

الفصل الحادى عشر

الملاحق

- (أ) الإختبارات لمياه الصرف الصناعى
- (ب) معايير الصرف للمخلفات على المسطحات المائية
- (ج) التقييم لنتائج الرصد والتحليل ومتطلبات المعالجة المسبقة والميزان المادى
- (د) القواعد التصميمية لتكنولوجيا المعالجة الكهروكيميائية لمياه الصرف الصناعى
- (هـ) الكيماويات المستخدمة فى المعالجة الكيماوية للمياه
- (و) الإدمصاص بالكربون المنشط
- (ز) عمليات الغشاء

ملحق (أ)

الإختبارات لمياه الصرف الصناعي

قبل البدء فى عمليات المعالجة المسبقة أو الأولية أو النهائية فإنه يكون من الضرورى التعرف على مكونات مياه الصرف وذلك بعمل الإختبارات اللازمة وكذلك يلزم معرفة معايير الصرف للمياه المعالجة على المسطحات المائية أو على شبكة الصرف الصحى أو لاستعمالات أخرى.

إختبارات مياه الصرف وأخذ العينات:

الإختبارات الطبيعية

الإختبارات الكيميائية

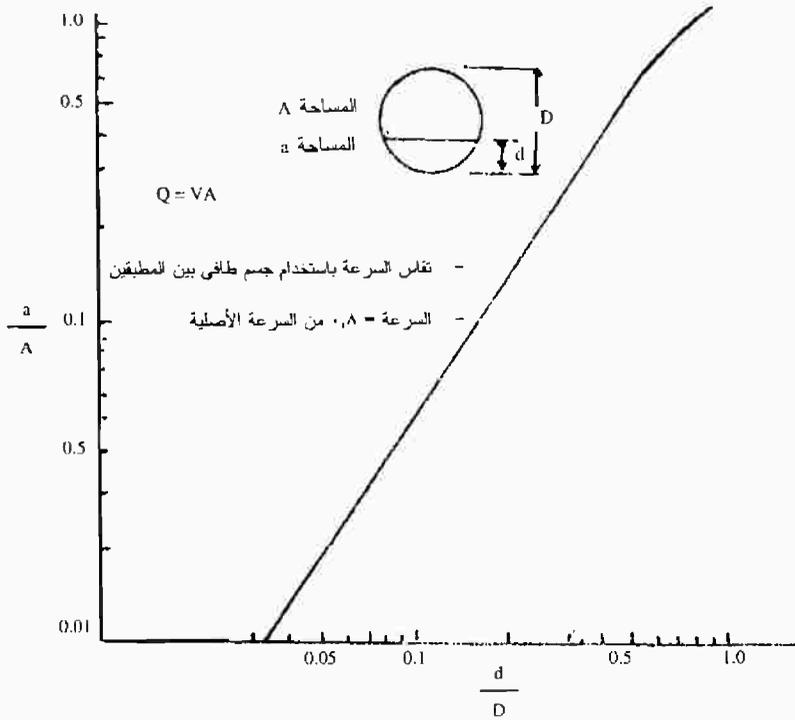
الإختبارات البيولوجية

الخطوة الأولى لإختبار مياه الصرف هو بأخذ العينات للإختبار. كل العينات التى يتم جمعها تحفظ فى مكان بارد حتى لاتتأثر بالأنشطة البكتيرية قبل الإختبار. يتم وضع بيان عن تاريخ ووقت جمع كل عينة، المصدر، التاريخ، مادة الحفظ المضافة، القائم بعملية أخذ العينة.

الجدول التالى يوضح البيئات اللازمة لحفظ وتداول العينات لعمل الاختبارات

التحاليل المطلوبة	مادة وعاء حفظ العينة	مواد الحفظ ودرجة الحرارة	أقصى مدة زمنية للحفظ
الأملاح الكلية المذابة	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤م°	٧ يوم
المواد الصلبة العالقة	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤م°	٧ يوم
المواد الصلبة المتطايرة	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤م°	٧ يوم
الاكسجين الحيوى BOD	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤م°	٤٨ ساعة
الاكسجين الكيماوى COD	زجاج-بولى إيثيلين	يضاف حامض الكبريتيك حتى (pH-2) عند ٤م°	٢٨ يوم
الأكسجين المذاب	زجاج	يعين فى الموقع	لازم للحفظ
نيتروجين الأمونيا	زجاج-بولى إيثيلين	يضاف حامض الكبريتيك حتى رقم هيدروجينى أقل من ٢ عند ٤م°	٢٨ يوم
نيتروجين النترات، النيتريت	زجاج-بولى إيثيلين	يضاف حامض الكبريتيك حتى رقم هيدروجينى أقل من ٢ عند ٤م°	٢٨ يوم
الزيوت والشحوم	زجاج	يضاف حامض الكبريتيك حتى رقم هيدروجينى أقل من ٢ عند ٤م°	٢٨ يوم
كربون عضوى	زجاج-بولى إيثيلين	يضاف حامض الكبريتيك حتى رقم هيدروجينى أقل من ٢ عند ٤م°	٢٨ يوم
الرقم الهيدروجينى	زجاج-بولى إيثيلين	يعين فى الموقع	---
الفينولات	زجاج	يضاف حامض الكبريتيك حتى رقم هيدروجينى أقل من ٢ عند درجة حرارة	٢٨ يوم
التوصيل الكهربى	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤ م°	٢٨ يوم
الكبريتات	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤ م°	٢٨ يوم
الرائحة	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤ م°	٧ يوم
العكارة	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤ م°	٤٨ ساعة
اللون	زجاج-بولى إيثيلين	التبريد عند ٤ م°	٤٨ ساعة

لقياس معدل تدفق سوائل الصرف فى خطوط المواسير شكل (أ/١)



شكل (١/١) تعيين التدفق في الماسورة الممتلئة جزئياً ذات المقطع الثابت

درجة الحرارة

تقاس درجة حرارة مياه الصرف باستخدام الترمومترات العادية. يستفاد بقياس درجات الحرارة في تعيين درجة التشبع بالمواد الصلبة المذابة والغازات المذابة في الماء. وكذلك معدلات الأنشطة البيولوجية والكيميائية حيث تزداد مع ارتفاع درجات الحرارة بينما تكون ساكنة عند انخفاض درجات الحرارة. يجب أن يكون ترمومتر القياس قادر على قراءة حتى ٠,١ م.

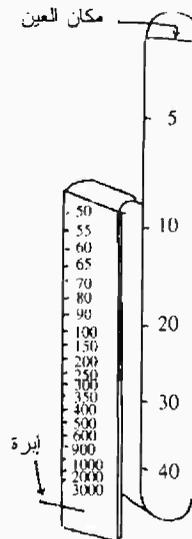
لقياس درجة الحرارة أعلا من ١٠٠ م كما في حالة المفاعلات والغلايات يستخدم التيرموكابل (Thermocouple).

العكارة:

تكون العكارة بسبب المواد الصلبة العالقة والمواد الهلامية وتقيم العكارة بالجزء فى المليون أو بالملجرام فى اللتر. وحدة القياس للعكارة هى العكارة الناتجة عن ملجرام من السيليكيا فى لتر ماء. أو بمعنى آخرى هى العكارة الناتجة عن جزء من السيليكيا المطحونة صغيرة الحبيبات فى مليون جزء من الماء المقطر. تعين العكارة فى عينة الماء بالطرق الآتية:

باستخدام عامود أو شريط العكارة (Turbidity Rod or Tape)

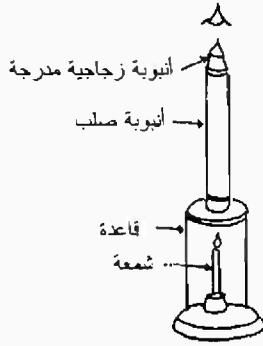
عامود العكارة عبارة عن عامود مدرج من الألومنيوم أو من الصلب، مثبت فى نهايته السفلى إبرة من البلاتين شكل (أ/٢). تكون العين عند النهاية العليا للعامود حيث توجد علامة توضح موضع العين مع وجود العين فى المكان المعين باستمرار وملاحظة الإبرة، يغمر العامود فى الماء. يتم إستمرار غمر العامود المدرج فى الماء مع استمرار ملاحظة الإبرة حتى إختفاء الإبرة من رؤية العين بسبب عكارة الماء. عندئذ يتم قراءة التدرج على العامود عند مستوى سطح الماء. العامود مدرج لإعطاء قراءة مباشرة للعكارة بالجزء فى المليون.



شكل (أ/٢) شريط قياس العكارة

جهاز جاكسون لقياس العكارة: (Jackson's Turbidimeter) شكل (أ/٣)

يستخدم هذا الجهاز لقياس العكارة أكثر من ٥٠ جزء في المليون. يتكون الجهاز من قاعدة معدنية ووعاء معدني لأنبوبة مدرجة. تستخدم الشمعة القياسية أو البصيلة القياسية كمصدر للضوء. مصدر الضوء يوضع على مسافة معينة من قاع الوعاء المعدني. لقياس عكارة الماء، فإنه يتم صب الماء ببطئ في الأنبوبة المدرجة مع إستمرار رؤية ضوء الشمعة القياسية أو البصيلة القياسية من أعلا خلال الماء عند الوصول إلى مرحلة إختفاء مصدر الضوء عن النظر، يتم التوقف عن صب الماء وأخذ الأنبوبة القياسية المدرجة لإعطاء قراءة مباشرة. القراءة عند مستوى الماء في الأنبوبة الزجاجية تكون هي مقياس لعكارة الماء شكل (أ/٣). كما توجد أجهزة أخرى لقياس العكارة.



شكل (أ/٣) جهاز جاكسون لقياس العكارة

الاختبارات الكيميائية:

تجرى الاختبارات الكيماوية طبقاً لمصدر مياه الصرف ونوع الملوثات وهي تشمل عموماً الآتي:

- المواد الصلبة الكلية - المتطايرة، العالقة.
- الأوكسجين الحيوي المطلوب (Biological Oxygen - BOD).

- الأكسجين الكيماوى المطلوب (Chemical Oxygen - COD).
- السمية.
- الرقم الهيدروجينى.
- الأملاح المذابة.

طرق تعيين المواد الصلبة الكلية والمتطايرة:

- يؤخذ حجم معلوم من عينة مياه الصرف مخلوطة جيداً فى طبق الحرق. يتم التسخين حتى ثبات الوزن W_1 يتم تبخير العينة حتى الجفاف عند 103°C لمدة ٢٤ ساعة. يتم التبريد فى المجفف ثم الوزن W_2 يتم الحرق عند 600°C لمدة ٣٠ دقيقة فى فرن الحرق. يتم التبريد فى المجفف وتسجيل الوزن النهائى (W_3)
- المواد الصلبة الكلية والمواد الصلبة المتطايرة يتم حسابها كالاتى:

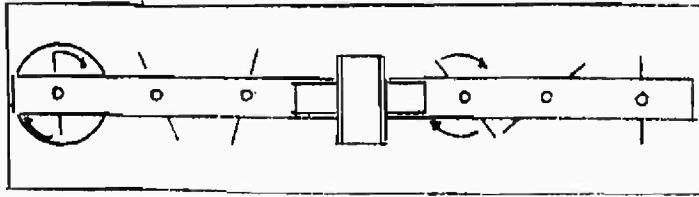
$$\text{المواد الصلبة الكلية} = \frac{100 \times (W_2 - W_1)}{\text{حجم العينة سم}^3} = \text{ملجرام/لتر.}$$

حيث الأوزان W_1 ، W_2 ، W_3 يتم تسجيلها بالملجرام / لتر.

