحدود ($0.5\ day^{-1}$).

الجدول رقم (1): الخصائص العامة لمياه التغذية

الخاصية	التركيز
المتطلب الكيميائي للأوكسجين (COD)mg/l	450-305
المتطلب الحيوي للأوكسجين (BOD) mg/l	275-210
الرقم الهيدروجيني (pH)	7.9-7.3
النترات (NO_3) mg/l	5.5-2.2
الفوسفات (PO_4) mg/l	3.7-1.8
المواد الصلبة العالقة (TSS)mg/l	300-220
المواد الصبة الذائبة (TDS)mg/l	410-360
درجة الحرارة ċ	22-18

وبعد اقتراب المنظومة من حالة الاستقرار التشغيلي (steady state) تم تسليط الأمواج فوق الصوتية على الحماة المنشطة لأحد حوضي الاختبار (أستخدم الحوض الأخر لمقارنة النتائج) وذلك بفتح الصمام الفاصل بين حوض الاختبار وحوض تسليط الأمواج فوق الصوتية والسماح للحماة للتعرض للأمواج بوقت حُدد بـ (10،20،30،40) دقيقة. وبعد ضمان تعريض جميع محتويات حوض التهوية الى الأمواج فوق الصوتية حسب وقت التعريض المحدد (t) الذي أحتسب من العلاقة التالية، تم اخذ عينات من الحماة وإجراء الاختبارات اللازمة (وحسب الفقرة 3 أدناه)

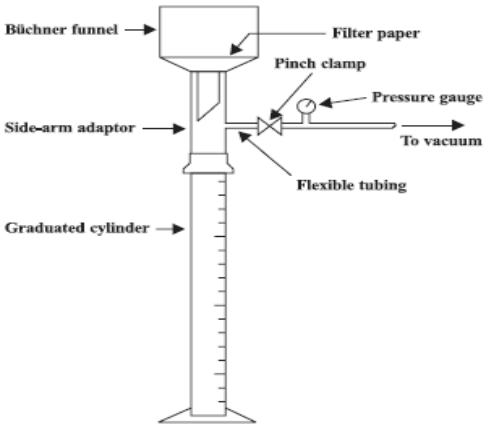
$$t = \frac{vol.\ of\ reactor\ (7.5)l}{vol\ of\ ultrasonic\ reactor\ (0.5)l} \times dt(10,20,30,40)$$

وبعد إجراء الاختبارات المطلوبة يتم غلق الصمام الفاصل بين حوض الاختبار وحوض التعريض وإعادة تشغيل الحوض بنفس الظروف التشغيلية لحوض المقارنة حتى تقترب خصائصه من خصائص حوض المقارنة عند ذلك فقط يتم إجراء محاولة جديدة للاختبار وبوقت تعريض جديد وهكذا إلى أن يتم إنهاء جميع المحاولات المطلوبة. ومن الجدير بالذكر أن تركيز الحماة تراوح بين (2000-2500 mg/l) خلال فترة لاختبارات.

وفيما يتعلق بخصائص الأمواج فوق الصوتية فقد أجرى العديد من الباحثين اختباراتهم عند ثبوت التردد وتغيير كل من القدرة المسلطة وزمن التعريض[2، 3، 6]، إلا أن الجديد في هذا البحث هو تثبيت القدرة وتغيير كل من التردد وزمن التعريض واختيار ظروف تشغيلية تختلف نسبيا عن ما ورد في البحوث السابقة وكما يلي:

- قدرة منخفضة نسبيا ($0.35W/cm^2$)
- ترددات (55،44،31 KHz)
- وزمن تعريض كبير نسبيا (40،30،20،10 min).

