

الفصل الثالث

وصف لتقنيات معالجة الصرف الصناعي

المجموعة الهندسية للأبحاث البيئية

Exclusive

Environmental Engineering Group

يشتمل هذا الفصل على طرق المعالجة الشائعة للصرف الصناعي والمطبقة حالياً في مصر.

1-3 أنظمة المعالجة الميكانيكية

1-1-3 التصفية "Screening"

وهي تعتبر أول عملية هامة في معالجة الصرف الصناعي وتتم بتمرير المياه الملوثة من خلال مصافي لفصل المواد الصلبة ذات الأحجام الكبيرة العالقة بالمياه. تتكون المصافي من أعمدة متوازية (أسيخ أو أسلاك أو سلك ضيق أو سطح مثقب). يمكن أن تكون الفتحات على شكل دائري أو مستطيل.

وتعرف المصفاة المكونة من الأعمدة المتوازية أو الأسيخ باسم "مرثد" (rack). ومع أن المرثد هو أداة تصفية إلا أن مصطلح "screen" يجب أن يطلق على النوع الذي يتكون من قماش السلك أو الأسطح المثقبة.

وتصنف أنواع المصافي طبقاً لطريقة تنظيفها كالآتي:

- ١ - المصافي ذات التنظيف اليدوي
- ٢ - المصافي ذات التنظيف الميكانيكي

أيضاً تصنف المصافي من حيث مقاس الفتحات إلى:

- ١ - المصافي ذات الفتحات الضيقة (قطر أقل من 1/4 بوصة)
- ٢ - المصافي ذات الفتحات الواسعة (قطر أكبر من 1/4 بوصة)

ويبين جدول رقم (1-3) والأشكال رقم (1-3) والأنواع الأساسية للمصافي.

المصفاة التي تسمى "aquarake" عبارة عن مصفاة تنظف أوتوماتيكياً ويمكن تركيبها مباشرة على مجاري مفتوحة. أما المصفاة التي تسمى "Vibrating Curved Screen" أو "المصفاة الاهتزازية المنحنية" فتتميز بكفاءة فصل عالية وسهولة إزالة المواد الصلبة من على السلك. ويمكن أيضاً أن تزود هذه المصفاة بأداة تنظيف بالرش. أما المصفاة الدوارة "Rotary Screen" فتعمل بتمرير المياه من أعلى اسطوانة دوارة ويمكن تزويدها بكاشط لتنظيف الأسطوانة.

جدول (1-3): أنواع المصافي الميكانيكية

سطح المصفاة				
نوع المصفاة	نوع الحبيبات	حجم الفتحات	مادة صنع المصفاة	الاستخدام
مرئد الأعمدة المتوازية (Bar rack)	خشن	0.6 – 1.5	Steel, Stainless steel	معالجة تحضيرية
النوع المائل: الثابت	متوسط	0.01 – 0.1	Stainless-steel wedge-wire screen	معالجة أولية
الدوار	خشن	2×0.09×0.03	Milled bronze or copper plates	قبل المعالجة
القرص الدوار	خشن	0.1 - 0.2	Stainless-steel wedge wire cloth	معالجة تحضيرية
	متوسط	0.01 – 0.1	Stainless-steel wedge-wire screen	معالجة أولية
	ناعم	6-35 µm	Stainless-steel and polyester screen cloths	إزالة المواد الصلبة الثانوية الزائدة
أسطوانة دوارة	متوسط	0.01 – 0.4	Stainless-steel	معالجة أولية
	ناعم	0.001 – 0.02	Stainless-steel	معالجة أولية
مصفاة الطرد المركزي	ناعم	0.002 – 0.02	Stainless-steel, polyester and various other fabric screen cloths.	معالجة أولية ومعالجة ثانوية مع تنك الترسيب وإزالة المواد الصلبة العالقة الزائدة

شكل (1-3) (2-3)



3-1-2 فصل الزيوت

وهي عملية يتم فيها فصل المواد الطافية والزيوت والمواد العضوية الحرة (الغير مستحلبة) من المياه الملوثة. وهذه العملية لها أهمية كبيرة في المعالجة الأولية للصرف الصناعي. ولذلك فإن معظم الصناعات البترولية والكيميائية تستخدم أجهزة فصل الزيوت عن المياه بدلا من أجهزة الترسيب الأولية.

□ فاصل الزيوت API

وهو جهاز قامت المؤسسة الأمريكية للبترول (American Petroleum Institute) بتصميمه وهو الأكثر استخداما في الصناعات البترولية والمنشآت الصناعية الأخرى. وهناك نموذجان لهذا النوع من أجهزة فصل الزيوت: النوع المستطيل والنوع الدائري ولكننا قلنا نجد النوع الدائري حيث أن النوع المستطيل يتمشى أكثر مع أحجام معظم الوحدات. وكثيرا ما تعمل هذه الأجهزة مع تدفق عال للمياه مما يحتاج إلى وحدات كبيرة الحجم. ولكن العيب الوحيد بها هو أنها تحتاج إلى زمن مكوث (Resident time) طويل لضمان أقصى كفاءة لفصل الزيت.