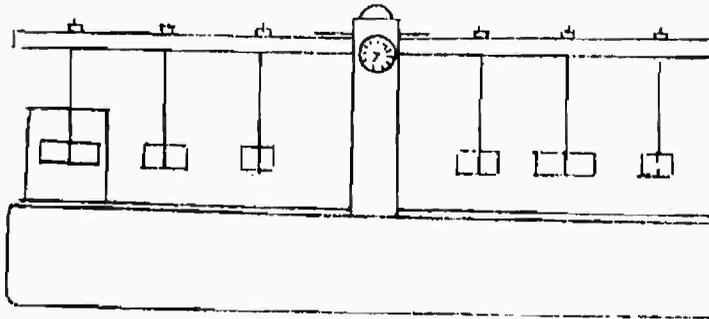
إختبار القنينة لتعيين جرعة المروب (Jar Test) شكل (أ/٤)

إن أفضل إختبار لتعيين جرعة المروب ولتعيين أفضل الظروف للترويب هو إختبار القنينة. إختبار القنينة وإن كان يتم بطريقة معملية إلا أنه يمثل الواقع. يتكون إختبار القنينة شكل (أ/٤) من قاعدة مضاءة معلق عليها عدة أزرع للخلط، عادة ستة أزرع متصلين بعامود إدارة واحد. يمكن تغيير سرعة الخلط لمحاكاة كلا من

الخلط السريع وعمليات الترويب. الترويب يتم محاكاته بإيقاف أزرع التقليل. فى إختبار القنينة يستخدم حتى ستة عينات منفصلة من مياه الصرف فى الجهاز. يتم تشغيل المحرك حيث تدور ريش التقليل بسرعة تقابل سرعة الخلط السريع لمحطة المعالجة الجارى محاكاتها. يستمر الخلط السريع. تضاف التركيزات المقترحة للمروب إلى القنينات المنفصلة (عادة عند بدء الاختبار). بعد تمام محاكاة الخلط السريع. يتم تبطئ القلابات لمحاكاة أزرع تقليل التزغيب. تكون الفترة الزمنية هى كذلك اللازمة للمرور خلال المزغيات (Flocculator). بعد تمام المرحلة، يتم إيقاف القلابات حيث تعطى الفرصة الزمنية لمدة ١٠ - ٣٠ دقيقة لرسوب الخليط أو لأى فترة زمنية لازمة للترسيب. تتم الملاحظ النظرية لخواص الترسيب لكل جرعة. يمكن إختبار المياه الرائفة فوق الراسب بالنسبة للعكارة واللون أو أى قياسات خاصة بإزالة المواد العالقة. من هذه الملاحظات يمكن تعيين أفضل جرعة يمكن استخدامها.



منظر علوى



منظر جانبى

شكل (١/٤) إختبار القنينة

اختبار الأوكسجين المذاب:

الأوكسجين الموجود فى عينة الماء يؤكسد المنجنيز ثنائى التكافؤ إلى التكافؤ الأعلى والذى يرسب كأوكسيد مائى بنى وذلك بعد إضافة إيدروكسيد الصوديوم وأيوديد البوتاسيوم (KI). مع إضافة حامض المنجنيز على التكافؤ يتحول إلى الثنائى حيث ينطلق اليود من أيوديد البوتاسيوم الذى يعادل الأوكسجين المذاب فى الماء. يتم معايرة اليود الحر بواسطة (Na₂ S₂ O₃ - N/80) باستخدام النشا ككاشف. يلاحظ وجود تداخلات من أيون الحديدىك، النيتريت، الكتل الميكروبية، المواد الصلبة العالقة بما يتطلب أن يؤخذ فى الاعتبار خفض هذه التداخلات.

الأوكسجين الحيوى المطلوب (Biological Oxygen Demand - BOD)

وجود الاكسجين ضرورى لحياة الكائنات الحية الدقيقة. التحلل الهوائى للمواد العضوية يستمر مع وجود الاكسجين فى مياه الصرف، ومع نفاذ الاكسجين يبدأ التحلل اللاهوائى حيث يبدأ ظهور الرائحة المنفرة، لذلك فإن تحلل المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجى يحتاج إلى الاكسجين الذى تستخدمه الكائنات الحية الدقيقة الهوائية. مدة التحلل الهوائى تزداد بزيادة نسبة الاكسجين اللازمة للأكسدة البيولوجية للمواد القابلة للتحلل البيولوجى عند درجة حرارة معينة خلال فترة زمنية محددة. ينشط التحلل الهوائى بارتفاع درجة الحرارة ويقل بانخفاضها. لذلك فإنه يلزم تحديد درجة الحرارة والوقت أثناء إختبارات الأوكسجين الحيوى المطلوب. لقد أثبتت الإختبارات أن التحلل الهوائى للمواد العضوية يتم فى مرحلتين، حيث يتم أولاً أكسدة المواد الكربونية، أما المواد العضوية النيتروجينية فإنها تتحلل فى المرحلة التالية.. فى المرحلة الأولى يكون الأوكسجين الحيوى المطلوب (BOD) حوالى ٩٠% من إجمالى الأوكسجين الحيوى المطلوب. لهذا فإن الإهتمام يكون فقط

بالمرحلة الأولى والتي تستغرق فقط خمسة أيام ولذلك سمي الأكسجين الحيوى المطلوب (BOD5).

إختبار الاكسجين الحيوى (BOD5)

الأكسدة الكاملة للمادة العضوية تستغرق 2-3 شهر ولكن خلال عشرة أيام يستنفذ حوالى 90% من الأكسجين الحيوى، وبعد ذلك ينخفض معدل إستهلاك الأكسجين فى المعمل عادة يتم إختبار BOD خلال 5 يوم حيث خلال هذه المدة يستنفذ 70% من الأكسجين الحيوى.

لعمل الإختبار فإن عينة مياه الصرف الخالية من المواد الحافظة يتم تخفيفها فى الماء بنسبة 1:100 (أى جزء من مياه الصرف، 99 جزء من الماء. الماء المستخدم فى التخفيف به أكسجين زائد ومذاب والذي يتم تحديده قبل التخفيف. يتم وضع العينة المخففة فى حضانة عند متوسط درجة حرارة 20.0 م لمدة 5 أيام. تعين كمية الأكسجين المذاب بعد التحضين. الفرق بين كمية الأكسجين الموجود فى الماء أولا وفى نهاية التحضين هى كمية الاكسجين الحيوى المطلوب لمياه الصرف أحيانا وللحصول على نتائج أكثر دقة فإنه يتم كذلك تحضين عينة من الماء المستخدم فى عملية التخفيف فى نفس الحضانة جنباً إلى جنب مع مياه الصرف لمدة 5 أيام. الإختلاف فى المحتوى من الأكسجين المذاب فى عينة ماء الصرف وماء التخفيف بعد التحضين هو الأكسجين الحيوى المطلوب لمياه الصرف.

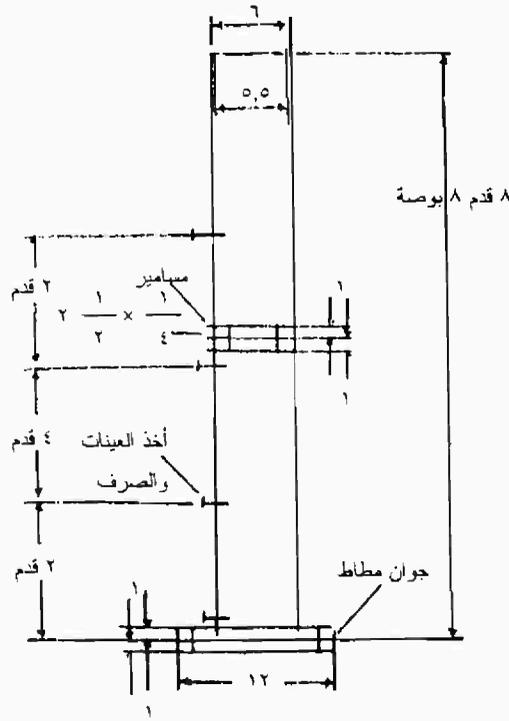
الأكسجين الكيماوى المطلوب (COD)

هذا الاختبار هو قياس للأكسجين المطلوب لأكسدة المواد العضوية التى تتأكسد بيولوجياً وتلك التى لاتتأكسد بيولوجياً (Refractory). تستغرق تجربة تعيين

الأكسجين الكيماوى المطلوب ٥ ساعات بخلاف تجربة تعيين الاكسجين الحيوى المطلوب والتي تستغرق ٥ أيام فى هذا الاختبار تتأكسد المادة العضوية تماما بواسطة مادة بوتاسيوم داى كروميت ($K_2 Cr_2 O_7$) فى وجود حامض الكبريتيك لإنتاج ثانى أكسيد الكربون والماء. وقد تستخدم فى أكسدة المواد العضوية كذلك مادة برمنجنات البوتاسيوم، حيث الزيادة فى برمنجنات البوتاسيوم المتبقية بعد التفاعل يتم معايرتها باستخدام $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$. المستهلك من الداى كروميت أو البرمنجنات بين الأكسجين اللازم للأكسدة الكيماوية لكل المواد العضوية الكربونية القابلة وغير القابلة للتحلل البيولوجى.

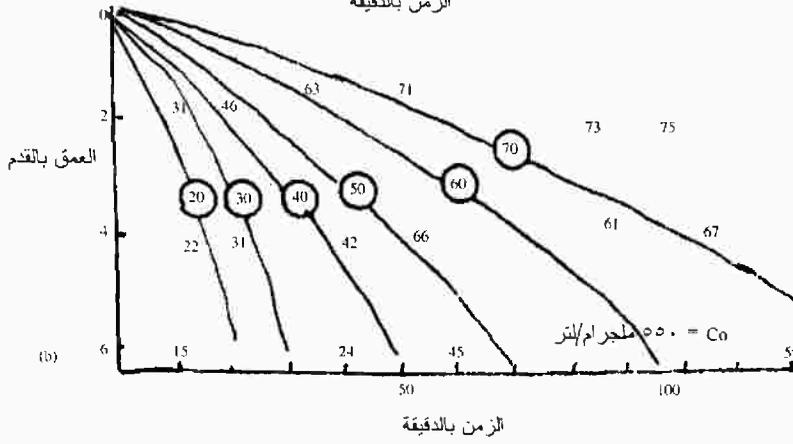
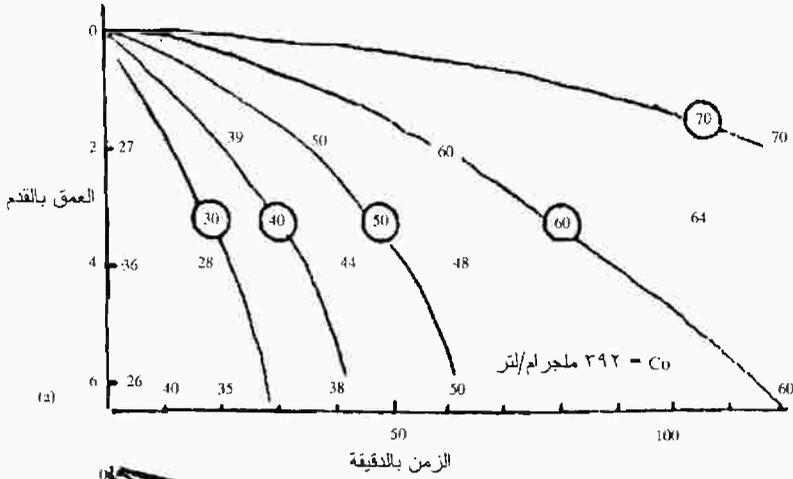
إختبار تعيين سرعة الترسيب والتحميل السطحي:

يتم الاختبار المعملى لدراسة الترسيب فى عامود من النوع الموضح فى الشكل (٥/أ). أقل قطر للعامود ٥ بوصة (١٢,٧سم). يكون الصنبور بفواصل ٢ قدم من العمق. يجب أن يكون تركيز المواد الصلبة العالقة متجانس مع بدء الاختبار، دفع الهواء من قاع العامود لعدة دقائق يحقق هذا التجانس. من المهم كذلك ثبات درجة الحرارة أثناء فترة الاختبار لمنع حدوث تداخلات الترسيب بالتيارات الحرارية. تعيين المواد الصلبة العالقة من العينات التى يتم سحبها عند فترات زمنية معينة حتى ١٢٠ دقيقة. البيانات التى يتم جمعها من أعماق ٢ قدم، ٤ قدم، ٦ قدم تستخدم لتعيين العلاقة بين معدل الترسيب والوقت.



