مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (24) العدد (12)2002
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (24) No (12) 2002

استخدام المرشحات فوق السريعة ذات الحشوة المحلية لتنقية المياه السطحية

الدكتور أحمد قصير*

(قبل للنشر في 2002/4/22)

□ الملخّص □

موضوع البحث هو دراسة أحد أشكال الترشيح فوق السريع بالتدفق الصاعد ، ضمن حشوة رملية محلية ، بديلة لرمل الكوارتز ، المستخدم عالميا في المرشحات فوق السريعة ، بغية تنقية المياه السطحية ، التي تتميز بمواصفات محددة ، وذلك بغرض استخدامها في الشرب والصناعة . ولتحقيق ذلك ، قمنا بتصنيع نموذج مخبري لمحطة ترشيح فوق السريع ،وأجرينا التجارب المخبرية اللازمة ، في كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين ، خلال الاعوام (1997 – 1999) ، وفق خطة مدروسة مسبقا على نوعين من الرمل المحلي : القريتين (حمص) ورمل البسيط (اللاذقية) .

وبالدراسة الرياضية لنتائج التجارب ، تم تحديد المتحولات التقنية لعمل المرشحات فوق السريعة ذات التدفق الصاعد لتيار المياه ضمن الحشوة المضغوطة ، وكذلك تم تحديد المواصفات الفيزيائية والكيميائية للحشوة المرشحة المحلية المدروسة .

وتبين أنه يمكن تنقية المياه السطحية الخامية ، الحاوية على مواد عالقة حتى 120 غ / $م^3$ بالترشيح فوق السريع في المرشحات المقترحة ، التي تعمل بسرعات عالية ، متناقصة مع الزمن ، وبفاقد ضاغط ثابت ضمن المرشح ، المملوء بالحشوة الرملية المحلية والمضغوطة .

وتمتاز هذه المرشحات بالمردود العالي وبسهولة استثمارها بالمقارنة مع التنقية بالطريقة العامة التقليدية .

* أستاذ مساعد في قسم الهندسة البيئية –كلية الهندسة المدنية –جامعة تشرين –اللاذقية –سورية .

مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (24) العدد (12)2002
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (24) No (12) 2002

Using Ultra – Speed Filters with Local Fillings for Surface Water Purification

Dr. Ahmad Qassir*

(Accepted 22/4/2002)

□ ABSTRACT □

The research aims to study one type of ultra – speed filtration by up flow effluent through local sand filling to treat surface water , which has known characteristics , for drinking and industrial purposes . To achieve that we had designed an experimental type (experimental ultra- speed filter plant) , and we had done measurements and experiments through the period (1997- 1999) by using two kinds of sand , one from Kariaten (Homs) and the second from Basset (Lattakia) .

By mathematical study of experiments results , we had determined the technical factors of ultra – speed filters function which has up – flow effluent through the pressed sand filling in addition physical and chemical properties of the local filling material .

It was clear that surface water contains suspended solid up to 120 g / m^3 , can be treated by using ultra – speed , which works with decreased speed with time and constant head loss through filter (which is charged with under – pressure local filling) . these filters have high efficiency , and they can be easily operated in comparison with typical methods .

***Associate Professor –Department of Environmental Engineering –Faculty of Civil Engineering – Tishreen University**

مقدمة:

تحتوي المياه السطحية على شوائب مختلفة في حجوم ذراتها: شوائب كبيرة خشنة أكبر من 100 نانومتر (نانومتر: يساوي 0.001 مليون من المتر)، وشوائب ذات منشأ معدني أو عضوي: شوائب غروية يتراوح قطر ذراتها حتى 100 ن. م، وهي حالة وسطية بين معلقة ومنحلة، وشوائب منحلة تماماً في المياه، تكون على شكل جزيئات وأيونات مثل الأملاح والأحماض والأسس والغازات المنحلة في المياه [1].

ولكي تكون المياه السطحية صالحة للاستخدامات المختلفة لابد من إخضاعها لعمليات التنقية المناسبة التي بنتيجتها تكتسب هذه المياه المواصفات المحددة مسبقاً من قبل المستهلك.

تنقية المياه السطحية بالترشيح.

تعد عملية الترشيح من الأعمال الرئيسة في إزالة المواد العالقة المشار إليها في المقدمة والبكتريا وغيرها من المياه. وفي معظم الحالات يستخدم الترشيح مقترناً مع منشآت أخرى لتنقية المياه، مثلاً تستخدم المرشحات عادةً في محطات تنقية مياه الشرب لترشيح المياه الخارجة من أحواض الترسيب أو مصفيات الراسب المعلق Filter with Suspended Fixed Layer (بعد التخثير المسبق) [2].

ويمكن استخدام الترشيح كعملية وحيدة في محطات تنقية المياه للشرب وذلك تبعاً لمواصفات المياه السطحية [3]. والترشيح فوق السريع الذي يتطرق إلى أحد أشكاله هذا البحث هو أحد طرائق التنقية الحديثة والهامة التي يمكن أن تستخدم في تنقية المياه الطبيعية ذات المواصفات المحددة لأغراض الشرب والصناعة.

ويعد الترشيح بسرعات مرتفعة تفوق سرعات الترشيح المعتمدة في المرشحات السريعة العادية أحد طرائق تطوير عمل المرشحات الحبيبية السريعة، حيث انتشر هذا النوع من الترشيح بشكل واسع لتحضير المياه الصناعية في منظومات التغذية المغلقة، وفي تنقية مياه الصرف الصناعية بهدف إعادة استخدامها ثانيةً. ويستخدم في العالم نوعان أساسيان من المرشحات فوق السريعة:

1. مرشحات حبيبية مغلقة تعمل بسرعات ترشيح عالية وثابتة [4].
2. مرشحات حبيبية مغلقة تعمل بسرعات ابتدائية عالية تتناقص بالتدريج تبعاً لدرجة تلوث الحشوة المرشحة مع الزمن.

تم إنشاء أول محطة مرشحات بسرعات عالية وثابتة في ألمانيا عام 1937 م، ثم انتشر استخدامها في دول أوربا الغربية وأمريكا واليابان. وتعد طريقة الترشيح فوق السريع بسرعات متناقصة وضاغط ثابت ضمن الحشوة المرشحة المقترحة من قبل العالم الروسي نيكيفروف عام 1933 م الطريقة الأكثر تقنية وأهمية في هذا المجال، لأنها تعطي فعالية تنقية عالية.