□ وحدة فصل الزيوت CPI

هذه الوحدة تعتبر بديلا لوحدة الـ API وتتكون من مجموعة شرائح أو مجموعات من الأنابيب موضوعة بميل 60 درجة بحيث تنزلق المواد المحتجزة من أعلى الشرائح لتتجمع في القاع. ويبين شكل رقم (3-3) قطاعا في جهاز الـ CPI. من أهم مميزات هذا الجهاز أنه يمكن أن يستخدم في مكان صغير المساحة ومع أنه قد وجد رواجاً بين صناعات عديدة إلا أنه لا يستخدم بكثرة في عمليات تكرير البترول بسبب عدم قدرته على استيعاب معدلات التدفق العالية. وهو يتميز على وحدات الـ API والمروقات الأولية لأنه أكثر كفاءة في فصل الزيوت والمواد الصلبة نظرا لأنه يمكن توفير مساحة سطحية أكبر.

3-1-3 تثبيت معدل تدفق وتجانس مياه الصرف (Flow Equalization)

الغرض من عملية التثبيت والتجانس (Equalization) هو تجميع مياه الصرف من المصادر المختلفة الحامضية أو القاعدية وكذلك المخلفات العضوية في أحواض خاصة حيث يتم خلطها وتصبح ذات تركيزات متجانسة وتدفق ثابت يسهل معالجتها في المراحل التالية خاصة عملية المعادلة بالأحماض أو القلويات.

وتساعد عملية تثبيت تدفق مياه الصرف في التغلب على مشاكل التشغيل الناجمة عن التغير في معدلات تدفق المياه إلى محطات المعالجة وبالتالي تحسين أداء المحطة. ويستخدم خزان (Equalizing tank) كذلك خزان طوارئ لاستقبال المياه الملوثة في حالة حدوث أي عطل فني في عملية المعالجة.

وفيما يلي مميزات تطبيق نظام تثبيت وتجانس مياه الصرف الداخلة في محطات المعالجة:

- زيادة كفاءة عمليات معالجة مياه الصرف بعد التجانس وتثبيت معدل التدفق
- زيادة كفاءة المعالجة البيولوجية حيث أن عملية التجانس تمنع أو تقلل حدوث الأحمال العالية المفاجئة. كذلك يمكن تخفيف المواد السامة التي تؤثر على العملية الحيوية وثبات الأس الأيدروجيني
- تحسين أداء عمليات الترشيح والغسيل العكسي لتكون أكثر انتظاما
- تحسين أداء المعالجة الكيميائية حيث أن التثبيت والتجانس يؤدي إلى ثبات الأحمال مما يؤدي إلى تغذية منتظمة لجرعات الكيماويات
- تحسين في خواص المياه المعالجة وكفاءة التخزين في أحواض الترسيب الثانوية التي تتبع المعالجة البيولوجية التي تزداد كفاءتها نتيجة ثبات أحمال المواد الصلبة.
- يمكن أن تكون عملية التثبيت والتجانس طريقة غير مكلفة للتغلب على مشاكل المحطات التي تعاني من ازدياد الأحمال.

ويمكن تركيب خزان التثبيت والتجانس في بداية عمليات المعالجة أو بعد المعالجة الأولية وقبل المعالجة البيولوجية. ويجب أن يصمم تنك التجانس بحيث يسمح بتقليب المواد المترسبة. كذلك يجب تزويده بمصدر للتهوية للتغلب على انبعاث الروائح الكريهة.

2-3 المعالجة الفيزيائية

1-2-3 الترسيب

الغرض من الترسيب الطبيعي هو إزالة أكبر كمية من المواد الصلبة العالقة ذات الكثافة الأعلى من المياه في أحواض خاصة تمر فيها المياه في فترة معينة وتحت ظروف تساعد على هبوط المواد العالقة إلى قاع هذه الأحواض وهي من وحدات التشغيل الأكثر شيوعا في معالجة الصرف.

وتستخدم عمليات الترسيب في إزالة الرمال في أحواض الترسيب الأولية وفي فصل الحمأة النشطة في المعالجة البيولوجية وكذلك في فصل الرواسب في المعالجة الكيميائية وفي عمليات تخزين الحمأة.