شكل (١/٥) عامود ترسيب معملى لتقييم الترسيب

النتيجة المتحصل عليها يعبر عنها بنسبة الإزالة للمواد الصلبة العالقة عند كل صنوبر والفترة الزمنية. يتم توقيع هذه الإزالات مقابل الأعماق والأوقات كما هو موضح في الشكل (١/٥). يتم رسم منحنيات لتوصيل النقاط ذات الإزالة المتساوية. المنحنيات التي تم توقيعها مثل أقصى ممر ترسيب للنسبة المثوية الموضحة، أى أن النسبة المثوية المحددة للمواد الصلبة العالقة سيكون لها ممر ترسيب مساوى أو أكبر عند الموضح، ولذلك سيتم إزالتها فى حوض ترسيب مثالى لنفس العمق وزمن المكث. حساب الإزالة يمكن توضيحه من البيانات فى الشكل (١/٦).



شكل (أ/٦) علاقات الترسيب للمروب

معدل التدفق السطحى V_0 هو العمق المؤثر h مقسوما على الزمن اللازم لنسبة معطاه لترسب هذه المسافة. كل الحبيبات ذات سرعة ترسيب مساوية أو أكبر من V_0 سوف تزال فى حوض ترسيب له معدل تدفق سطحى V_0 . الأجسام ذات سرعة ترسيب أقل V سوف تزال بنسبة $\frac{V}{V_0}$. مثال بالإشارة إلى الشكل (a - أ/٦) عند زمن مكث ٦٠ دقيقة، عند عمق ترسيب $h = V_0$ فإن $h = V_0$ فى

الساعة، يزال ٥٠% من المواد الصلبة العالقة تماماً، أى أن ٥٠% من الأجسام لاسرعة ترسيب تساوى أو أكبر من ٦ قدم فى الساعة.

الجسيمات فى كل ١٠% إضافية ستزال بنسبة $\frac{Y}{Y_0}$ أو بنسبة متوسط عمق الترسيب إلى كل العمق ٦ قدم. متوسط العمق الذى تم عنده ترسيب ٥٠% - ٦٠ فى الشكل (١/٥) هو ٣,٦ قدم. نسبة الإزالة لهذا الجزء هى لذلك $\frac{3,6}{6}$ أو ٦٣% من الـ ١٠%. كل نسبة تالية يتم حسابها بنفس الطريقة.

إجمالى الإزالة للمواد الصلبة العالقة بنسبة ٦٢% تتم عند معدل تدفق سطحى ٦ قدم / الساعة = ١٠٨٠ جالون/اليوم. القدم المربع [٤٤ متر مكعب فى اليوم على المتر المربع] وعند زمن مكث ٦٠ دقيقة. بنفس الطريقة يمكن حساب مختلف نسب الإزالة، معدلات التدفق اللازمة لها، وزمن المكث.

نظراً لأن النتائج المعملية تمثل حالة ترسيب مثالية، حيث يلزم أن يؤخذ فى الاعتبار عند التصميم تأثيرات الاضطراب، قصر المسافة، الفقد عند الدخول وعند الخروج. النتيجة النهائية لهذه العوامل هو خفض معدل التدفق وزيادة زمن المكث عن نتائج الاختبار المعملى. كقاعدة عامة يتم خفض معدل التدفق بمعامل ١,٢٥ إلى ١,٧٥ وزمن المكث يزداد بمعامل ١,٥ إلى ٢.

الإختبارات البيولوجية:

الإختبارات البيولوجية لمياه الصرف ومسطحات المياه الطبيعية تتم لتعيين أنواع البكتريا والحياة البيولوجية. تتم الإختبارات البيولوجية باستخدام الميكروسكوب، حيث يسمح للبكتريا بالنمو والتكاثر فى ظروف بيئية مناسبة وفى مجال الإستنبات (Culture media). مجال الاستنبات يمكن أن يكون صلب أو سائل. يتم إضافة مياه الصرف فى مجال الاستنبات والوضع فى حضان (Incubator) عند

درجة حرارة معينة مناسبة لنمو وتكاثر البكتريا. تبدأ البكتريا فى تكوين تجمعات (Colonies) من سلالة الخلايا فى المجال الصلب حيث يمكن رؤيتها بالميكروسكوب. نوع البكتريا يتم مشاهدته مباشرة بالميكروسكوب كما يمكن قياس أبعادها باستخدام الميكروميتر (Stage Micrometer). بعض مجموعات معينة من البكتريا تنتج تغيرات معينة فى وسط الاستنبات الصلب مثل إنطلاق غاز أو التغير فى اللون. التنقية الذاتية للماء تعتمد مباشرة على وجود البكتريا، الفطريات، طحالب البروتوزوا... الخ. وجود الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض يوضح درجة التلوث للمجال المائى.

ملحق (ب) معايير الصرف للمخلفات

مادة ٦٦ من القانون ١٩٨٩/٤٨:

أ- فى الصرف على مسطحات المياه غير العذبة:

يجب أن يتوفر فى مياه الصرف الصحى والمخلفات الصناعية السائلة التى يرخص بصرفها إلى مسطحات المياه الغير عذبة المعايير والمواصفات فى الجدول التالى:

الجدول التالى يوضح معايير الصرف على المجارى المائية غير العذبة

مياه صرف صناعى	مياه صرف صحى	البيان
لايزيد عن ٣٥ م	لايزيد عن ٣٥ م	درجة الحرارة
٩-٦	٩-٦	الرقم الهيدروجينى
لايزيد عن ٦٠ ملجرام/لتر	لايزيد عن ٦٠ ملجرام/لتر	الأكسجين الحيوى المطلوب
		الأكسجين الكيماوى المطلوب
لايزيد عن ١٠٠ ملجرام/لتر	لايزيد عن ٨٠ ملجرام/لتر	النداءى كرومات
لايزيد عن ٥٠ ملجرام/لتر	لايزيد عن ٤٠ ملجرام/لتر	البرمنجنات
	لايقل عن ٤ ملجرام/لتر	الأكسجين المذاب
١٠	١٠	الزيوت والشحوم
٦٠	٥٠	المواد العالقة
	خالية من المواد الملوثة	المواد الملوثة
١	١	الكبريتيدات

مياه صرف صناعى	مياه صرف صحى	البيــــــــان
٠,١	---	السيانيد
٠,١	---	الفوسفات
٤٠	٥٠	النترات
٠,٥	---	الفلوريدات
٠,٠٠٥	---	الفينول
١	١	مجموعة المعادن الثقيلة
---	---	المبيدات
٥٠٠٠	٥٠٠٠	القولونيات فى ١٠٠سم ^٢

وفى حالة صرف مياه الصرف الصحى أو مخلفات صناعية سائلة مختلطه بمياه الصرف الصحى إلى مسطحات المياه غير العذبة فإنه يجب بناءا على طلب الجهة الصحية المختصة معالجة المياه المنصرفة بالكور للتطهير قبل صرفها بحيث لايقل الكلور المتبقى بعد ٢٠ دقيقة من إضافته عن ٠,٥ ملجرام فى اللتر. وبحيث أن تكون أجهزة ومواد التطهير جاهزة للعمل بصفة مستمرة لإنجاز هذه المعالجة عند طلب إجرائها. كما يجب أن تبقى مسطحات المياه غير العذبة التى يرخص بصرف المخلفات السائلة المعالجة إليها فى حدود المعايير والمواصفات كما فى الجدول التالى:

الجدول التالى يوضح معايير ومواصفات مسطحات المياه غير العذبة التى يجب أن تبقى عليها

بعد صرف المخلفات السائلة المعالجة إليها

المعايير	البيــــــــان
لا تزيد عن ٥م فوق المعدل السائد	درجة الحرارة
لا يقل عن ٤ ملجرام/لتر فى أى وقت	الأكسجين المذاب
لا يقل عن ٦,٥ ولا يزيد عن ٨	الرقم الهيدروجينى
لا تزيد عن ٠,٥ ملجرام/لتر	المنظفات الصناعية
لا يزيد عن ٠,٠٠٥ ملجرام/لتر	الفينول
لا تزيد عن ٥٠ وحدة	العكارة
لا تزيد عن ٦٥٠ ملجرام/لتر	المواد الصلبة المذابة
لا يزيد عن ٥٠٠٠	العد الإجمالى للمجموعة القولونية فى ١٠٠سم ^٢

وفي حالة صرف المخلفات السائلة إلى البحيرات فإنه يجب مراعاة ألا يزيد عدد البكتريا القولونية عن ٧٠ لكل ١٠٠ سم^٢ من مياه البحيرة، كما يجب ألا يزيد عددها عن ٢٣٠ لكل ١٠٠ سم^٢ في $\frac{1}{10}$ من العينات المأخوذة من مياه البحيرة في موسم الصيد وذلك لعدم تأثير هذه المخلفات على الثروة السمكية.

ب- المعايير والمواصفات الواجب توافرها في المخلفات السائلة التي يرخص بصرفها في المجارى العامة سواء كان الصرف من الأنشطة التجارية أو الصناعية هي:

- درجة الحرارة لا تزيد عن ٤٠م.
- الرقم الهيدروجيني ما بين ٦-١٠.
- المواد المذابة لا تزيد عن ٢٠٠٠ ملجرام/لتر.
- لا تزيد المواد العالقة القابلة للتسيب عن ٥٠٠ ملجرام/لتر.
- وحبث لا تزيد المواد الصلبة الراسبة عن ٥ سم^٢ في اللتر في ١٠ دقائق ولا تزيد عن ١٠ سم^٢ في اللتر في ٢٠ دقيقة.
- لا يزيد الأكسجين الحيوى عن ٤٠٠ جزء في المليون.
- لا يزيد الاكسجين الكيماوى (الداى كرومات) عن ٧٠٠ جزء في المليون.
- لا يزيد الاكسجين الكيماوى (البرمنجنات) عن ٣٥٠ جزء في المليون.
- لا يزيد الكبريتيد عن ١٠ جزء في المليون مقدرا على أساس الكبريت.
- لا يزيد السيانيد عن ٠,١ جزء في المليون.
- لا يزيد الفوسفات عن ٥ جزء في المليون.
- لا تزيد النترات عن ٣٠ جزء في المليون.
- لا تزيد الفلوريدات عن ١ جزء في المليون.