وقد أظهرت الأبحاث التي أجريت في هذا المجال أن تركيز تلوث الحشوات المرشحة يتناسب طرداً مع أبعاد حبيبات الحشوة المرشحة، وسرعة الترشيح الإبتدائية وكمية المواد العالقة في المياه الخامية [9،8،5،6،7] .

هدف البحث

يهدف هذا البحث إلى:

1- تطبيق نظام جديد من الترشيح فوق السريع ضمن الشروط المحلية بسرعات ابتدائية عالية تتناقص تدريجياً مع الزمن.

2-إيجاد حشوات مرشحة محلية بديلة لرمل الكوارتز الذي يستورد بالعملة الصعبة من أجل استخدامه في المرشحات السريعة.

3- تعيين المتحولات التصميمية لهذه المرشحات، واقتراح التنفيذ المناسب لها في مشاريع منظومات التزويد بالمياه.

تصميم وتنفيذ محطة الترشيح فوق السريع المخبرية

تطلب إنجاز البحث تصنيع وتركيب محطة مخبرية في مخبر الهندسة البيئية في كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين عام (1997)، حيث صنعت المحطة من مواد وتجهيزات متوفرة في السوق المحلية. وتم تصنيع المرشح المغلق كما في الشكل (1) من أنبوب فولاذي مغلفن قطره الداخلي (107 مم) وبطول (2000 مم)، مساحة مقطعه العرضي (8990 مم^2). ثبت جسم المرشح (1) على قاعدة فولاذية (2) وثبت على السطح الأفقي المعدني (3) الوصلة الأنبوبية (4) والمزودة بالقاطع (5) لتنظيم تدفق المياه الداخلة إلى المرشح.

تتألف مجموعة التوزيع السفلية (دريناج) من غطاء ذي شقوق طولية (6)، يحتوي على عشرين شقاً طولياً بطول 38 مم وبعرض 0.5 مم، وبذلك تكون المساحة الكلية للشقوق الطولية 380 مم^2 ويركب الغطاء ذو الشقوق على أنبوب معدني قطر 25 مم ملحّم على السطح الأفقي للإطار الذي يمثل القاعدة السفلية للمرشح.

تتألف محطة الترشيح التجريبية من الأقسام التالية: قسم تحضير المياه المعكرة اصطناعياً، قسم التخثير المرشح المغلق الذي يعمل بالتدفق الصاعد للمياه كما هو موضح في الشكل (2).

تخرج المياه من قسطل شبكة مياه المدينة (1) لتصب في الخزان (2)، الذي تحضر فيه المياه المعكرة بتركيز عال محدد، ويجري تحريك وخلط الماء المعكر بضخ الهواء المضغوط بواسطة مضخة الهواء (3) وبنفس الوقت يضخ قسم من الماء المعكر بواسطة المضخة (4) ضمن القسطل (5) إلى خزان المعايرة (6) ذي المنسوب الثابت، والقسم الآخر إلى خزان المحلول المعكر (2) بواسطة القسطل (7)، ويتم تركيب صمام التنظيم (8) ومقياس الغزارة (9) على القسطل الناقل لقسم من المحلول المعكر من خزان المعايرة إلى المرشح من أجل تنظيم غزارة المحلول المعكر، أما الكمية الزائدة منه فتعود من خزان المعايرة عن طريق القسطل (10) من جديد إلى خزان تحضير المحلول المعكر عالي التركيز.

تم تركيب القمع (12) على قسطل سحب المضخة (11) من أجل استقبال الجرعة المركزة من المحلول المعكر وفي الوقت نفسه يصب في قسطل سحب المضخة المذكورة عبر القمع (14) المحلول المخثر من الخزان (17) خزان المعايرة ثابت الجرعة، وكذلك المياه المأخوذة من شبكة المدينة من الخزان (15) من أجل تخفيض عكارة المحلول المعكر حتى درجة التركيز المطلوبة.

ركب الصمام (18) عند مخرج المحلول المخثر من الخزان من أجل تنظيم جرعة المخثر، وصمام معايرة (13) لضبط جرعة المخثر بدقة أكبر، ويتم تحديد غزارة المحلول المخثر المطلوبة تجريبياً عن طريق المعايرة.

أما فاقد الضاغط في الحشوة المرشحة يحدد بالفرق بين قراءتي المقياسين (21) عند مدخل المياه إلى المرشح و (20) عند مخرج المياه من المرشح.

يستقبل الخزان (22) المياه المرشحة الخارجة من المرشح وكذلك مياه الغسل ومنه تتجه المياه إلى قسطل الصرف (24).

معطيات عمل المحطة المخبرية

تتوقف فعالية عمل المرشحات الرملية على قدرتها في تخليص المواد العالقة من المياه الخامية الداخلة إليها ضمن نظام عمل محدد بمتحولات تقنية معينة. إن أهم المعطيات التي تعتمد عند دراسة عملية التقية بالترشيح هي: مواصفات المياه الداخلة إلى المرشح، التدرج الحبي للحشوة المرشحة، طبيعة سطح حبيبات الحشوة، ارتفاع الحشوة المرشحة، سرعة الترشيح التي يعبر عنها بكمية المياه المارة عبر واحدة سطح المرشح في واحدة الزمن. وقد أهملت بعض العوامل الأخرى مثل تغيرات جرعة المادة الكيميائية ودرجة الحرارة و pH وكثافة الندف وقطرها ...بسبب تأثيرها الضعيف على عملية التنقية. وذلك لأن مجال تأرجحها كان معدوماً خلال التجربة الواحدة وبسيطاً خلال التجارب المختلفة. ويعد استهلاك المياه الخاص بغسل المرشح من العوامل التقنية الاقتصادية الهامة.

من أجل دراسة فعالية عمل المرشح فوق السريع بالتدفق الصاعد في الحشوة المضغوطة تم اختيار العوامل الأولية المستقلة التالية: نوعية المياه الخامية، مواصفات الحشوة المرشحة، سرعة الترشيح الابتدائية. أما العوامل الثانية الموافقة المطلوب تعيينها خلال عملية البحث هي: فعالية تنقية المياه، مدة عمل المرشح ما بين الغسيلين، فاقد الضاغط في الحشوة المرشحة وتركيز الملوثات في الحشوة المرشحة. ويعتمد التقييم الاقتصادي لعمل المرشح فوق السريع المقترح على تحديد زمن الغسل وكمية استهلاك المياه والهواء المضغوط من أجل غسل المرشح.