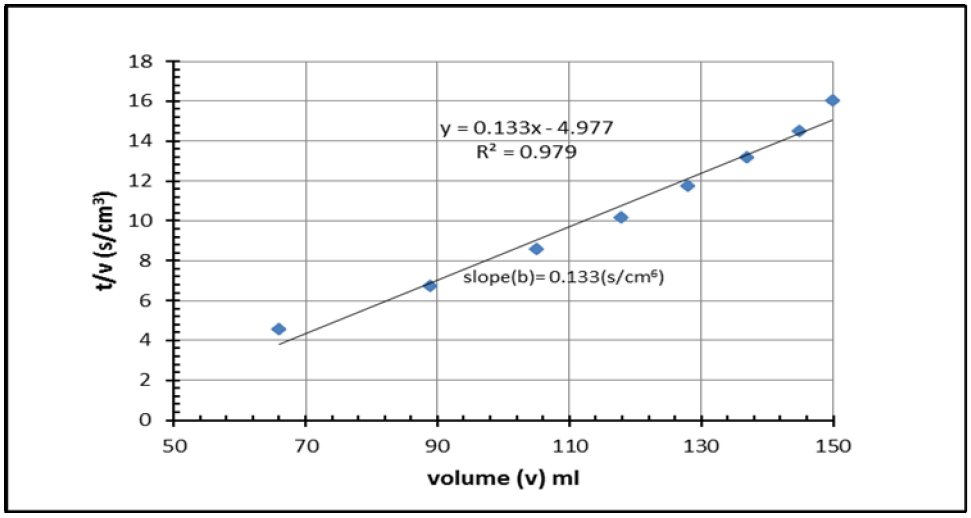
3. **الاختبارات:** بعد انتهاء كل محاولة تم إجراء الاختبارات الآتية:
   a. معامل الدليل الحجمي للحماة (SVI): أُجري الاختبار حسب المصدر [8]
   b. اختبار الصور المجهرية: تم التقاط صور مجهرية بقوة تكبير(X 400) حيث تم تحضير أغشية من المسحات صُبِغَت بصبغة كرام (Gram stain) وفحصت مجهرياً للتعرف على أشكال الخلايا البكتيرية ثم صورت فوتوغرافيا [9].
   c. المقاومة النوعية للحماة للاحتفاظ بالماء(Specific resistance(r)): يعبر هذا الفحص عن مقاومة الحماة لانتزاع الماء حيث انه كلما انخفضت قيمة (r) أصبحت عملية نزع الماء من الحماة (dewatering) أيسر. وتستخدم معدات بسيطة لانجاز هذا الاختبار حيث يُستخدم قمع (Buchner) يوصل باسطوانة مدرجة ذات حجم مناسب ويُسط ضغط مص عليها بحدود ($50KN/m^2$) بواسطة ضاغطة مص (suction vacuum) وذلك لنزع الماء من الحماة (الشكل 3). ولإجراء هذا الاختبار يتم تهيئة حجم مناسب من الحماة يقدر بـ(200ml) يؤخذ من حوض الترسيب ويوضع في قمع (Buchner) بعد وضع ورقة ترشيح أسفل القمع، وخلال مدة قصيرة من الزمن تقدر بـ(0.5-1 min) يتم تشغيل ضاغطة المص لنزع الماء من الحماة بواسطة الضغط السالب ويرافق تشغيل الضاغطة تشغيل ساعة توقيت لاحتساب حجم الماء المسحوب خلال فترات زمنية محددة. ومن خلال العلاقة الآتية تُحتسب المقاومة النوعية للحماة للاحتفاظ بالماء [10]:



الشكل(3): جهاز قياس المقاومة النوعية للحماة للاحتفاظ بالماء

$$r = \frac{2 \times P \times A^2 \times b}{\mu \times c}$$

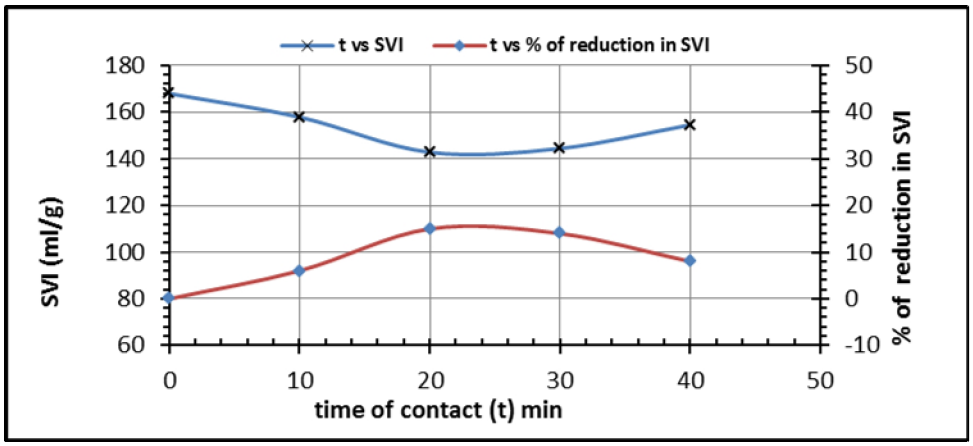
r : المقاومة النوعية للحماة للاحتفاظ بالماء (specific resistance)(10^{12} m/kg)
P : ضغط المص (suction pressure)($50x10^3$ N/m^2)
A : مساحة ورقة الترشيح حيث كانت($3.85*10^{-3}$ m^2)
μ : اللزوجة الحركية والتي تعتمد على درجة الحرارة (dynamic viscosity)(N.s/m^2)
c : تركيز الحماة حيث تراوح (5-5.2 kg/m^3)
b : ميل العلاقة التي تربط حجم المياه المنزوعة مع حاصل قسمة الزمن على الحجم المسحوب ($s/(m^3)^2$)
وكما موضح في الشكل(4)



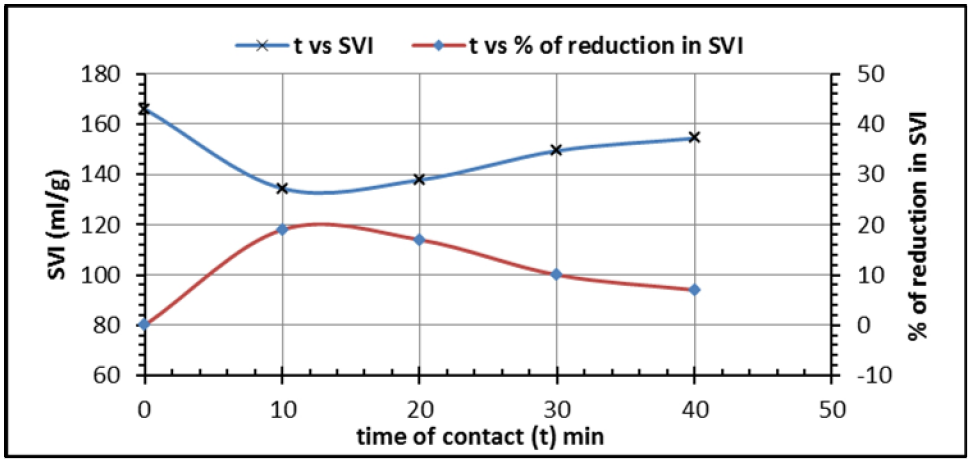
الشكل(4): نموذج لاحتساب قيمة b (القيمة عند عدم تسليط الأمواج فوق الصوتية)