- لايزيد الفينول عن ٠,٠٠٥ جزء فى المليون.
- لايزيد الأمونيا عن ١٠ جزء فى المليون.
- لايزيد الكلور الحر عن ١٠ جزء فى المليون.
- لايزيد ثانى أكسيد الكبريت عن ١ جزء فى المليون.
- لايزيد الفورمالدهايد عن ١٠ جزء فى المليون.
- لايزيد نسبة الشحوم والزيوت عن ١٠٠ جزء فى المليون.
- الفضة، الزئبق، النحاس، النيكل، الزنك، الكروم، الكادميوم، الزنك. يجب ألا تزيد نسبتهم منفردة لكل منهم أو متجمعه عن ١٠ جزء فى المليون إذا لم يتجاوز حجم المخلفات المنصرفة ٥٠ متر مكعب فى اليوم. ولا تزيد عن ٥ جزء فى المليون فى حالة زيادة حجم المخلفات المنصرفة إلى شبكة المجارى عن ٥٠ متر مكعب فى اليوم.
- ألا يزيد مجموع الفضة والزئبق عن ١ جزء فى المليون.
- كما يجب أن تخلو المخلفات السائلة من المواد المتطايرة والمذيبات العضوية وأى مواد قابلة للإشتعال وأى مواد متلفه للشبكة أو لمحطة المعالجة أو ملوثة. كما يجب أن تخلو من أى مبيدات أو مواد مشعة ولو بكميات صغيرة جداً.

ملحق (ج)

التقييم لنتائج الرصد والتحليل ومتطلبات المعالجة المسبقة والميزان المادى

تقييم كمية وتركيز مياه الصرف الصناعى بالوحدات من الملوثات لكل وحدة من المنتج. فمثلاً، فى صناعة الصلب فإن أحد القياسات لمياه الصرف الصناعى الملوثة بالسيانيد هو كيلو جرام من السيانيد لكل كيلو جرام من الصلب المنتج، وفى صناعة الورق ولب الورق يقيم التلوث البيولوجى بالكيلوجرام من الأكسجين الحيوى (BOD) لكل طن من لب الورق المنتج. باستخدام هذه الوحدات يمكن تقييم تركيز الملوثات فى مياه الصرف الصناعى. وإن كانت المعايير المقررة هى بقياس الملوثات كجزء فى المليون من مياه الصرف الصناعى.

١- المعالجة المسبقة: Pretreatment

أ- فى الصرف على مسطحات المياه غير العذبة:

على ضوء نتائج الرصد والتقييم تتم عمل الخطوة الأولى وهى المعالجة المسبقة. تتوقف درجة ونوع المعالجة المسبقة على المعالجة التالية وطريقة التخلص النهائى من المخلفات. فمثلا المعالجة المسبقة التى تسبق الاستعمالات الأرضية للمياه قد تتكون ببساطة من استخدام المصافى أو إزالة المواد الصلبة العالقة،

بالمقارنة فإن المعالجة المسبقة قبل الصرف على شبكات الصرف الصحى قد تتطلب معالجة طبيعية (استخدام المصافى وأحواض حجز الرمال وأحواض الترسيب الأولى)، معالجة بيولوجية ومعالجة كيميائية. وقد تكون ببساطة لضبط الرقم الهيدروجينى، وإزالة المواد الصلبة العالقة أو بعض العمليات الأخرى وهذه تتم أحيانا عند إعادة استخدام المياه فى العمليات الصناعية واستعادة المواد المذابة والمواد العالقة.

ضوابط المعالجة المسبقة التى تتم داخل المصنع لإزالة الملوثات من مياه الصرف الصناعى بما يسمح بمعالجتها فى محطات المعالجة لمياه الصرف الصحى، حيث أوصت منظمة حماية البيئة (EPA) بتقدير حدود المعالجة المسبقة لنوع معين من الملوثات كالاتى:

$$Y = \frac{X}{1 - R}$$

حيث:

Y = قيمة الملوث فى مياه الصرف الصناعى بعد المعالجة المسبقة بالملجرام/لتر.

X = قيمة الملوث فى مياه الصرف بعد المعالجة فى محطة معالجة مياه الصرف الصحى والتى يسمح بصرفها على المسطحات المائية غير العذبة طبقا للمعايير المقررة بقانون البيئة ٩٤/٤.

R = قيمة قدرة محطة المعالجة على إزالة الملوث. تقيم برقم عشري.

مثال:

إذا كان الحمل العضوى لموث فى مياه الصرف المعالجة طبقاً للمعايير المقررة هو ٨٠ جزء فى المليون بالنسبة للأكسجين الكيماوى المطلب (COD)،

وكانت قدرة محطة المعالجة فى الإزالة هى ٦٠%. فإن المعالجة المسبقة يجب أن تحقق قيمة هذا الملوث قبل دخولها محطة معالجة مياه الصرف الصحى وبعد المعالجة المسبقة كالتالى:

$$Y = \frac{80}{1 - 0.6} = \frac{80}{0.4} = 200 \text{ Mg/L}$$

أى أنه يجب عدم زيادة الحمل العضوى (COD) مقيسم كأكسجين كىماوى مطلوب عن ٢٠٠ ملجرام/لتر.

عمليات المعالجة المسبقة تشمل:

عمليات طبيعية وهى:

- تنظيم وتسوية التدفقات داخل المصنع (Equalization).
- إزالة المواد العالقة والطافية.

عمليات كىماوية وتشمل:

- ضبط الرقم الهيدروجينى بالتعادل.
- إزالة المعادن الثقيلة.

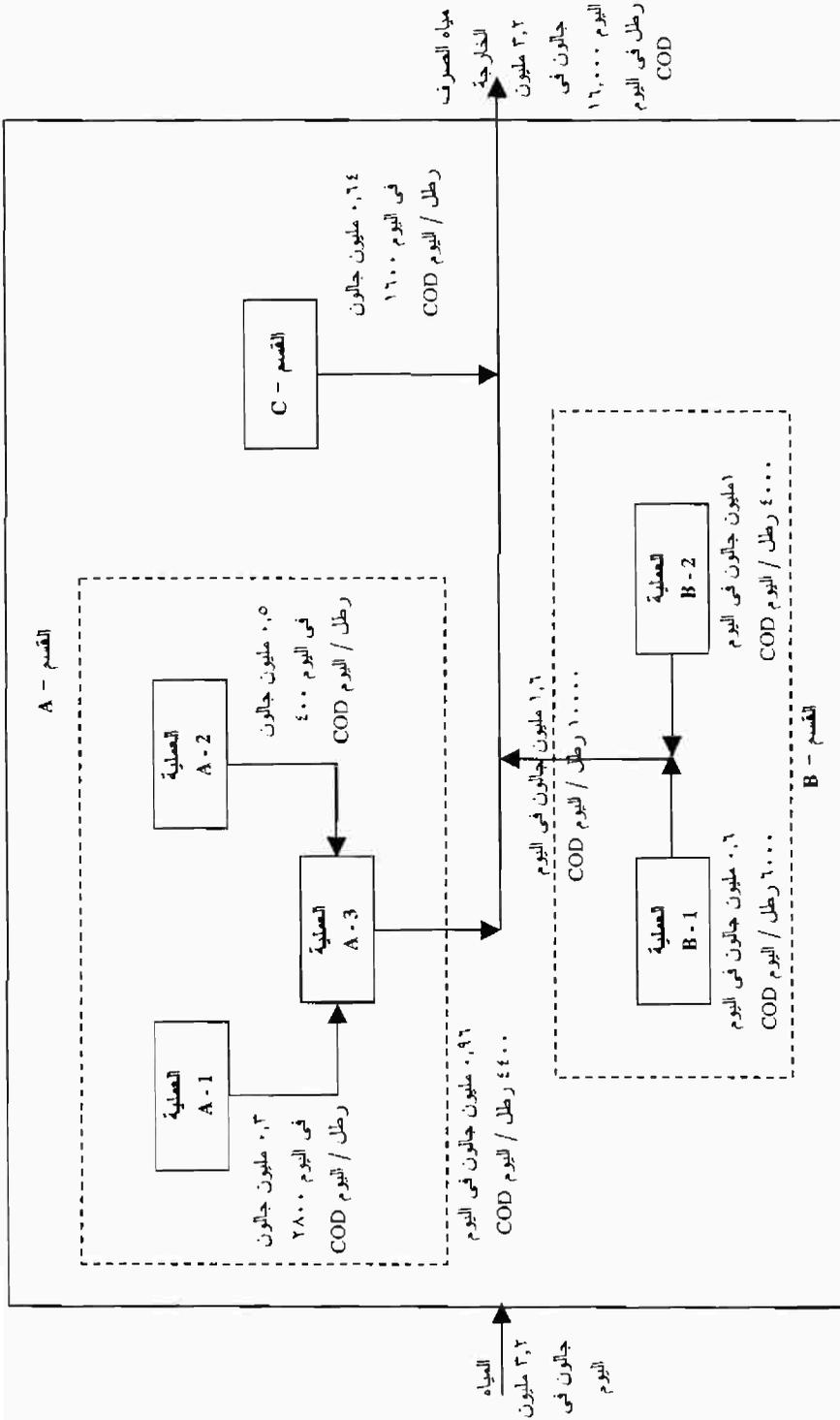
عمليات بيولوجية:

- إزالة/خفض الملوثات من المواد العضوية.

٢- الميزان المادى: Material Balance

مثال لعمل الميزان المادى كما فى الجدول التالى: من الشكل (١/ج) الذى يوضح التدفقات والأحمال من الملوثات نتيجة المباحث الحقلية.

النسبة المئوية للكلى	COD رطل فى اليوم	COD ملجرام/لتر	النسبة المئوية للكلى	التدفق مليون جالون فى اليوم	المصدر
					القسم A
١٧,٥	٢٨٠٠	١١٠٠	٩,٤	٠,٣	العملية A-1
٢,٥	٤٠٠	١٠٠	١٥,٦	٠,٥	العملية A-2
٧,٠	١٢٠٠	٩٠٠	٥,٠	٠,١٦	العملية A-3
٢٧	٤٤٠٠	٥٤٠	٣٠	٠,٩٦	إجمالى
					القسم B
٣٨	٦٠٠٠	١٢٠٠	١٨,٨	٠,٦	العملية B-1
٢٥	٤٠٠٠	٤٨٠	٣١,٢	١	العملية B-2
٦٣	١٠٠٠٠	٧٥٠	٥٠	١,٦	إجمالى
١٠,٠	١٦٠٠	٣٠٠	٢٠,٠	٠,٤٦	القسم C
١٠٠	١٦٠٠٠	٦٠٠	١٠٠	٣,٢	إجمالى المصنع



شكل (ملحق ج) مثال للتدفق وللأحمال من الملوثات للميزان المادي نتيجة المباحث الحقيقية

ملحق (د)

القواعد التصميمية لتكنولوجيا المعالجة الكهروكيميائية لمياه الصرف الصناعي

تستخدم الطرق الكهروكيميائية فى معالجة مياه الصرف الصناعي فى العمليات الآتية:

- الترويب Coagulation.
- الطفو.
- الطفو والترويب.
- الأكسدة.

حيث يستخدم لذلك أحواض التحليل الكهربى التى تعمل بالتيار الثابت ويكون الأنود (+) من معدن قابل للإذابة أو غير قابل للإذابة، ويكون الكاثود (-) من معدن أو من الجرافيت. ويكون سائل الاليتروليت هو مياه الصرف الصناعي مضاف إليها كمية قليلة من كلوريد الصوديوم.

١- القوانين الكهروكيميائية المنظمة للتحليل الكهربى بالتيار الثابت:

العلاقة بين كمية المواد التى تذوب من معدن الأنود وكمية التيار الثابت المار خلال الدائرة تقدر بقانونى فارادى للتحليل الكهربى التى تنص على الآتى:

(١) كمية المواد المختلفة التى تتحرر عند الأقطاب تتناسب مع كمية التيار المار خلال المحلول.