1 . نوعية المياه الخامية

تعتبر كمية المواد العالقة في المياه الخامية من أهم العوامل المؤثرة على عملية الترشيح، وبتحليل معطيات تجارب استثمار المرشحات فوق السريعة في الأبحاث المذكورة سابقاً لمختلف الباحثين في تقنية المياه بالترشيح على مرحلة واحدة أو على مرحلتين نجد أن الحد الأعلى لكمية المواد العالقة في المياه الخامية الطبيعية باستخدام طريقة الترشيح فوق السريع وبدون ترسيب يصل حتى (120-100) غ/م^3 وتؤكد معطيات نفس الأبحاث [10] أن الكمية الأعظمية للمواد العالقة في المياه الخامية في حالة الترشيح فوق السريع لمرحلة واحدة تتراوح بين (30−40) غ/م^3 ، وعلى هذا الأساس تم اعتبار الحد الأدنى لكمية المواد العالقة في المياه الخامية يساوي 30 غ/م^3 وقد تم اختيار الرواسب المتشكلة من مياه غسل المرشحات في محطة تنقية مياه نبع السن كمعكر للمياه المأخوذة من شبكة المدينة في السلسلة الأولى من التجارب.

ومن أجل التأكد أن هذا المعكر مناسب ولايؤثر على صحة التجارب تم دراسة صلاحيته وفق الطريقة العامة [11] وكذلك عملية ترسبه.

أما بالنسبة للمواد المخثرة المضافة فقد تم استخدام كبريتات الألمنيوم النقية كمادة مخثرة لتوفرها واستخدامها بشكل واسع في تخثير المواد العالقة لدى تنقية المياه الطبيعية للاستخدام المنزلي والصناعي، وتم تحديد الجرعة المثالية اللازمة بطريقة التخثير التجريبي للمياه الخامية (تجربة JAR)، التي تأرجحت بين (6) و (9) غ/م^3 من المادة الفعالة AL_2O_3 تبعاً لكمية المواد العالقة في المياه الخامية.

2 – الحشوة المرشحة

تم اختيار التدرج الحبي وارتفاع الحشوة المرشحة اعتمادا على تحليل الأبحاث المنجزة في الترشيح فوق السريع [11،12] ، مع الأخذ بعين الاعتبار مبدأ وخصائص عمل المرشح المدروس، خاصة حركة المياه الخامية فيه من الأسفل إلى الأعلى باتجاه تناقص حجم حبيبات الحشوة المرشحة. وتتألف الطبقات السفلية من الحشوة الأولى (رمل القريتين)، التي تدخلها المياه الخامية بتركيز عال من الشوائب ، من حبيبات رمل قطر (1.18–2) مم أما الحشوة الثانية (رمل البسيط) فتتألف من حبيبات ذات القطر (1.4–2) مم في الطبقة السفلية .

حضرت الحشوة المرشحة بعد غسلها وتجفيفها ،بتدرج حبي معين وحددت الكميات الواجب أخذها من كل قطر بحيث يكون القطر المكافئ وعامل عدم التجانس ضمن الحدود المسموحة [13].

يوضح الشكل (3) مخطط التدرج الحبي للحشوة المرشحة الأولى والثانية المستخدمتين في البحث حيث:

القطر الأصغري لحبات الرمل	d_2 =0,5 mm	d_1 =0,5 mm
القطر الأعظمي لحبات الرمل	mm	$d_2 = 2{,}0d_1 = 2{,}0$ mm
القطر المكافئ :	d_{e2} = 0.92 mm	d_{e1}=0.9 mm
عامل عدم التجانس :	K_2=1.65	K_1=1.72

3– سرعات الترشيح

أجريت التجارب وفق نظام الترشيح فوق السريع ، بفاقد ضاغط ثابت في الطبقة المرشحة مع التخفيض المنتظم لسرعة الترشيح خلال فترة عمل المرشح ما بين الغسيلين ،تبعا لدرجة تلوث المرشح . وأخذت سر عات الترشيح وفقا للمراجع النظرية والتجارب العملية لاستثمار مثل هذه المحطات ضمن المجال (65-30) م/سا. أما انتهاء الدورة الترشيحية فقد حدد بانخفاض سرعة الترشيح حتى (15) م/سا ، باعتبارها السرعة القصوى في المرشحات السريعة العادية [14].

مراقبة المتغيرات التكنولوجية لعملية الترشيح

تعتبر درجة تحسين نوعية المياه الخامية في عملية الترشيح وكذلك المتغيرات التكنولوجية لنظام عمل المرشح من أهم مؤشرات فعالية عمله .

تتعلق درجة تحسين نوعية المياه قبل كل شيء بقدرة المرشح على تخليص المياه من المواد العالقة ، التي تعين كنسبة مئوية (تعرف بفعالية التنقية) بالعلاقة :

$$E = \frac{M_0 - M_f}{M_0} \times 100$$

حيث: M_0 : تركيز المواد العالقة في المياه الخامية الداخله الى المرشح غ/م^3

M_f : تركيز المواد العالقة في المياه المرشحة الخارجة من المرشح غ/م^3

وقد حدد تركيز المواد العالقة في المياه الخامية M_0 وفي المياه المرشحة M_F كل ساعة من ساعات عمل المرشح خلال فترة ما بين الغسيلين وكذلك درجة الحموضة PH.

كما تم قياس سرعة الترشيح بتقسيم استطاعة المرشح التجريبي في اللحظة الزمنية المعطاة على مساحة مقطعه العرضي ذو القطر D = 0,107 m بالعلاقة : $V_f = 111.21\ Q$