المناقشة

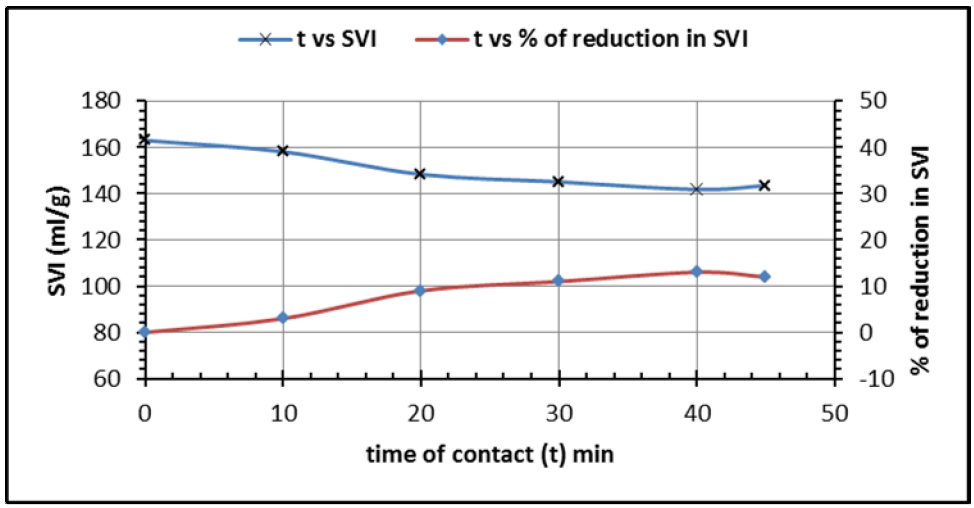
1. **تأثير الأمواج فوق الصوتية على الخصائص الترسيبية للحماة:** الأشكال (5، 6، 7) توضح علاقة معدل زمن تعريض الحماة المنشطة للأمواج فوق الصوتية مع كل من معامل الدليل ألحجمي للحماة (SVI) على احد جانبي المخطط والنسبة المئوية لتغير قيم (SVI) على الجانب الأخر، وذلك عند ثبوت القدرة المسلطة ($0.35W/cm^2$) وتغيير التردد (55،44،31 KHz) يتضح من هذه العلاقات عدة أمور أبرزها: أن لزمن تعريض الحماة المنشطة للأمواج فوق الصوتية تأثير ايجابي على خصائصها الترسيبية لأوقات تعريض محددة، حيث تم تحقيق اكبر نسبة خفض لقيم الـ(SVI) عند زمن تعريض يقدر بـ (40،23،13min) عند التردد(55،44،31 KHz) على التوالي. بعبارة أخرى العلاقة التي تربط زمن التعرض مع الـ(SVI) هي ليست علاقة خطية بل هي علاقة على شكل منحني بنهاية صغرى (sag curve) والسبب في ذلك يعود إلى انه مع بدية تعرض الحماة للأمواج فوق الصوتية تقوم هذه الأمواج بتمزيق النمو الخيطي للمستعمرات البكتيرية ولكن مع استمرار التسليط تعمل هذه الأمواج على تمزيق التكتلات (floc) البكتيرية والتي تعد ضرورية كي تترسب الحماة بشكل جيد، الأمر الذي يؤدي إلى خفض قيم الـ(SVI) وتردي الخصائص الترسيبية للحماة بسبب تحطم التكتلات البكتيرية كما أشار إلى ذلك المصدر[3]، ويؤكد على ذلك نموذج من الصور المجهرية الموضحة في الشكل (8) . ويتبين أيضا من هذه العلاقات أن لقيمة التردد للموجات فوق الصوتية المسلطة تأثير واضح على الخصائص الترسيبية للحماة حيث انخفضت قيم الـ(SVI) بنسبة مئوية تقدر بـ (13،16،20) عند الترددات (55،44،31 KHz) على التوالي، ويلاحظ بان اكبر نسبة مئوية لانخفاض الـ (SVI) كانت عند التردد (31KHz) في حين أن اقلها كانت عند التردد(55KHz)، أي انه كلما قل تردد الأمواج فوق الصوتية المسلطة ازدادت شدة التأثير على الخصائص الترسيبية للحماة المنشطة، والسبب في ذلك يعود إلى وجود علاقة عكسية بين تردد الموجة وحجم الفقاعات الميكروية التي تتول نتيجة لتسليط هذه الموجة على الحماة المنشطة، حيث ان حجم الفقاعات المتولدة يتناسب طرديا مع قوة القص الناتجة من انفجارها وان القوة المتولدة من الانفجار هي التي تعمل على تمزيق النمو الخيطي للأحياء المجهرية كما أشار إلى ذلك المصدر [5]د