(٢) كمية المواد المختلفة التى تتحرر عند الأقطاب بنفس كمية التيار الكهربى تتناسب مع تكافؤها الكيمىائى. أى أن كمية الكهرباء التى يجب مرورها لتحرير جرام واحد مكافئ من أى مادة عند القطب هى ٩٦٥٠٠ كولومب = ١ فارادى (IF) = 96500 Coulombs.

يمكن تلخيص قوانين فارادى رياضيا كالاتى:

$$(1) \quad q = e \times I \times T$$

حيث

q = كمية المادة التى تحررت عند الأنود.

e = هو حاصل قسمة المكافئ بالجرام على ٩٦٥٠٠ وهو ما يعرف بالمكافئ الكهروكيمىائى للمادة أو بعدد الجرامات التى تتحرر عند القطب بواحد كولومب من الكهرباء.

I = شدة التيار بالأمبير.

T = الوقت بالثانية.

(٣) تنشيط التحليل الكهربى: (Acceleration of Electrolysis) قوة التيار فى الدائرة الكهربية وكذلك فرق الجهد يجب أن يؤخذ فى الاعتبار فى عملية التحليل الكهربى.

باستخدام قانون أوم فإن قوة التيار تتناسب طرديا مع الفولت المستخدم أو الجهد (E) وتتناسب عكسيا مع المقاومة (R).

ولكن في حالة المحلول الأليكتروليتي فإنه يجب أن يؤخذ في الإعتبار فرق جهد الاستقطاب والذي يعارض التيار حيث يلزم طرحه من الجهد المستخدم وذلك عند حساب جهد التيار. ذلك لأن جهد التحلل (Decomposition - Voltage) لإليكتروليت سائل معين فإن قانون أوم في هذه الحالة يمثل بالمعادلة:

$$(2) \quad I = E - ED / R$$

يلاحظ أن كثافة التيار بخلاف القيمة الكلية لشدة التيار هي التي تعمل بوضوح في سائل الإليكتروليت. كثافة التيار هي النسبة ما بين شدة التيار بالأمبير إلى مساحة الأقطاب أما بالبوصة المربعة أو السنتيمتر المربع أو الديسيمتر المربع الذي عنده يتحرر العنصر المعين.

فعندما تكون شدة التيار واحد أمبير ومساحة الكاثود ٠.٠١ سم^٢ فإن كثافة التيار عند الكاثود هي ٠,٠١ أمبير/سم^٢. من الناحية العملية فإن الوقت اللازم للتحليل في المعادلة (١) وفرق الجهد في المعادلة (٢) يكون أكبر مما هو موضح في المعادلتين. لذلك فإنه يجب عمل تجارب نصف صناعية لتحقيق أقصى كفاءة.

لتعيين كثافة التيار فإنه يجب معرفة مساحة القطب. إذا كان القطب في شكل لوح مستطيل أو في شكل أسطوانة مفرغة فإن مساحته تكون ضعف مساحة وجهه التيار للمستطيل أو للأسطوانة.

مساحة قطب من الشبك المعدني (Wire Mesh Electrode) يمكن حسابه بدقة كافية من الناحية العملية بالمعادلة الآتية:

$$S = 2 \Pi d I b \sqrt{n}$$

حيث:

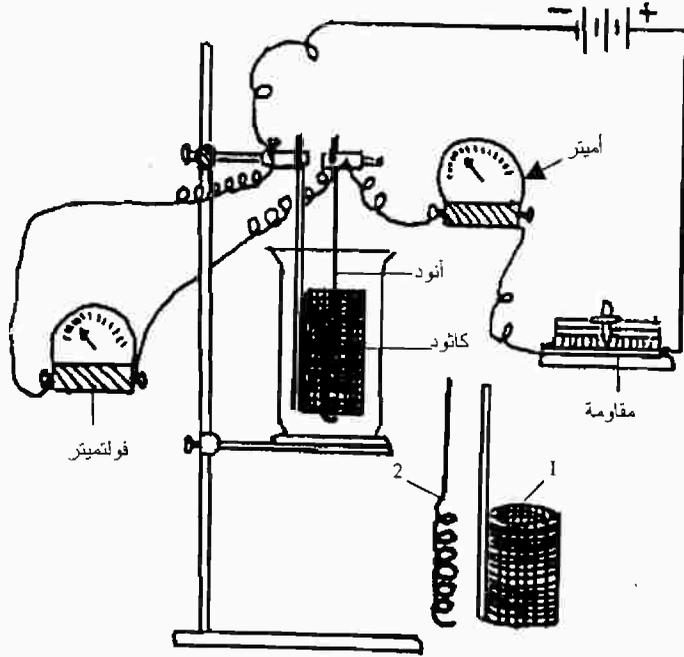
d = سمك سلك الشبك المعدنى.

I = طول الفتحة.

b = عرض الفتحة.

n = عدد التقاطعات للأسلاك فى السنتيمتر المربع.

يجب ملاحظة أنه فى حالة زيادة كثافة التيار فإن الترسبات المذابة من الأنود تكون أسفنجية وتلتصق على سطح الأنود (مع كبر السطح أى سهولة الأكسدة بأكسجين الهواء الجوى الشكل (د/1)).



شكل (د/1) نموذج معلى لبطارية المعالجة الكهروكيميائية

٢- عملية الترويب الكهروكيميائية:

عند وجود ملوثات في الماء في شكل مواد هلامية وغروبه منتشرة يتم معالجتها بتمرير مياه الصرف خلال جهاز التحليل الكهربى حيث يكون الأنود من الألومنيوم أو من الحديد الخردة. يتأين معدن الأنود تحت تأثير التيار الثابت حيث ينتقل إلى مياه الصرف ويختلط بها، عندئذ يحدث ترويب لجسيمات الملوثات العالقة الهلامية مع إيدروكسيدات الحديد أو الألومنيوم التى تكونت فى الماء. إذابة جرام واحد من الألومنيوم فى الماء يعادل إضافة ٦,٣ جرام من كبريتات الألومنيوم، إذابة جرام واحد من الحديد يعادل إضافة ٢,٩ جرام من كلوريد الحديدك، ٣,٦ جرام من كبريتات الحديدك. القدرة الكهربائية النظرية لإذابة جرام واحد من الألومنيوم هو ١٢ وات فى الساعة، ١٢ وات فى الساعة لإذابة جرام واحد من الحديد. يوصى بكثافة تيار لاتزيد عن ١٠ أمبير على السنتيمتر المربع، بحيث لاتزيد المسافة بين الأقطاب عن ٢سم ومعدل تدفق المياه بين الأقطاب لاتقل عن نصف متر فى الثانية. طريقة الترويب الكهروكيميائى يمكن أن تستخدم لمعالجة مياه الصرف التى تحتوى على جسيمات من الزيوت والشحوم، المنتجات البترولية والمواد العالقة بنسبة ٠,٣ - ٧,٥ جرام فى اللتر بالتتالى فى منشآت الترويب الكهروكيميائى حيث يكون التيار الثابت المار بكثافة ٠,٦ أمبير / ديسيمتر مربع وعند فرق جهد ١٠ - ١٨ فولت حيث تصل كفاءة التنقية إلى ٩٩%.

٣- عملية الطفو الكهروكيميائية:

نظرية المعالجة بالطفو الكهروكيميائى تبنى على أساس نقل جسيمات الملوثات العالقة من السائل إلى سطح السائل فى فقاعات الغاز التى تتكون بعملية التحليل الكهربى للماء. أثناء عملية التحليل الكهربى يتصاعد غاز الهيدروجين عند الكاثود كما يتصاعد غاز الأكسجين عند الأنود. الدور الرئيسى لعملية طفو الأجسام

العالقة تتم بواسطة فقاعات الهيدروجين، التى تكونت عند الكاثود. إستخدام الكاثود من نسيج السلك المعدنى (Wire Mesh) يقلل من حجم الفقاعات وبالتالي يزيد من كفاءة المعالجة بالطفو الكهروكيميائى.

٤- عملية الترويب والطفو الكهروكيميائى:

فى هذه العملية تستخدم أقطاب الأنودات من مواد مذابة مثل الحديد والألومنيوم حيث يذوب معدن الأنود، بما ينتج عنه دخول أيونات الألومنيوم أو الحديد إلى مياه الصرف وتتكون زغبات (Flocs) من الأيدروكسيدات. تزامن تكون زغبات الترويب وفقاعات الغاز يؤدي إلى توجيه فقاعات الغاز إلى الزغبات وزيادة كفاءة ترويب الملوثات، وهذا يزيد من كفاءة عملية الطفو.

تستخدم المعالجة بالترويب والطفو فى معالجة مياه الصرف من عملية تصنيع المواد البترولية، وصناعة الورق ولب الورق، وصناعة البويات واللاكيهات، وكذلك فى معالجة مياه الصرف من صناعة المنسوجات فى مراحل الصباغة والتجهيز.

٥- الأكسدة الكهروكيميائية:

فى بطاريات الأكسدة الكهروكيميائية تستخدم أنودات من مواد غير مذابة مثل أقطاب الجرافيت، ثانى أكسيد الرصاص، المنجنيز، أكاسيد الراتريوم وأكاسيد الكوبالت التى تغطى أساس من التيتانيوم. أما بالنسبة للكاثود فإنه يصنع عادة من الرصاص أو من سبائك الزنك أو من سبائك الصلب. لزيادة كفاءة عملية الأكسدة الكهروكيميائية يضاف ملح معدنى والذى هو عادة كلوريد الصوديوم حيث يساهم فى عملية الأكسدة. هذه الطريقة مناسبة للاستخدام فى معالجة الملوثات العضوية وغير العضوية عالية التركيز وحيث يكون حجم مياه الصرف صغير. عملية

التحليل الكهربى حيث الأوكسدة الأنودية تسبب تدمير المواد العضوية مكونه مواد وبسيطة أو منتجات نهائية لعملية الأوكسدة (مثل الأحماض العضوية، ثانى أكسيد الكربون والماء). هذه الطريقة يوصى بها فى معالجة مياه الصرف من مواد الصبغات النيتروجينية (Azodyes). فى حالة الصبغات النيتروجينية (صبغات الأزو) فإنه يتأكسد حتى ٩٠% بواسطة الكلور المنتج بالطريقة الكهروكيميائية حيث يكون تركيز كلوريد الصوديوم من ٥-١٠ جرام/لتر، وباقى الـ ١٠% من الصبغة يتأكسد مباشرة.

درجة التنقية بالأوكسدة الكهروكيميائية تتوقف على الرقم الهيدروجينى للمجال المائى وكذلك على كثافة التيار. فقد وجد أنه لأوكسدة محاليل صرف صبغات الأنتراكينون وصبغات الأزو يلزم توفر مجال مائى متعادل. عملية الأوكسدة تتم بطريقة جيدة عند كثافة تيار منخفض لايزيد عن ٣ أمبير/ديسمتر مربع فى حالة إحتواء مياه الصرف على عدد قليل من أيونات الكلور (١,٩ جرام/لتر)، وعند كثافة تيار من ٨-٢٠ أمبير/ديسمتر مربع فى حالة المحتوى العالى من الملح فى مياه الصرف حيث يكون تركيز كلوريد الصوديوم ١٠٠ جرام فى اللتر أو أكثر. درجة الانخفاض فى الأوكسجين الكيماوى (COD) هى حوالى ٨٥%.