شكل (3-3)



أنواع أحواض الترسيب:

١ - أحواض الترسيب الشائعة

هذه الأحواض تعتبر من أحسن الأحواض للترسيب الطبيعي وفيها توجد المياه بحيث تسير في الحوض أفقياً بسرعة لا تصل إلى الحد الأدنى الذي يعوق عملية الترسيب على أن تكون هذه السرعة منتظمة في الحوض. وهذه الأحواض إما مستطيلة أو مربعة أحياناً في المسقط الأفقي وهي الأكثر استعمالاً في عمليات الترسيب الطبيعي كما هو مبين بشكل (3-4).

ويتكون الحوض من 4 مناطق:

- المنطقة الداخلية: وفيه يتم توزيع المياه على المقطع الأفقي للحوض.
- منطقة الترسيب: وفيها ترسب المواد العالقة.
- المنطقة الخارجية: وفيها يتم تجميع المياه الرافقة.
- منطقة الحماة: وفيها تتجمع المواد الصلبة في أسفل الحوض ثم يتم إزالتها نهائياً.



٢ - الترسيب بالأنابيب

إذا كانت الأنابيب أفقية أو بوضع مائل خفيف تتجمع المواد الصلبة في القاع ويجب أن تزال عن طريق التنقية الدورية. أما إذا كان وضع الأنابيب مائلاً ميلاً شديداً فسوف تنزلق المواد الصلبة داخل الأنابيب عكس اتجاه سريان المياه ويمكن تجميعها في القاع.

٣ - المثخنات

هى عبارة عن أحواض للترسيب تستخدم في عملية تركيز المواد العالقة. وعامة فإن الجزيئات في المثخن تترسب مجمعة في منطقة الترسيب. وكما هو مبين بالشكل رقم (3-5) فإن قاع المثخن يمتلئ بطبقة من المواد الصلبة العالقة التي يزداد تركيزها كلما زاد العمق. ويتم فصل المياه المروقة من المواد الصلبة العالقة وإزالتها من أعلى المثخن وبذلك يوفر المثخن حمأة مركزة بالإضافة إلى مياه مروقة.

ومن أهم العوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب مدى انتظام دخول وخروج الماء من الحوض وما قد ينتج في منطقتي المدخل والمخرج من دوامات وتيارات ثانوية تحد من ترسيب المواد العالقة. كما أن عدم انتظام توزيع المياه في المدخل وتجميعها في المخرج بكامل قطاع الحوض قد ينتج عنه مناطق راکدة Dead Zones في أنحاء الحوض مما يحد من السعة الفعالة للحوض ومن ثم يحد من مكوث الماء في الحوض، وبالتالي يقلل من كفاءة الترسيب. لذلك كان من الواجب مراعاة تصميم كل من المدخل والمخرج بحيث تضمن انتظام توزيع المياه وتجميعها وعدم تواجد المناطق الراكدة. ويوضح الشكل (3-5) المثخن الذي يعمل بالجاذبية.

يتم تصميم أحواض الترسيب بأشكال وأحجام مختلفة فمنها المستطيل والدائري. تتم عملية إزالة المواد الصلبة بمعدات ميكانيكية والتي تفصل المواد الصلبة العالقة لموقع تجميع متوسط أو عن طريق مجمعات هيدروليكية التي تزيل المواد الصلبة بالقرب من نقطة الصرف. وفي هذه الأحواض يتم إزالة من 40-60% من المواد العالقة مع 25-50% من حمل الأكسجين الحيوي الممتص BOD. ويتراوح تركيز المواد الصلبة الناتجة من عملية الترسيب ما بين 4-10% للترسيب الأولي و 0,5-2% للمثخنات التي تتعامل مع الحمأة الناتجة من مفاعلات الحمأة النشطة.

2-2-3 التعويم (Flotation)

وحدة التعويم هى الوحدة التى تستخدم فى فصل الجزيئات الصلبة أو السائلة من مياه الصرف. تتم عملية الفصل بواسطة إدخال غاز خام (عادة فقاعات هواء) إلى مياه الصرف. تلتحم الفقاعات بالجزيئات حيث تكفى قوة الطفو للجزيء المركب مع الغاز لرفع الجزيء إلى السطح. وبذلك يمكن للجزيئات التى لها كثافة أعلى من السائل أن تطفو.

يتم استخدام التعويم لإزالة المواد العالقة وزيادة تركيز الحمأة البيولوجية. الميزة الأساسية لعملية التعويم عن الترسيب هى أن الجزيئات الصغيرة جداً أو الخفيفة يمكن إزالتها بشكل كامل وفى وقت قصير. وعندما تطفو الجزيئات إلى السطح فإنه يتم إزالتها بواسطة عملية الكشط.