حيث Q: الغزارة اللحظية في المرشح $م^3/سا$

تعيين تركيز المواد الملوثة في الحشوة المرشحة

يتم تعيين كمية المواد العالقة المحتجزة في الحشوة المرشحة من أجل تحديد فعاليتها . كما أن دراسة تركيز التلوث الحجمي للحشوة المرشحة ذات أهمية كبرى حيث تميز قدرة المرشح على نزع المواد العالقة من المياه بواسطة طبقات حشوته المنفصلة والتي تختلف عن بعضها بحجم حبيبات الحشوة المرشحة . وكذلك تهدف هذه الدراسة إلى توضيح طبيعة توزع المواد العالقة المحتجزة في الحشوة المرشحة على كامل ارتفاعها تبعا لتدرجها الحبي . ولتحديد تركيز تلوث الحشوة المرشحة : يجري أخذ عينات من الرمل في نهاية فترة ما بين الغسيلين مباشرة قبل البدء بغسل الحشوة ويبين الشكل (1) النقاط التي تؤخذ منها عينات الرمل وبعدها عن الحدود السفلية للطبقة المرشحة. تم تعيين كمية التلوث في العينة الرملية بطريقة التحليل الفوري [12] ، حيث جرى إخراج الرمل بواسطة ملعقة خاصة ، تغمر في الحشوة من خلال فوهة الوصلة الأنبوبية المسننة حتى عمق (60 –70) مم ، ثم توضع عينات الرمل المأخوذة من النقاط المبينة على جسم المرشح بحجم (20–30) مل في اسطوانات زجاجية سعة (50) مل ، وتملأ بمياه الشرب حتى أعلى تدريجة ، ثم تغلق بسدادة مطاطية ، وتقلب كل اسطوانة مع العينة (180)^0 لمدة ثلاث دقائق ، ثم تترك لتترسب لمدة ساعة واحدة عندئذ تتشكل طبقة راسب فوق سطح الرمل ، يعين في كل اسطوانة حجم الرمل وحجم طبقة الراسب ويحسب تركيز التلوث في النقاط المبينة في الحشوة .

تعيين المتحولات التكنولوجية لغسل الحشوة المرشحة

إن الهدف من دراسة فعالية عملية الغسل هو تحديد المتحولات الأساسية التكنولوجية ، مثل شدة الغسل وزمنه، وتأثير الغسل بالماء والهواء على كمية المياه المستهلكة للغسل ، وعلى زمن الغسل .

تم غسل المرشح بالماء فقط وبضخ الماء والهواء بشكل منفصل في حالة أخرى، وذلك بعد الانتهاء من عملية الترشيح في كل تجربة.

تم غسل المرشح بشدة تيار تساوي (0,013 – 0,019) $m^3 / (m^2 . sec)$ فتمددت الحشوة المرشحة بنسبة% 20– 30 .واستمر غسل المرشح حتى لحظة هبوط المواد العالقة في مياه الغسل حتى القيمة g (5 – 7) /m التي تبقى شبه ثابتة مع استمرار الغسل وبنفس الطريقة حددت فعالية الغسل بالماء والهواء بشكل منفصل .حيث تم في المرحلة الأولى نفخ الحشوة بالهواء المضغوط بشدة قدرها 0,020–0,022 $m^3/ (m^2.sec)$ لمدة (5–7) دقائق، وفي المرحلة الثانية تم الغسل بتيار ماء شدته(0,013–0,019 $m^3 /(m^3 . sec)$. لمدة (5–7) دقائق [12].

برمجة العمل التجريبي

هدف البحث تعيين المتغيرات التقنية لعمل المرشح مثل سرعة الترشيح، فعالية التنقية، زمن الدورة الترشيحية، تركيز تلوث الحشوة، زمن غسل المرشح وكمية المياه المستهلكة في عملية الغسل وغيرها. ولتحقيق ذلك وضعت خطة لإجراء التجارب وفق الجدول (1) .

تنفيذ التجارب اللازمة وتنظيم نتائج القياسات ومعالجتها وتحليلها

1- سرعة الترشيح في المرشح التجريبي

تم إجراء مجموعة من التجارب ضمن شروط نظام الترشيح فوق السريع:

فاقد ضاغط ثابت، وسرعة ترشيح متناقصة وفق نظام نيكيفروف ، حيث خفضت السرعة تدريجياً تبعاً لدرجة تلوث الحشوة ووفقاً لقراءات مقياسي الضغط على مدخل المياه إلى النموذج ومخرجها منه، وذلك بتخفيض غزارة المياه الخامية الداخلة إلى المرشح بحيث تم المحافظة على فرق ضغط ثابت من بداية عمل المرشح حتى نهايته.

ويبين الجدول (2) نتائج البحث لعمل المرشح في نظام الترشيح فوق السريع (سرعات متناقصة وفاقد ضاغط ثابت)، وفق خطة إجراء التجارب المقترحة، وقد أعيدت كل تجربة من ثلاث إلى خمس مرات وأخذ المتوسط لكل منها.

ويوضح الشكل (4) العلاقة العامة لتغير سرعة الترشيح $V= f(t)$ خلال فترة عمل المرشح ما بين الغسيلين t ، عندما تكون كمية المواد العالقة M_0 في المياه الخامية بتراكيز مختلفة ومن أجل سرعات ترشيح ابتدائية مفروضة وفق الجدول (1).

وقد تم الحصول على هذه العلاقة بمعالجة المعطيات بواسطة الحاسب التي يحدد دقتها عامل الارتباط العالي $R=0.997$.

تتميز منحنيات سرعة الترشيح التي حصلنا عليها بالعلاقة مع زمن عملية التنقية بشكلها المتشابه بالرغم من اختلاف سرعات الترشيح الابتدائية V_0وعكارة المياه الخامية M_0.

حيث كانت العلاقة بين سرعة الترشيح والزمن من الشكل :

$$\mathbf{V = a\,t^2 + b\,t + V_0}$$

حيث : V_0 – سرعة الترشيح الابتدائية.

t – زمن عمل المرشح ما بين غسيلين بدءاً من لحظة التشغيل.

a,b – ثوابت تتعلق بتراكيز المواد العالقة في المياه الخامية وبسرعة الترشيح الابتدائية (حيث تختلف من تجربة إلى أخرى).

تقدر استطاعة المرشح فوق السريع بمساحة m^2 (1) طوال فترة ما بين الغسيلين t بالعلاقة :

$$q = \int_0^t v\,dt = \int_0^t (at^2 + bt + v_0)dt$$

$$q = a/3\ t^3 + b/2\ t^2 + v_o t$$

تعبر هذه الاستطاعة عن حمولة المرشح خلال فترة ما بين الغسيلين المحسوبة في الجدول (2) ، بلغت قيمة الحمولة العظمى m^3 / m^2 (487.9) خلال دورة ترشيحية استمرت (14) ساعة (تجربة 4 مثلاً) علماً أن هذه القيم تختلف من تجربة لأخرى.