المعالجة بالنسبة لمختلف أنواع مياه صرف الصبغات حيث المحتوى من (COD) حوالى ١٠ جرام/لتر، تتم باستخدام أنودات من الريثيريوم وكثافة تيار ١٥ أمبير على الديسمتر المربع (درجة حرارة ٧٠م، الرقم الهيدروجينى ٨-٩، كلوريد الصوديوم ١٠٠ جرام/لتر).

العامل الهام فى جدوى إستخدام الطريقة الكهروكيميائية فى معالجة مياه الصرف هو كمية الطاقة الكهربائية اللازمة. طبقا لبيانات الأبحاث والتجارب التى

أجريت فإن كمية الطاقة اللازمة لأكسدة جرام واحد من الصبغة باستخدام الكلور النشط التى ينتج بالطريقة الكهروكيميائية هو ٠,٢٥ - ٠,٣٥ كيلوات ساعة.

عند التحليل الكهربى لمياه الصرف للصبغات مع استخدام الأنودات التى تذوب فإنه يمكن تحقيق التنقية للمياه أساسا بالترويب الكهربى وإذابة مادة الأنود- إيدروكسيد المعدن المتكونة تعمل على إدمصاص المادة الهلامية من الصبغات وذلك رغم أن عمليات كهروكيميائية أخرى قد تحدث بما يجعل الملوثات نفسها تساهم فى العمل كمروبات. لمعالجة مياه الصرف تستخدم الأنودات المذابة من الصلب ٣ المقاوم، حيث الاستهلاك من الأنود يتراوح ما بين ٥ إلى ٢٠٠ جرام/المتر المكعب. يوصى بعمل التحليل الكهربى خلال مجال كبير من كثافة التيار من ٠,٤ إلى ٦ أمبير/ديسيمتر مربع. وأقصى كمية لإزالة الصبغات النيتروجينية (AZO) هو ٠,٤ - ٠,٦ أمبير/ديسيمتر مربع. أيونات الكلور لها تأثير كبير على عملية تنقية المياه. فى حالة إضافة ١ جرام/التر من كلوريد الصوديوم إلى مياه الصرف فإن الوقت اللازم لإزالة اللون ينخفض إلى النصف. الاستهلاك الكهربى للإزالة الكاملة لصبغة الأذو من مياه الصرف المحتوية على ٠,١ جرام/لتر من هذه الصبغات بالتحليل الكهربى باستخدام الأيونات المذابة يقدر بحوالى ٠,١ - ٠,٣ كيلوات ساعة لكل جرام من الصبغة. مقارنة الأكسدة الكهروكيميائية للصبغات والتخلص منها بالترويب الكهربى من وجهة نظر استهلاك الطاقة نجد أن الأكسدة الكهروكيميائية مفضلة إلى حد ما.

بالنسبة لاختزال صبغة الأذو النيتروجينية على كاثود من الحديد فى غشاء مسامى (Diaphragm) لجهاز التحليل الكهربى (Electrolyser) إتضح أنه لتمام إزالة اللون من مياه الصرف عند كثافة تيار عالية (حتى ٧ أمبير / الديسيمتر المربع) فإنه يلزم لكل جرام من الصبغات ٠,٤ - ٠,٤٥ كيلوات فى ساعة والذى يعتبر

أكثر كثيراً عن الطاقة المستهلكة لعمل الأكسدة الكهروكيميائية أو الترويب الكهروكيميائي.

سليبات طرق الأكسدة (سواء كانت الأكسدة الكهروكيميائية أو بالكلور أو بالأوزون) لمعالجة مياه الصرف هي إستحالة إستعادة الصبغات الموجودة في مخلفات الصرف وكذلك استهلاك كمية كبيرة من المواد المؤكسدة والطاقة الكهربائية وذلك عند إحتواء مياه الصرف على كميات كبيرة من المواد العضوية عموماً. ولكن تعتبر المعالجة الكهروكيميائية لمياه الصرف المحتوية على الصبغات أقل في التكلفة بنسبة الثلث مقارنة بالمعالجة بالكلور بالإضافة إلى إنخفاض المحتوى من الأملاح المعدنية في المياه المعالجة.

ملحق (هـ)

الكيمائيات المستخدمة فى المعالجة الكيماوية للمياه

الغرض من المعالجة الكيماوية لمياه الصرف والمواد الكيماوية المستخدمة
موضح فى الجدول التالى:

جدول: الاستخدامات الرئيسية لبعض الكيماويات فى المعالجة لمياه الصرف

المواد الكيماوية	الإستخدام الرئيسى
١- السيليكات المنشطة (SiO_2)	المساعدة فى الترويب
٢- كبريتات الألمونيوم - الأمونيوم $AL_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 12H_2O$	الترويب
٣- الأمونيا الرطبة أو اللامائية NH_3 Or NH_4OH	إضافة الغذاء للبكتريا فى المعالجة البيولوجية
٤- كبريتات الألمونيوم (الشبه - Alum) $AL_2(SO_4)_3 \cdot XH_2O$	الترويب، إزالة الفوسفور من مياه الصرف (الصحي - الصناعى - الزراعى)
٥- كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2SO_4$	تنشيط السيليكات
٦- طفلة البنتونيت	المساعدة فى الترويب
٧- ايدروكسيد الكالسيوم، الجير الحى (CaO) أكسيد الكالسيوم الجير المطفى $Ca(OH)_2$ ايدروكسيد الكالسيوم	الترويب، التعادل للمياه الحامضية، إزالة الفوسفور

المواد الكيماوية	الإستخدام الرئيسى
٨- ثانى أكسيد الكربون CO ₂	التعادل، إعادة الكربنه
٩- كبريتات الحديدوز المكلوره (Chlorinated Copperas) Fe (SO ₄) ₂ - Fe CL ₂	الترويب
١٠- كلوريد الحديدك Fe cl ₃ . 6 H ₂ O Or Fe cl ₃	الترويب إزالة الفوسفور
١١- حامض الهيدروكلوريك (HCL)	التعادل، ضبط الرقم الهيدروجينى
١٢- حامض النيتريك (HNO ₃)	التعادل، ضبط الرقم الهيدروجينى للمياه القلوية، إضافة الغذاء ليكتريا المعالجة البيولوجية
١٣- حامض الفوسفوريك H ₃ PO ₄	إضافة الغذاء ليكتريا المعالجة البيولوجية
١٤- البلمرات (Polyelectrolytes)	التزغيب (Flocculation)
١٥- ألومينات الصوديوم (Na ₂ AL ₂ O ₄)	الترويب، ترسيب الفوسفور
١٦- كربونات الصوديوم (الصودا آشن)	ضبط الرقم الهيدروجينى
١٧- الصودا الكاوية Na (OH)	التعادل، ضبط الرقم الهيدروجينى
١٨- حامض الكبريتيك (H ₂ SO ₄)	التعادل، ضبط الرقم الهيدروجينى، تنشيط السيليكا.

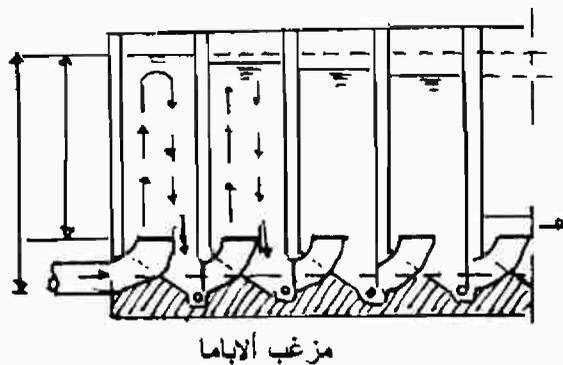
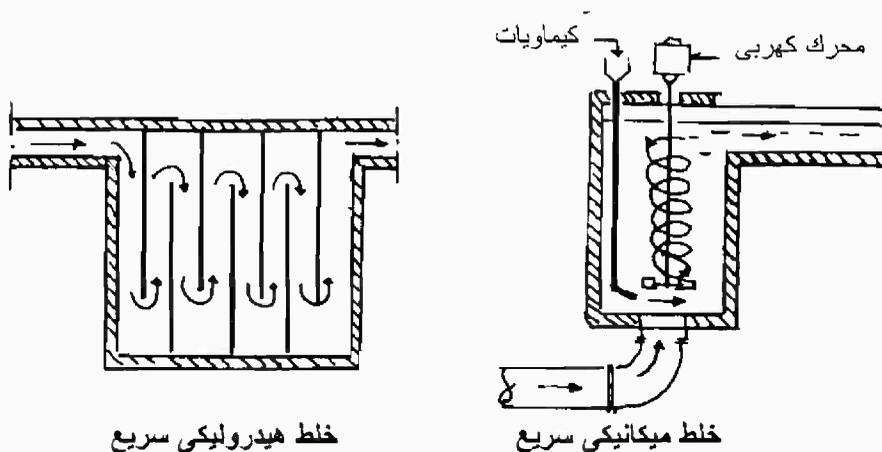
وتستخدم هذه الكيماويات فى الآتى:

- ١- التزغيب والترويب والمساعدة فى الترسيب.
- ٢- الترسيب أو عدم الإذابة للمواد المذابة.
- ٣- ضبط الرقم الهيدروجينى.
- ٤- إضافة الغذاء للنظم البيولوجية.

تعريف ومصطلحات:

١- التزغيب (Flocculation)

التزغيب هو عدم الثبات بتعادل الشحنة للأجسام العالقة والإلتصاق الأولى للمواد صغيرة الحجم والهلامية العالقة بمواد التزغيب غير العضوية ويتم ذلك بالخلط السريع شكل (١/هـ).



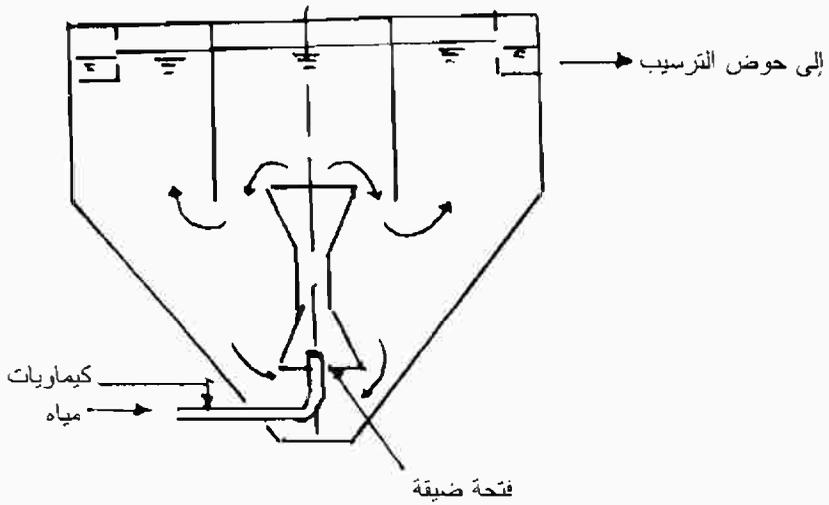
شكل (١/هـ) أنواع تجهيزات الخلط السريع لتكوين الزغبات

٢- مساعدات الترويب: (Coagulant Aids)

وتسمى كذلك المزغبات (Flocculant)، وهى مواد عضوية من البلمرات (Polyelectrolytes) الإليكترولنيتيه. تستخدم فى المساعدة وتحسين الترويب.

٣- الترويب: (Coagulation)

ويتم بالخلط البطئ بعد مرحلة التزغيب للمياه حيث تجميع والنصاق الزغبات المنكونه وبذا يزداد حجمها وكثافتها وتصبح قابلة للترسيب شكل (٢/هـ).