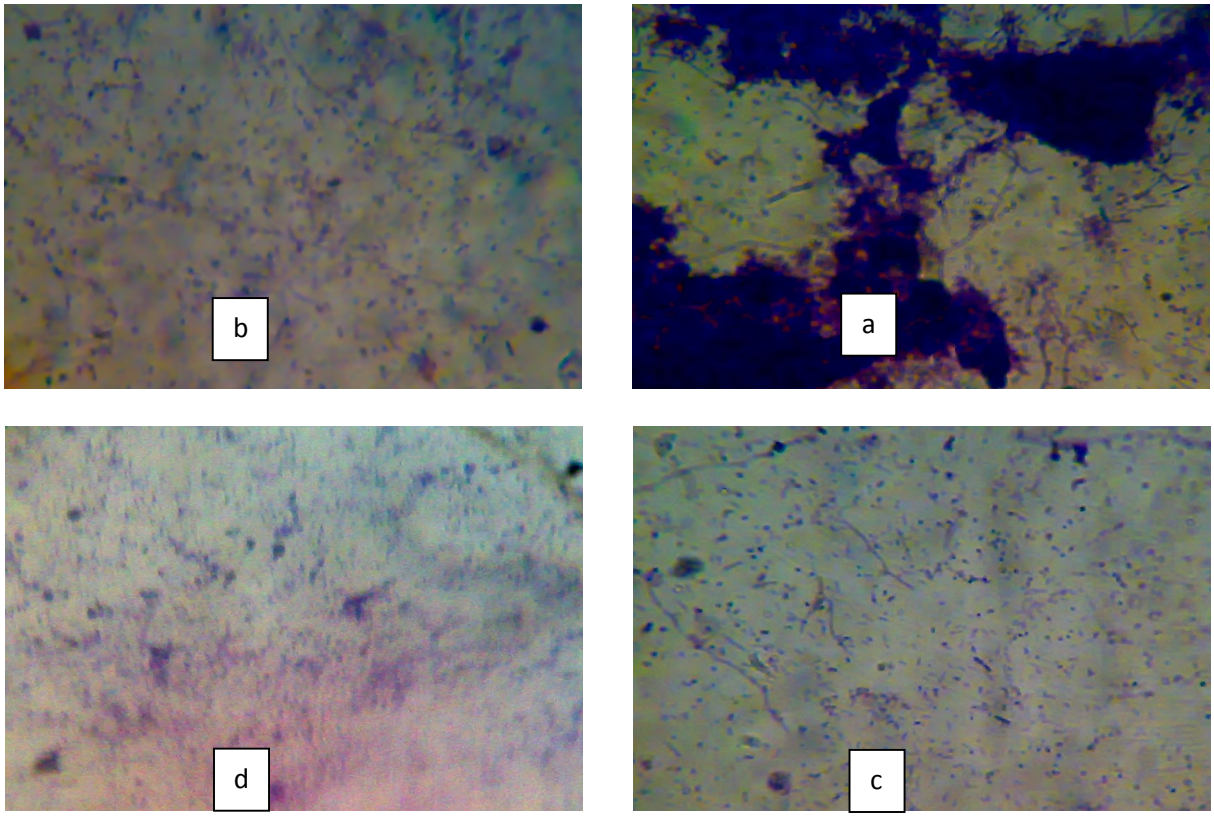
الشكل (5): علاقة زمن التعريض مع (SVI) والنسبة المئوية للانخفاض (SVI) عند التردد(31KHz)



الشكل (6): علاقة زمن التعريض مع (SVI) والنسبة المئوية للانخفاض لـ(SVI) عند التردد(44KHz)