2 – فعالية تنقية المياه الخامية من المواد العالقة

تبين نتائج التجارب أن درجة فعالية تنقية المياه الخامية من المواد العالقة ، بالترشيح فوق السريع مع استخدام التخثير المسبق بكبريتات الألمنيوم بجرعة g/m^3 (6-9) من AL_2O_3، تأرجحت بين %(95.5) و %(99.1) أي أن درجة التنقية طوال فترة عمل المرشح كانت عالية لدرجة كافية ومستقرة أيضاً. وتعلقت فعالية التنقية وتأرجحها بكمية المواد العالقة في المياه الخامية وبالسرعة الابتدائية للترشيح ، كما هو موضح في الجدول (2)

ويدل تحليل هذه النتائج على إمكانية استخدام طريقة الترشيح فوق السريع بسرعات متناقصة وفاقد ضغط ثابت حتى عندما تصل كمية المواد العالقة في المياه الخامية إلى ($120\ g/m^3$) ، عندئذ يجب أن لا تتجاوز سرعة الترشيح الابتدائية 65m/h ، حيث تجاوز هذه السرعة يؤدي إلى تراجع فعالية التنقية وخروج المرشح من عملية الترشيح (المواد العالقة > $5\ g/m^3$ في المياه المرشحة المعتمدة كمعيار للشرب).

3 – تركيز تلوث الحشوة المرشحة

يجري تعيين كمية الملوثات المتوقفة على كامل ارتفاع حشوة المرشح بالطريقة الموضحة في البند (6) ويوضح توزع الملوثات على كامل ارتفاع الحشوة المرشحة، أن أكبر كمية تجمعت في الطبقات السفلية حتى ارتفاع (0.97) م ، وبالعكس في الطبقات العليا من المرشح كانت كمية الملوثات أقل بعشرات المرات منها في الطبقات السفلية. وبفضل وجود حبات الرمل الناعمة المؤلفة للطبقة العليا، والتي تعتبر الطبقة الدفاعية لكامل حشوة المرشح، تم منع خروج المواد العالقة مع المياه الخارجة من المرشح.

بما أن الكمية العظمى من الملوثات المحتجزة في حشوة المرشح تتوزع في القسم السفلي من الحشوة المدروسة وبما أن نوعية المياه المرشحة لم تتراجع طوال فترة ما بين الغسيلين من عمل المرشح ، يمكن أن نستنتج أن يكون ذلك بفضل خاصة الدفاع الذاتي للمرشح بالتدفق الصاعد للمياه والذي يعمل ضمن نظام الترشيح فوق السريع وبارتفاع طبقة مرشحة تساوي 1.4 m .

لدى مقارنة طبيعة توزع الملوثات في عمق الحشوة المرشحة عند الترشيح فوق السريع بالتدفق الصاعد بسرعات متناقصة وفاقد ضاغط ثابت بالترشيح من الأسفل نحو الأعلى بسرعات ثابتة، نجد أن تركيز تلوث الحشوة المرشحة عند الترشيح بالتدفق الصاعد بسرعات متناقصة وفاقد ضاغط ثابت أكبر بـ (1.5) مرة من تركيز التلوث عند الترشيح بسرعات ثابتة [10].

الاستنتاجات

إن تحليل نتائج البحث يقود إلى الاستنتاجات التالية:

1–يمكن استخدام رمل الكوارتز المستحضر من القريتين . منطقة حمص ومن البسيط . منطقة اللاذقية بتدرج حبي (0.5–2) مم كحشوة في المرشحات فوق السريعة لتنقية المياه الطبيعية من أجل الشرب وبعض الصناعات وذلك عندما لا تزيد المواد العالقة في المياه الخامية عن 120 غ/م^3.

2–تميزت منحنيات سرعة الترشيح فوق السريع باستخدام رمل الكوارتز المستحضر من القريتين والبسيط بالعلاقة مع زمن الدورة الترشيحية التي حصلنا عليها بالمعالجة الرياضية بواسطة الحاسب بشكلها المتشابه بالرغم من اختلاف سرعة الترشيح الابتدائية والمواد العالقة في المياه الخامية وتمثلت بمعادلة من الدرجة الثانية من الشكل:

$$V = at^2 + bt + v_0$$

3- درجة تنقية المياه الخامية باستخدام التخثير المسبق بكبريتات الألمنيوم وبجرعة (6 – 9) غ/م^{3}من المادة الفعالة AL_2O_3 كانت عالية ومستقرة خلال كامل الدورة الترشيحية، وتأرجحت في المجال %(95 – 99) بالنسبة إلى الحشوتين المذكورتين.

4- يمكن استخدام طريقة الترشيح فوق السريع بسرعات متناقصة وفاقد ضاغط ثابت في الحشوة المرشحة لتنقية المياه الطبيعية الحاوية على مواد عالقة حتى 120 غ/م^3 من أجل الشرب وبعض الصناعات، وتصل سرعة الترشيح عندئذ حتى 65 م/سا.

5-بينت التجارب المخبرية أن حشوة المرشح المؤلفة من رمل الكوارتز بتدرج حبي (2-0.5) مم وقطر مكافئ 0.9 مم وعامل عدم التجانس 1.7 وبارتفاع 1.4 م، تملك القدرة الجيدة على نزع المواد العالقة من المياه الخامية بالترشيح فوق السريع من الأسفل إلى الأعلى، حيث توغلت الواد العالقة إلى أعماق كبيرة في الحشوة المرشحة، وتجمعت بشكل تصاعدي من الأسفل إلى الأعلى.

6-تأرجح زمن عمل المرشح فوق السريع (فترة مابين الغسيلين) تبعاً للعوامل الأولية (سرعة الترشيح الابتدائية، عكارة المياه الخاميه) بين 18 -9 ساعة علماً أن سرعة الترشيح الوسطية تأرجحت في المجال 40 -25 م/سا.

7-إن حشوة المرشح المحضرة من رمل البسيط أفضل بالمقارنة مع حشوة المرشح المحضرة من رمل القريتين، حيث وصل الزمن الأعظمي للدورة الترشيحية حتى 18 ساعة بالنسبة لحشوة رمل البسيط وحتى 14 ساعة بالنسبة إلى حشوة رمل القريتين. وبالتالي تركيز تلوث حشوة رمل البسيط أكبر منه في حشوة رمل القريتين.