شكل (٢/هـ) الخلط السريع والخلط البطئ فى حوض واحد

٤- الترسيب: (Precipitation)

فى التفاعلات الكيماوية تحدث ظاهرة الترسيب عندما تتحول المادة المذابة فى محلول إلى الشكل الصلب غير المذاب نتيجة التفاعل الكيماوى فى أحواض الترسيب شكل (٣/هـ) الذى يوضح بعض نماذج لأحواض الترسيب

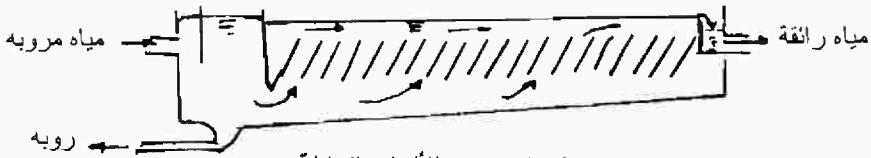
المستطيلة وذات القاع الواحد ومتعددة القاع وذات الألواح المائلة وأحواض الترسيب بالألواح المستديرة شكل (٣/هـ).



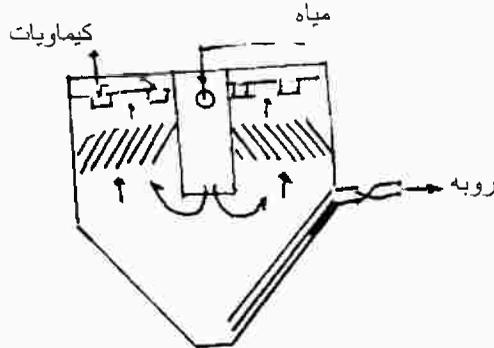
حوض ترسيب مستطيل بالتدفق الأفقي



حوض ترسيب متعدد القاع



حوض ترسيب بالألواح المائلة



حوض ترسيب بالألواح المائلة

شكل (٣/هـ) نماذج لأحواض الترسيب

معدل التّحميل السطحي لحوض الترسيب هو معدل التدفق مقسوماً على المساحة السطحية للحوض. (مثال: التّحميل السطحي لحوض ترسيب مساحته السطحية ٣٠ متر مربع ومعدل التدفق للمياه ٦٠ م^٣/ث = $\frac{٦٠ \text{ م}^٣/\text{ث}}{٣٠ \text{ م}^٢} = ٢ \text{ م}^٣/\text{ث}$).

ملحق (و)

الإدمصاص بالكربون المنشط

Activated Carbon Adsorbtion

الإدمصاص بالكربون المنشط (Activated Carbon Adsorbtion):

استخدم الكربون المنشط في نظم المعالجة لمياه الصرف التي تم معالجتها بيولوجيا حيث تمثل المعالجة بالكربون المنشط صورة من صور المعالجة الثلاثية. كما استخدم الكربون المنشط بدرجة أقل في محطات المعالجة الكيماوية - الطبيعية التي تستخدم الترويب الكيماوي والترشيح لإزالة الفوسفور والمواد الصلبة العالقة والإدمصاص بالكربون لإزالة المواد العضوية.

وصف العملية:

عند التصاق الكربون المنشط مع المياه المحتوية على مادة عضوية فإنه يزيل هذه المادة وذلك بإدمصاص الجزيئات ذات الاستقطاب (التأين) المنخفض، والترشيح للأجسام الكبيرة والحجز الجزئي للمادة الهلامية على السطح الخارجي للكربون المنشط. إزالة المواد العضوية بالإدمصاص يعتمد على التسرب إلى تقوَب إدمصاص الكربون خلال السطح الخارجي. حقيقة أن الكربون المنشط له مساحة سطحية عالية النشاط وكبيرة مقارنة بوحدة الوزن بما يجعله مادة إدمصاص

ذات كفاءة عالية. المساحة السطحية الكبيرة والنشاط لهذا السطح هو نتيجة لعملية التنشيط التى تنتج ثغوب كثيرة خلال حبيبة الكربون مع خلق مواقع نشطة على أسطح هذه الثغوب. طاقة الإدمصاص للكربون المنشط يحدث لها تشبع عند إمتلاء المسام المنشطة حيث يعتبر الكربون أنه استنفذ ويلزم تنشيطه.

طرق تنشيط حبيبات الكربون:

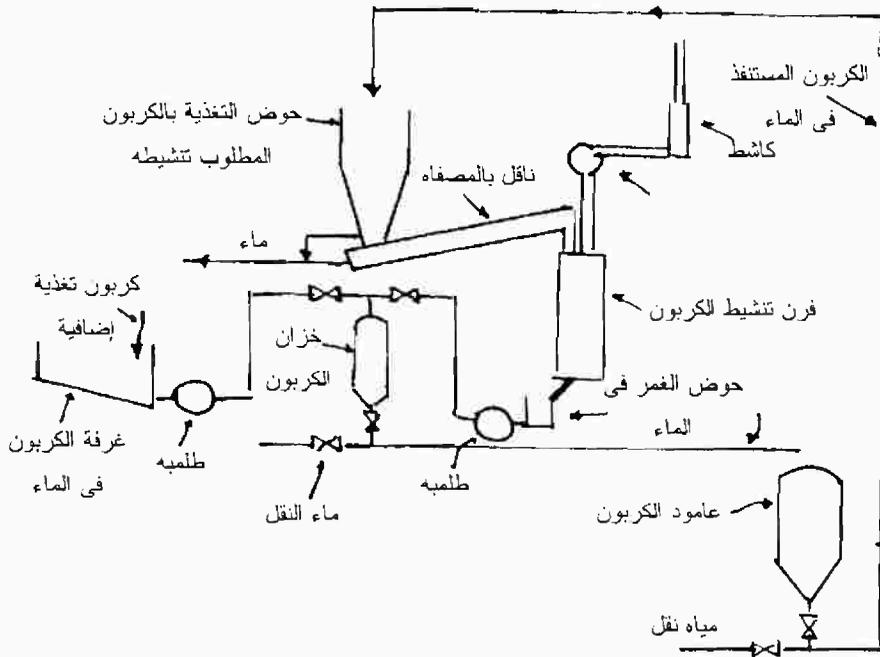
- ١- تمرير بخار الماء تحت ضغط منخفض خلال طبقة الكربون لتبخير وإزالة المادة العضوية التى تم إدمصاصها.
- ٢- استخلاص المواد الممتزة بواسطة مذيب.
- ٣- التنشيط بالطرق الحرارية.
- ٤- تعرض الكربون إلى الغازات المؤكسدة.

فى التطبيقات الصناعية استخدم التنشيط الحرارى للكربون، وذلك باستخدام الفرن الدوار (Rotary Kiln) والفرن متعدد المجرمة (Multiple Hearth Furnance). فى حالة الفرن الدوار يتحرك الكربون فى إتجاه معاكس لخليط من غازات الاحتراق والبخار المحمص حيث يتم إستعادة الكربون بنسبة ٩٠ - ٩٥%. فى حالة الفرن متعدد المجرمات فإنه يتم تسخين الفرن بما يكفى لحرق أول أكسيد الكربون والهيدروجين الناتج عن تفاعل التنشيط. يتم تحريك وتقليب الكربون بواسطة عامود إدارة مركب عليه ريش تقليب وذلك لرفع الحبيبات الجديدة إلى السطح باستمرار. نسبة الإستعادة ٩٠ - ٩٥ مع قدرة إدمصاص للكربون المنشط تشبه تلك للكربون الجديد.

مخطط التنشيط يشمل:

- النقل الهيدروليكي للكربون في الماء (Slurry) إلى وحدة التنشيط.
- التغذية للفرن لتبخير الماء وأكسدة الملوثات التي تم إدمصاصها.
- تبريد الكربون بالماء.
- الغسيل بالماء والنقل الهيدروليكي للكربون ثانياً إلى أعمدة إعادة الاستخدام.

الشكل (و/١) يوضح نظام نقل وتنشيط الكربون.



شكل (و/١) نظام تنشيط ونقل الكربون

التطبيقات:

تستخدم حبيبات الكربون المنشط فى معالجة مياه الصرف كعملية معالجة ثلاثية بعد المعالجة الثنائية البيولوجية لإزالة المتبقى من المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجى بالإضافة إلى المواد الصلبة العالقة، وكذلك المواد العضوية غير القابلة للتحلل البيولوجى (Refractory) والمركبات غير العضوية مثل النيتروجين والكبريتيدات (Sulphides) والمعادن الثقيلة المتبقية وذلك فى حالة المعالجة بالكيمائيات لمياه الصرف حيث تزال كذلك المواد العضوية المتبقية. فى حالة استخدام بودرة الكربون المنشط فإنه يتم إضافتها فى مرحلة المعالجة البيولوجية الثانية حيث تزال فى أحواض الترسيب ولايعاد استخدامها.

Membrane Processes

أنواع عمليات الأغشية:

توجد أنواع معينة من الأغشية تستخدم لفصل الأملاح المذابة بعدة طرق وهي:

(Reverse Osmosis - RO)

التناضح العكسي

(Electro Dialysis - ED)

الديليزة الكهربائية

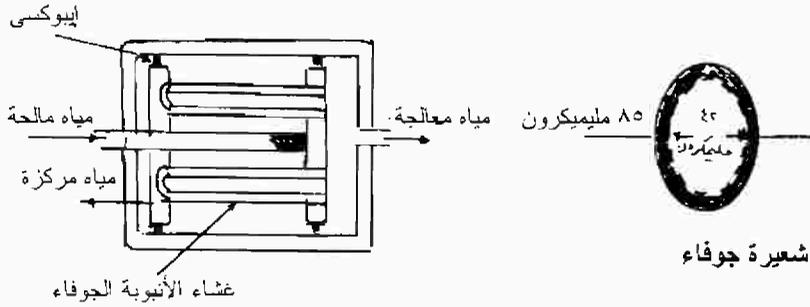
الترشيح بأنواعه:

- الترشيح الفائق.
- النانو فلتر.
- الميكروفلتر.

١- التناضح العكسي: شكل (١/ز)

التناضح العكسي هو باستخدام الغشاء الذي يعمل كمرشح لجزيئات المواد المذابة، فهو يزيل حتى ٩٠% من كل الأملاح المذابة، حتى ٩٧% من كل المواد العضوية المذابة، أكثر من ٩٨% من المواد الهلامية (Colloidal) والبيولوجية من

الماء والتي تصل تركيزاتها من ٥٠ جزء فى المليون حتى ٦٠٠٠٠ جزء فى المليون.



شكل (ز/١) الشعيرة الجوفاء فى التناضح العكسى

بالإضافة إلى إمكانية إغراب مياه البحر والمياه قليلة الملوحة، فإن التناضح العكسى يستخدم فى التخلص من المواد العضوية الطبيعية والمخلقة المذابة فى الماء. كلما زاد الوزن الجزئى كلما زادت إمكانية الحجز للغشاء، وكذلك تزال كلا من البكتريا والفيروسات. بالنسبة للمعادن الثقيلة فإن نسبة الإزالة عالية. كذلك يزيل التناضح العكسى المواد المشعة. الاستخدام الرئيسى للتناضح العكسى هو لإنتاج المياه المستخدمة فى الأغراض الطبيه وإنتاج البخار فى عمليات كى الملابس بالبخار ولأغراض الترطيب هذا بالإضافة إلى استخدام هذه الطريقة فى إنتاج مياه الشرب وذلك عند زيادة ملوحة المياه المعالجة طبقاً للمعايير المقررة.