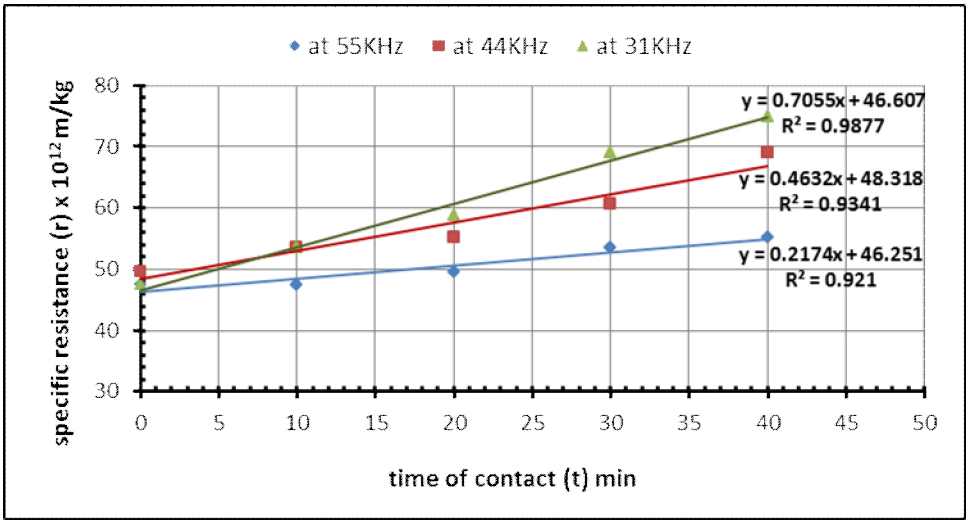
الشكل (7): علاقة زمن التعريض مع (SVI) والنسبة المئوية للانخفاض لـ(SVI) عند التردد(55KHz)



الشكل (8): عينة من صور مجهرية (مجهر اعتيادي) توضح تأثير زمن التعريض على شكل المستعمرات البكتيرية (الترددKHz31 قوة التكبير 400x) (a) معدل زمن التعريض 10 min (b) معدل زمن التعريض 20 min (c) معدل زمن التعريض 30 min (d) معدل زمن التعريض 40 min

2. **تأثير الأمواج فوق الصوتية على المقاومة النوعية للحماة للاحتفاظ بالماء(r):** الشكل (9) يبين تأثير زمن تعريض الأمواج فوق الصوتية على المقاومة النوعية للحماة للاحتفاظ بالماء، حيث يتبين من الشكل انه كلما ازدادت فترة تعريض الحماة للأمواج ازدادت قيمة المقاومة النوعية للاحتفاظ بالماء وهذا يعني انخفاض قابلية الحماة لنزع الماء مما يصعب عملية تقليل المحتوى الرطوبي للحماة عند معالجتها، ويعود السبب في ذلك إلى انه كلما ازدادت فترة التعريض ازداد التمزيق في التكتلات البكتيرية (Bacterial flocs) حيث ينتج عن عملية التمزيق هذه ما يسمى البلمر البيولوجي بـ(biopolymers) (قطع بكتيرية صغيرة مع كمية كبيرة نسبيا من الماء) وان هذه المادة ذات طبيعة محبة للماء لذا فانه كلما ازدادت هذه المادة انخفضت قابلية الحماة لنزع الماء، إضافة الى ذلك تعمل زيادة مدة التعريض للأمواج فوق الصوتية على تقطيع التكتلات البكترية الى قطع صغيرة نسبيا مما يزيد المساحة السطحية التي تزيد من كمية المياه الممتزة من قبل هذه القطع كما بين ذلك المصدر[5]. كما يتضح من الشكل (9) أن ميل (slope) العلاقة التي تربط زمن التعريض بالمقاومة النوعية للحماة للاحتفاظ بالماء يزداد بانخفاض تردد الأمواج المسلطة، وذلك لأنه كلما قل تردد الأمواج المسلطة ازداد شدة تأثيرها كما ورد تفسير ذلك في الفقرة (1)

\\



الشكل (9): تأثير زمن التعريض على المقاومة النوعية للحماة للاحتفاظ بالماء عند الترددات المدروسة