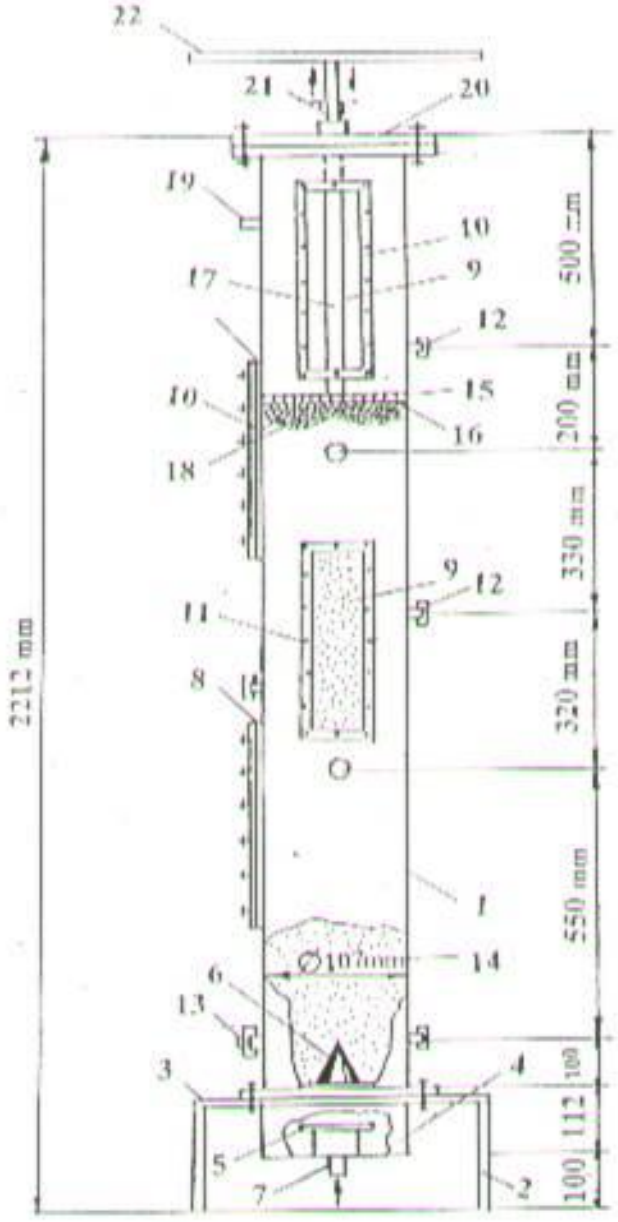
8-تأرجحت شدة تيار غسل المرشح بالماء فقط في المجال ($m^3/(m^2.sec)$ (0.013-0.019) وشدة تيار الهواء المضغوط لتحريك الحشوة تراوحت في المجال (m^3 /(m^2.sec) (0.020-0.022) أما زمن نفخ الهواء تراوح بين (5-7) دقيقة [12].

9-بينت التجارب أن الغسل على مرحلتين بالماء والهواء يختصر من زمن الغسل ويرفع فعاليته ، وبالتالي يمكن الاقتصاد من كمية مياه غسل المرشحات [9].

المقترحات والتوصيات

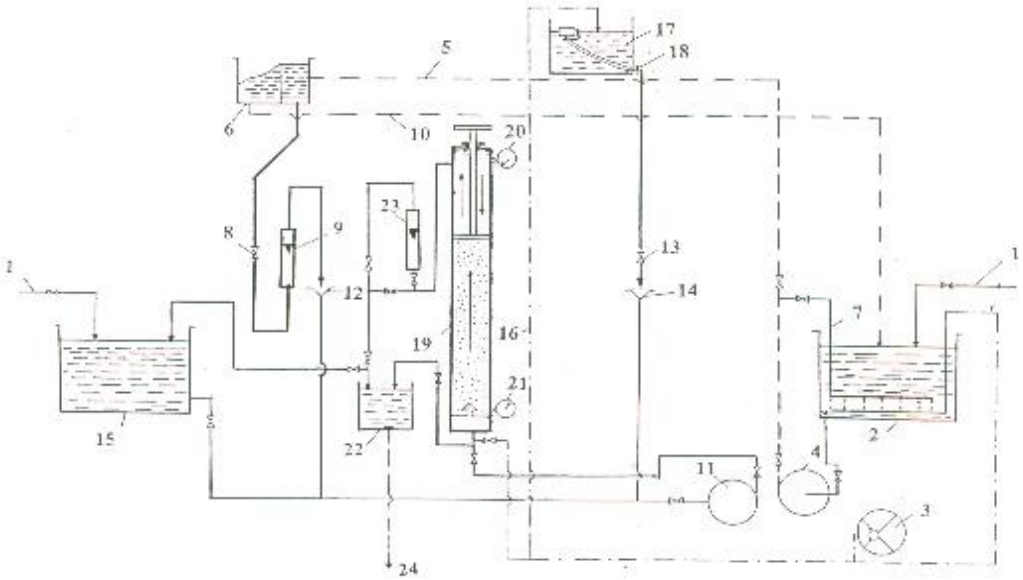
1. متابعة البحث بطريقة الترشيح فوق السريع بالتدفق الصاعد للمياه ضمن الحشوة المرشحة المضغوطة والمؤلفة من مواد ترشيحية أخرى طبيعية أو صناعية متوفرة محلياً ولها مواصفات الحشوة المرشحة ، أي مقاومة للتآكل بالاحتكاك ومقاومة للمواد الكيميائية .
2. البحث عن الارتفاع الأمثل للمحشوة المرشحة المستخدمة بتغيير ارتفاع الحشوة باستخدام نظام الترشيح فوق السريع بالتدفق الصاعد في الحشوات المضغوطة المختلفة .
3. ينصح بغسل المرشح على مرحلتين بالهواء والماء من أجل استعادة قدرة الحشوة على الترشيح .
4. ينصح باستخدام طريقة الترشيح فوق السريع (بسرعات متناقصة وبفاقد حمولة ثابت في الحشوة المرشحة) في تنقية المياه الطبيعية الحاوية على مواد عالقة أقل من $120g/m^3$، وبسرعة ترشيح ابتدائية أقل من 65m/h.

5. ننصح باستخدام المرشحات فوق السريعة من أجل تزويد عدد من الصناعات بالمياه ، لأنها لا تشغل مساحة كبيرة ، وهذا أمر هام في المصانع لعدم توفر المساحات التي تشغلها الأقسام المساعدة ، مما يقدم هذا الاستخدام حلاً لهذه المسألة .
6. يمكن استخدام المرشحات فوق السريعة لتزويد المنشآت المؤقتة بالمياه ، بسبب سهولة الفك والتركيب من مكان إلى آخر .
7. يمكن استخدام المرشحات فوق السريعة بالتدفق الصاعد والحشوة المضغوطة في تنقية المياه الطبيعية (بحيرات السدود ، الينابيع) كمنشأة وحيدة لتنقية المياه بالإضافة إلى التعقيم .