الضغط الأسموزى هو الظاهرة التى تحدث أحيانا عند تدفق الماء (أو أى مذيب آخر) خلال غشاء شبه نفاذ، أى الغشاء الذى يسمح بمرور المذيب وليس المواد المذابة. المحاليل التى تفصل بمثل هذا الغشاء تميل إلى أن تتساوى فى التركيز للجزيئات، وبهذا فإن الماء سوف يتدفق خلال الغشاء الشبه نفاذ من

المحلول الأقل تركيزاً إلى المحلول الأكثر تركيزاً حتى الوصول تقريباً إلى تركيزات متساوية. تدفق الماء خلال الغشاء يوجد ضغط يسمى الضغط الاسموزي تدفق المياه خلال الغشاء يتوقف على الضغط المستخدم على المياه الجارية معالجتها. فمع زيادة الضغط على المياه أكثر من الضغط الاسموزي، فإن تدفق المياه خلال الغشاء يزداد، وبذا تزداد كمية المياه المنتجة مع زيادة الضغط، ويقل معدل تدفق المياه خلال الغشاء مع زيادة ملوحة المياه المعالجة نظراً لزيادة الضغط الاسموزي.

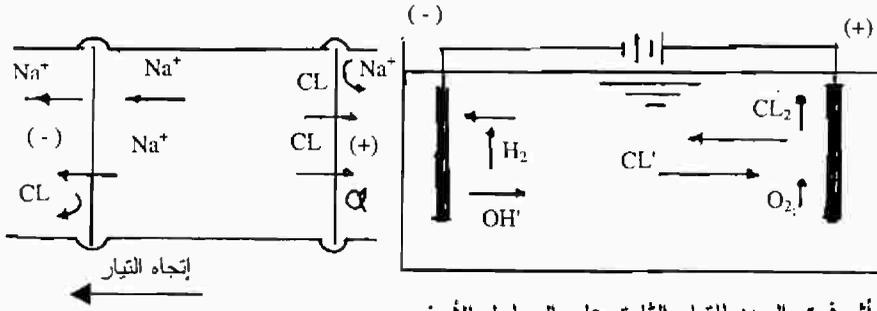
المياه الجوفية هي المصدر المفضل لإزالة الملوحة بالضغط الاسموزي وذلك نظراً لثباتها الكيماوي وخلوها من المواد العالقة. ولكن نظراً لأن من أسباب تلوث وتلف الأغشية ترسيبات الحديد والمنجنيز وذلك في حالة تعرض المياه الجوفية المحتوية على الحديد والمنجنيز المذاب للهواء الجوي وأكسدة الحديد والمنجنيز. ولذلك فعند معالجة المياه الجوفية المحتوية على الحديد والمنجنيز المذاب فإنه يلزم عدم تعرض المياه للهواء الجوي قبل دخولها لجهاز التناضح العكسي.

وفي حالة إزالة الملوحة من المصادر السطحية فإنه يلزم عمل معالجة إضافية مسبقة لمواجهة التغيرات الموسمية في المياه وإزالة المواد العالقة. يلزم دائماً إضافة كيماويات لمنع حدوث الترسيبات. عادة يضاف حامض الكبريتيك بتركيز ٩٣% إلى المياه لمنع ترسيب أملاح الكبريتات على الغشاء بمعدل ٥-١٠ ملجرام/لتر. الغشاء المستخدم في التناضح العكسي لإعزاب المياه ذات محتوى من الأملاح المذابة المرتفعة مثل مياه البحار يكون من أستيات السيليلوز أو من البولي أميد أو البولي إيثربولي أميد بولي سولفين.

يختلف الحجز للمواد طبقاً للغشاء المستخدم وتركيز المياه الداخلة والتكافؤ الكيماوي للأيونات وعوامل أخرى.

٢ - الديليزة الكهربائية: (Electrodialysis - ED) شكل (٢/ز)

الفصل الكيمياءى الكهربى أو الديليزة الكهربائية هى عملية فصل نتيجة إنتقال الأيونات إلى أغشية أن أيونية وأغشية كاتيونية من محلول أقل تركيز إلى محلول أكثر تركيزاً وذلك نتيجة التدفق لتيار كهربى ثابت. وتستخدم الديليزة الكهربائية فى معالجة المياه المملحة (Brakish Water) لتكون صالحة للشرب أو لإزالة الأملاح أو لتركيز المحاليل بهدف إعادة الاستخدام.



أثر فرق الجهد للتيار الثابت على المحلول الأيونى

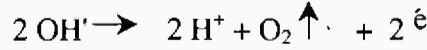
شكل (٢/ز) نظرية استخدام الديليزة الكهربائية (الفرز الكهربى) الإليكترودياليسيس

أ- حركة الأيونات:

لتفهم الديليزة الكهربائية (ED) فإنه يلزم تفهم تأثير التيار الثابت على محلول أيونى. بفرض حوض مستطيل مزود بقطب عند كل جانب. الحوض مملوء بمحلول كلوريد الصوديوم وعند مرور تيار ثابت عبر القطبين فإن الكاتيونات (Na^+) تنجذب نحو القطب السالب والذى يسمى الكاثود بينما الآن أيونات الكلور (Cl^-) تنجذب نحو القطب الموجب والذى يسمى الأنود. عند الكاثود يحدث تفاعل الاختزال التالى لأيون الهيدروجين نتيجة تحلل الماء.



وعند الأنود يحدث تفاعل الأكسدة التالى لأيون الأيدروكسيد



وقد يحدث عند الأنود كذلك تفاعل يشمل تكون غاز الكلور



أغشية الديليزة الكهربائية هي أساسا راتنجات في شكل رقائق مسطحة كاتأيونية أو أن أيونية. الأيونات تمر خلال الغشاء الآن أيونى بينما الأيونات الموجبة تحتجز، وعلى العكس الأيونات الموجبة تمر خلال الغشاء الكاتأيونى بينما الأيونات السالبة تحتجز الأيونات التى مرت خلال الأغشية الآن أيونية والأغشية الكاتأيونية تجمع فى حوض تجميع حيث يتكون محلول ملحي مركز.

الأغشية الآن أيونية والكاتأيونية هي أغشية موصلة للكهرباء وهي غير منفذة للمياه تحت الضغط.

عند تمرير تيار كهربى ثابت فى مصفوفة الديليزة الكهربائية حيث المياه المحتوية على الأيونات المذابة يتم ضخها بين الغشاء الكاتأيونى والآن أيونى وذلك خلال مجرى من البولى إيثيلين. عندئذ فإن كل الكاتأيونات تتحرك نحو القطب السالب (الغشاء الكاتأيونى) وتحتجز عند القطب الموجب (الآن أيونى). وعلى العكس فإن الآن أيونات تمر خلال القطب الموجب (الغشاء الآن أيونى) وتحتجز عند القطب السالب (الكاتأيونى). وفى هذه الحالة فإن الأيونات المزالة تترك خلفها مياه مخففة أو مزالة أيوناتها.

تغير وتبديل الأقطاب (EDR - Polarity Reversal)

بدلا من الديليزة الكهربائية التقليدية حيث الاتجاه الواحد لحركة الأيونات، فإن الديليزة العكسية بتغير وتبديل الأقطاب حيث يتم عكس وتغير الأقطاب لدورة زمنية

محددة وهى حوالى ١٥-٢٠ دقيقة. التغيير فى الشحنة الكهربائية للقطب عبر منظومة الغشاء يغير فى إتجاه حركة الأيونات، حيث يحدث تبادل لتدفق الأيونات وكذلك المياه المحلاة والمركزة. يحدث التغيير فى إتجاه التدفق أليا بواسطة المحابس.

القطبية المعكوسة توفر الغسيل الآلى للمواد المكونة للترسيبات من على سطح الغشاء، حيث تتطلب معالجة مسبقة قليلة وقد لا تحتاج لها ذلك لتقليل الترسبات على الأغشية والذي قد تسببه المياه الداخلة للمعالجة.

الاعتبارات التصميمية لنظام الديليزة الكهربائية:

- نسبة تركيز الأيونات يجب أن يظل أقل من ١٥٠ : ١ (المياه المركزة مقابل المياه المحلاة) ويمكن أن تزداد هذه النسبة إلى ٢٠٠ : ١ أو ٢٥٠ : ١.
- يتم التغذية بمياه المصدر إلى ظلمبة التغذية بضغط ٠,٢ إلى ٢ جوى. ظلمبة التغذية تضخ المياه إلى خرطوشة المرشح تحت ضغط ٥-٦ جوى (ذات المسام ١٠ ميكرومتر).
- المياه الداخلة تتطلب معالجة مسبقة عادة إذا كانت تحتوى على كلور حر أكثر من ٠,٥ جزء فى المليون، حديد أكثر من ٠,٣ جزء فى المليون، كبريتيد الهيدروجين أكثر من ٠,٣ جزء فى المليون، عكارة أكثر من ٢ نيفيلومترى، أو منجنيز أكثر من ٠,١ جزء فى المليون.
- أقصى إزالة للأملاح هى من ٤٠ - ٥٠% لكل مرحلة هيدروليكية تستخدم طريقة ED & EDR لمعالجة المياه المملحة (Brakish) لإعدادها للشرب، كذلك لازالة الأملاح وإعادة الاستخدام لمياه الصرف الصناعى.

٣- الترشيح خلال الأغشية: (Membrane Filtration)

أ- الترشيح الفائق: (Ultra Filtration)

الترشيح الفائق هو عملية ترشيح تتم بالضغط لتركيز المحاليل المحتوية على مواد هلامية ومواد ذات وزن جزيئي عالي، وهو يحجز المواد غير المتأينة ويمرر المواد المتأينة وذلك طبقاً لقدرة الحجز للوزن الجزيئي للغشاء، حيث يعتبر الوزن الجزيئي كدليل تقريبي لحجم الجزيء، حيث تتوقف نسبة الحجز للغشاء على شكل الجزيء وحجمه وشحنته.

يستخدم الترشيح الفائق للمعالجة المسبقة لمياه البحر قبل معالجتها بطريقة التناضح العكسي وذلك لإزالة الكربون العضوي، العكارة والمواد العالقة من مياه الصرف قبل إعادة الاستخدام أو الحقن الجوفي.

ب- النانو فلتر: (NF - Nano Filtration)

يسمى النانو فلتر غشاء إزالة العسر، نانو تعني (10^{-9}) وهو حجم الثقب للغشاء. النانو فلتر غشاء يعمل بضغط منخفض جداً. ويمرر فقط الأجسام أصغر من واحد نانو مليمتراً (A10). النانو فلتر لا يمرر بنسبة عالية الأيونات ثنائية التكافؤ مثل أيونات الكالسيوم والمغنسيوم ولكنه يمرر الأيونات أحادية التكافؤ بنسبة عالية.

ج- الميكرو فلتر: (Micro Filtration)

وهو يمرر الأجسام ذات الحجم الميكرومترى 10^{-6} مليمتراً في محلول عابر مادة الغشاء. الميكروفلتر يعمل على ترويق المياه والسوائل الأخرى وذلك بحجز الأجسام العالقة والكائنات الدقيقة على سطح الغشاء أو داخل المرشح بينما يمرر المواد المذابة والماء.

المراجع

- 1- Gene v. Beeland, Water Resources and Pollution Control. Published by Van Nostrand Reinhold Company.
- 2- California Dept. of water Resources "Industrial water use" Bulletin No. 166.1 (1968).
- 3- American Water Works association Committee on Industrial water Handling AwwA 65.5 (1973).
- 4- Publications of AWWA About Treatment Technology of Industrial Waste water (1980).
- 5- Progress Reports: Physical - Chemical Treatment of Industrial Waste water EPA Eimco Corp (1973).
- 6- Berry - Chemical Engineers Hand book McGrow Hill - (1978).
- 7- Publications of the American Aid About water Management Strategy (1991).