الاستنتاجات

1. يؤثر تسليط الأمواج فوق الصوتية على الخصائص الترسيبية للحماة بشكل ايجابي حيث انخفضت قيم (SVI) بنسبة مئوية تقدر بـ (13،16،20)% عند التردد (55،44،31 KHz) على التوالي، إلا انه في الوقت نفسه تؤثر هذه الأمواج سلبا على قابلية الحماة لنزع الماء حيث ارتفعت قيم (r) بنسبة مئوية تقدر بـ (57.8،39.6،16.5)% عند التردد (55،44،31 KHz) على التوالي. لذا تتطلب المعالجة بالأمواج فوق الصوتية لتحسين الخصائص الترسيبية للحماة إجراء موازنة بين المحاسن التي يمكن الحصول عليها من انخفاض قيم الـ (SVI) والمساوئ التي ترافق هذه العملية والمتمثلة بارتفاع قيم (r)
2. يتناسب تردد الأمواج فوق الصوتية المسلطة تناسباً عكسيا مع شدة تأثيرها على الحماة المنشطة، حيث ظهر ذلك بوضوح من خلال انخفاض قيم الـ (SVI) وارتفاع قيم (r) مع زيادة التردد.
3. يتناسب زمن تعريض الأمواج فوق الصوتية تناسب طردياً مع المقاومة النوعية للحماة للاحتفاظ بالماء (r)، في حين يرتبط زمن التعريض مع الـ (SVI) بعلاقة على شكل منحني بنهاية صغرى.

التوصيات

1. دراسة تأثير الأمواج فوق الصوتية على خصائص أخرى للحماة مثل التنفس الداخلي للأحياء المجهرية (OUR) وكفاءة عملية الأكسدة الهوائية.
2. دراسة تأثير تسليط الأمواج فوق الصوتية على كفاءة عمل الأحياء المجهرية في ظروف المعالجة اللاهوائية.
3. دراسة تأثير تسليط الأمواج فوق الصوتية على خصائص المياه الخام قبل المعالجة.

المصادر

1. Eckenfelder, W.W. (2000) "Industrial water pollution control", *McGraw-Hill,* New York, third edition.
2. Wunsch, B.; Heine, W. & Neis, U. (2002)"Combating bulking sludge with ultrasound", TU Hamburg Reports on Sanitary Engineering, *Ultrasound in Environmental Engineering*, Vol. 1 No. 35. pp. 201-212

3. Beata, F. ; Barbara, T. "Mechanism of Behavior of Biological Sludge in an Ultrasonic Field", Czasopismo Techniczne z. 5M/2008 Politechniki Krakowskiej, Krakow 2008,112-120
4. Jnsson, C. "Mechanical Treatment and Microscopic Investigation of Bulking Activated Sludge", Lulea University of Technology, ISSN 1402-1617, 2000
5. Monruedee Moonkhum "Aerobic Digestion of Waste Activated Sludge with Ultrasonic Pretreatment", M.Sc. Thesis Asian Institute of Technology School of Environment, Resources and Development, Thailand, May 2007
6. Liu Hong; Yan Yixin ; Wang Wenyan and Yu Yongyong "Low intensity ultrasound stimulates biological activity of aerobic activated sludge ", Journal of Frontiers of Environmental Science & Engineering in China, Vol. 1, No.1/February,2007, pp. 67-72
7. Romalho, R.S. (1977) "Introduction to wastewater treatment process", *Academic press*,Inc.,Canada,165-166
8. APHA; AWWA; WPCF (1998) "Standard methods for the examination of water and wastewater", 20th ed., *Am. Public Healthy Assoc.* Washington, D.C., USA
9. Koneman, E.W.; Allen, S.D.; Janda, .WM.; Screchenberger, D.C. & Winn, W.C. (1997) "Color atlas and textbook of diagnostic microbiology", 5thed., *Lippincott-Raven Publishers*, Philadelphia, USA**.**
10. Ali Berktay (1998)"Properties of Sludge Produce From the Pressurized Wastewater Treatment Process", Tr. Journal of Engineering and Environmental Science,22(1998), 377-385, Turkey

تم اجراء البحث في كلية الهندسة = جامعة الموصل