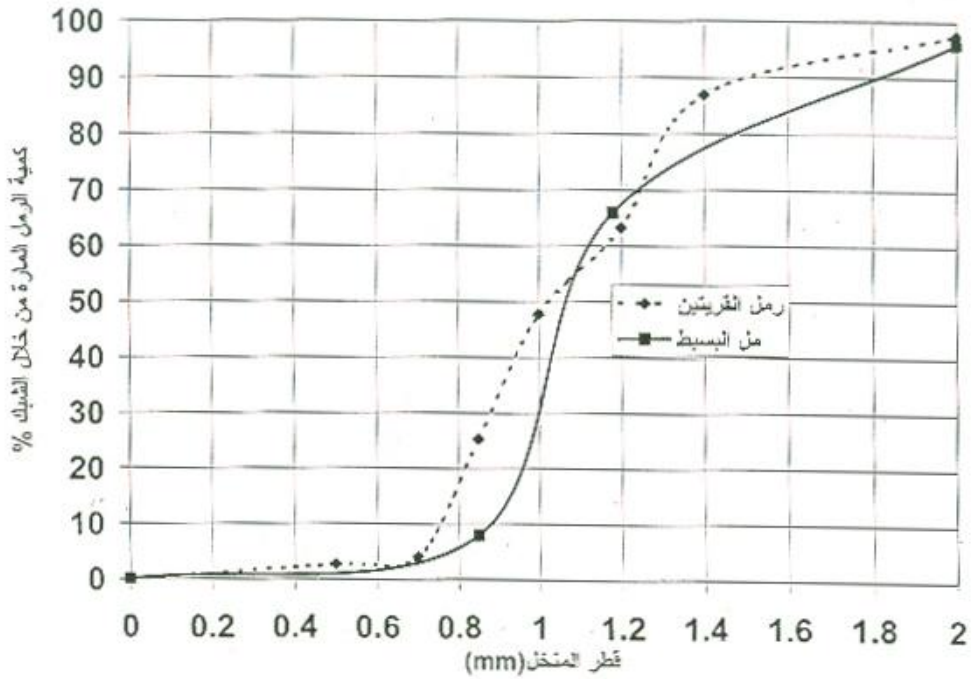
الشكل (1) مخطط المرشح المخبري

1- جسم المرشح ، 2- قاعدة فولاذية ، 3- سطح معدني ، 4- وصلة أنبوبية ، 5- قاطع تنظيم ، 6- غطاء ذو شقوق طولية ، 7-أنبوب دخول مياه ، 8- إطار فولاذي ، 9- زجاج عضوي شفاف ، 10- إطار فولاذي تثبيت ، 11- براغي ، 12- وصلات فولاذية ، 13- وصلة فولاذية مسننة ، 14- الحشوة المرشحة، 15- قرص معدني منقب ، 16- شبك معدني ناعم، 17- ذراع معدني مسنن، 18- طبقة من البوليسترول، 19- قسطل خروج المياه ، 20- غطاء المرشح ، 21- مانعة التسرب ، 22- نقل تثبيت .

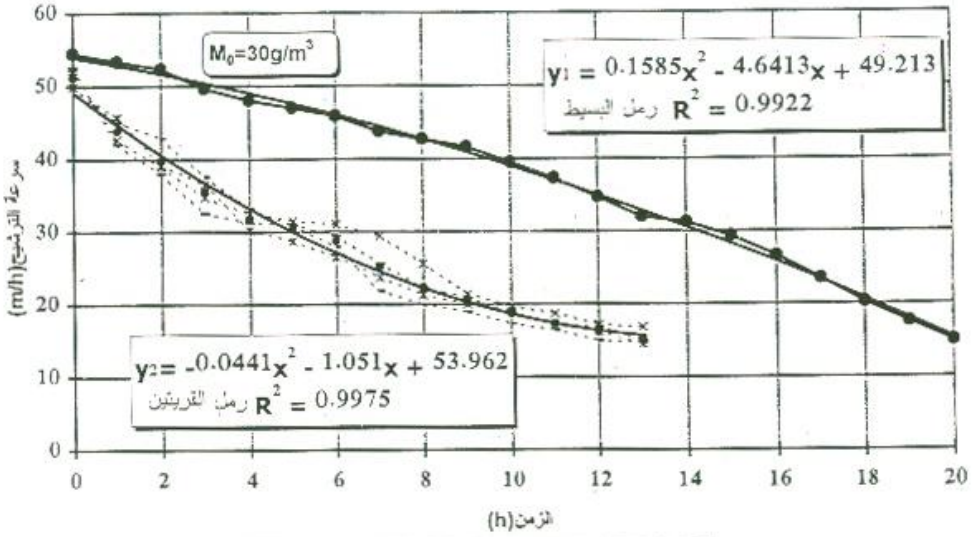


الشكل (2) مخطط محطة الترشيح المخبرية

1- قسطل شبكة المدينة ، 2- خزان المياه المكررة ، 3- مضخة الهواء ، 4- مضخة المياه المكررة ، 5- قسطل الضخ ، 6- خزان المعايرة ، 7- قسطل الإعادة ، 8- صمام تنظيم ، 9- مقياس الغزارة ، 10- قسطل الإعادة 11- مضخة المياه النقية ، 12- قمع المياه المكررة، 13- صمام معايرة الجرعة ، 14- قمع المخثر ، 15- خزان المياه النقية، 16- قسطل ضخ الهواء، 17- خزان المخثر ، 18- صمام تنظيم المخثر ، 19- جسم المرشح، 20- مقياس ضغط على المخرج، 21- مقياس ضغط على مدخل المرشح ، 22- خزان المياه الجرشحة، 23-مقياس الغزارة ، 24- قسطل تصريف المياه .



الشكل (3) مخطط التدرج الحبي للحشوة المرشحة الأولى والثانية المستخدمتين في البحث



الشكل (4) تغير سرعة الترشيح خلال فترة ما بين الغسيلين

جدول (1) خطة إجراء التجارب على الحشوتين I رمل القرينين و II رمل البسيط

رقم التجربة	عكارة المياه الخامية M_0 g/m^3		سرعة الترشيح الابتدائية m/hour	
	I	II	I	II
1	30	30	30	35
2	30	30	40	45
3	30	30	50	55
4	30	30	60	65
5	60	60	30	35
6	60	60	40	45
7	60	60	50	55
8	60	60	60	65
9	90	90	30	35
10	90	90	40	45
11	90	90	50	55
12	90	90	60	65
13	120	120	30	35
14	120	120	40	45
15	120	120	50	55
16	120	120	60	65

الجدول (2) – المؤشرات التكنولوجية الوسطية لعمل المرشح التجريبي

رقم التجربة	عكارة المياه الخامية	سرعة الترشيح الابتدائية	فعالية التنقية	مدة دورة الترشيح	الضاغط في المرشح	كمية المواد المحتجزة في المرشح	استطاعة المرشح خلال فترة ما بين الغسلين
No	M_0 , (g/m^3)	V_0 ,(m/h)	E , %	† , (H)	H , (m)	Kg / m^2	Q , (m^3/ m^2)
1	30.5 / 29.6	30.93 / 35	97.3 / 98.2	13 / 12	1.6 / 1.4	8.8 / 9.91	295.6 / 340.8
2	31.1 / 29.8	41.7 / 44.5	97.2 / 97.8	14 / 15	1.9 / 1.6	10.9 / 13.4	358.9 / 459.7
3	32.4 / 29.6	50.2 / 54.5	96.8 / 96.4	13 / 20	2.3 / 2.5	11.3 / 21.4	363.7 / 751.1
4	32 / 30	60.4 / 65	95.5 / 96.9	14 / 14	2.5 / 2.1	14.9 / 16.89	487.9 / 580.5
5	61.6 / 59.9	31.9 / 35	97.7 / 98.4	12 / 15	1.5 / 2.4	16.9 / 22.5	280.3 / 382.2
6	60.6 / 60.1	42.6 / 45	97.4 / 98.5	12 / 18	1.8 / 2.2	18.52 / 33.7	313.71 / 750
7	59.7 / 60.2	52.4 / 55	96.9 / 98.4	12 / 17	2.1 / 2.3	21.1 / 37.1	364 / 626.6
8	59.4 / 60	59.9 / 65	96.3 / 98.4	12 / 16	2.7 / 2.5	21.2 / 38.5	369.7 / 652.8
9	91.4 / 89.9	31.6 / 35	97.3 / 98.9	11 / 15	1.5 / 1.8	21.2 / 31.8	238.5 / 358.1
10	90.9 / 90.1	42.4 / 45	97.2 / 98.9	12 / 15	2 / 2.3	25.2 / 39.7	285.4 / 446.1
11	90 / 89.9	53.4 / 55	96.3 / 98.8	11 / 15	2.2 / 2.5	27.4 / 47.3	315.9 / 532.2
12	91.8 / 89.9	61.5 / 65	96.6 / 98.8	11 / 11	2.6 / 2.1	29 / 56.4	325.3 / 634.8
13	121.5 / 120	31.6 / 35	97.7 / 99	9 / 10	1.8 / 1.9	22.1 / 26.8	186.2 / 225.2
14	120.8 / 120	41.2 / 45	97 / 99.1	10 / 12	2.1 / 2.3	27.12 / 41.3	231.4 / 347.1
15	121.1 / 119.9	52.2 / 55	96.6 / 99.1	9 / 12	2.3 / 2.5	29.3 / 51	250.3 / 429.6
16	119 / 119.9	62.1 / 65	95.6 / 99	9 / 13	3 / 3.2	31.3 / 65.2	274.6 / 549

ملاحظة : القيمة المدونة في البسط من أجل رمل القرينين، وفي المقام من أجل رمل البسيط.

المراجع:

.....

[1] د . حسن، كاسب، 1995 – *كيمياء المياه والميكروبيولوجيا* ، الطبعة الأولى ، منشورات جامعة تشرين، كلية الهندسة المدنية ، سورية، ص 367 .

[2] - NATHANSON,A]. 1997 – Basic Environmental Technology, Second Edition, Prentice Hall pp. 134-138 .

[3] - NUNN G.R. 1997 – Water Treatment Essential s, for Boliler Plant Operation, First edition, Mc Graw- Hill, PP. 194-195 .

[4] -NEBOSINE , B. 1967- Ultra – High Rate filtration, New york, USA..

[5] - NIKEFROF G.N. 1950 - sverkhskorostine filter bolshoe proizvoditelnistis aftomatichescim oupravlenien, Naoushnie Troodi LICI, VIP.9.L- Moscow. pp.87-103.

[6]- NIKEFROF G.N., ROODZSKI G.G. 1966- Opit primenenia metodof sverkhs skorostnova filterovania nevsco,'vodi dla tekhologichscikh noojd priadilho-nitoshnova kombinata "Krasna nit v Leningrade,Leningrade No.50.L- pp. 72-79

[7] - ROODZSKI G.G.CHOOVILIN V.N.GOOSAKOVCKI.V.B.1973- Isledovania ochistci sverkhskorostnova filtrovania / sanitarna tekhnica .-L. : LICI,pp. 7-10.

[8] - SAKALAOAKAS A.I. 1966- Ekcperimentalnie islodovania protseson benzotatoinovo osvetlenia predraritelno koagoolirovanno. Vodi metodomsverkhskorostnova filtrovania na filtrakh c kroopnozernnisto zagroozki. Diss T. N. –L, 255p.

[9] - FAMINIKH A.M.1958- promivka kontatnikh osvetliteli I nekotorie voprosi ikh rabti. Avtoref K.T.n. Novosibirsk, p.19.

[10] - WEHBE, H.S. 1980- Otshistka Prirodnoi Vody Metodom Sverkhskorostnovo Filtrovania Dlia Priadilnonitotshnovo Proizvodstva Tekstilnykh Predpriatii , Moscow , 176 p.

[11] - NIKOLADZE, G.I, 1987- Tekhnologia Otchistki Prirodnikh Vod, Vishaia Shkola, Moscow,

[12] - KASSIR .A.H.1988- Sverkhskorostnie Filter c Voskhodiashim Potokom. Leningrad.

[13] - ABRAMOV N.N. 1982 - Vodosnabjenie, Moscow .

[14] - CORUVO A.J. GRAUN F.G. and HEARNE N. 1999- Providing safe Drinking Water in Small System, First Edition, Lewis Publishers, pp 213-215 .