شكل (5-3)



أنواع أنظمة التعويم:

□ التعويم الهوائي:

في هذا النظام والموضح بالشكل (3-6) تتكون فقاعات الهواء بإدخال الغاز إلى مياه الصرف عبر مضخة دوارة خلال المشتت. عملية التهوية بمفردها ليست كافية على المدى القصير للتأثير في عملية الطفو للمواد الصلبة بالرغم من نجاح مثل هذه الوحدات فيما يتعلق بمياه الصرف التي تكون زبدا وهو عبارة عن حمأة طافية على السطح (scum).

□ التعويم اللاهوائي (Vacuum flotation):

هذه العملية تتكون من تشبع مياه الصرف بالهواء إما مباشرة في خزان هوائي أو عن طريق السماح للهواء بالدخول من جانب السحب (الشفط) في مضخة الصرف. تطفو الفقاعات والجزيئات الصلبة الملتصقة بها إلى السطح مكونة طبقة رغوية والتي يتم إزالتها بطريقة الكشط. ويتم تجميع الزلط والجزيئات الصلبة الثقيلة المترسبة في القاع في الوسط كحمأة تمهيدا لإزالتها.



3-2-3 التجميع (Coalescence)

يستخدم أيضا لإزالة التركيزات المنخفضة من الزيوت الحرة والعالقة ويتم استخدامها كوحدة عمليات مستقلة أو كمرحلة نهائية لمعالجة الصرف الخارج من أنواع مختلفة من وحدات فصل الزيوت. وكما هو موضح بالشكل (3-7) تتكون وحدة التجميع من طبقات من المواد الماصة للزيوت مثل القشور والراتنجات والقش والبلاستيك في صورة شرائح دقيقة أو كرات أو على هيئة حلقات. وتجذب المواد الماصة للزيوت قطرات الزيت الحرة الصغيرة بالإضافة إلى بعض أنواع الزيوت المستحلبة. وتلتحم جزيئات الزيت بالمادة مكونة قطرات أكبر ثم ترتفع إلى السطح.



3-3 المعالجة الكيميائية**1-3-3 المعالجة الكيميائية الأولية****التعادل:**

الغرض من عملية التعادل هو معادلة المخلفات السائلة الصناعية - سواء كانت حمضية أو قاعدية - بالمواد الكيميائية المناسبة قبل صرفها إلى المجارى العمومية أو إعادة استخدامها حيث تتطلب معظم التشريعات أن يتراوح الأس الأيدروجيني بين 6-9 قبل الصرف النهائي. وضبط الأس الهيدروجيني من المراحل الهامة في معالجة الصرف الصناعي حيث أن المحاليل زائدة الحموضة غير مرغوب فيها وكذلك المحاليل زائدة القلوية.

وبالنسبة للصرف الذي يتم معالجته بيولوجيا فإنه يجب أن يبقى مستوى الأس الأيدروجيني ما بين 6.5 و 9 لضمان البيئة المناسبة لتكاثر الكائنات الدقيقة. وتؤثر العمليات البيولوجية الهوائية على الأس الأيدروجيني بسبب تكون غاز ثاني أكسيد الكربون. وتمثل الأحماض المستنفدة، وخاصة حمض الكبريتيك، الجزء الأكبر من مياه الصرف الذي يحتاج إلى معادلة.

المواد المستخدمة في المعالجة:

وتستخدم في عمليات المعادلة العديد من المواد الكيميائية التي تختلف من حيث الكفاءة وكذلك من ناحية التكاليف. ويعتبر الجير من أكثر المواد المستخدمة في التعادل وذلك لسعره المنخفض، ولكنه كثيرا ما يكون الجير الصلب بطيئا في التفاعل فيكون راسب غير قابلة للذوبان مثل كبريتات الكالسيوم. أما بالنسبة لكاربونات الصوديوم وهيدروكسيد الصوديوم والأمونيا فهذه المواد مع أنها أعلى تكلفة ولكنها تتفاعل سريعا مع الأحماض مقارنة بالجير وهي أيضا شديدة الذوبان في الماء لذلك فإن عملية التداول والتغذية تكون مناسبة وخاصة بالمعدات التي تعمل أوتوماتيكيا.

وتتم معادلة مياه الصرف القلوية باستخدام حمض الكبريتيك أو الأحماض المتخلفة من عمليات أخرى. ويمكن أيضا الاستفادة من الغازات المتسربة مثل ثاني أكسيد الكربون حيث أنه يكون حمض الكربونيك عند امتزاجه بالماء.

ويعتبر التعادل من أقدم الطرق الكيميائية وأكثرها استعمالا في معالجة مياه الصرف الحمضية والقلوية لتثبيت الأس الأيدروجيني ما بين 6 و 9 كما تتطلب معظم التشريعات البيئية، حيث أن الكثير من مياه الصرف الكيميائية تتعدى هذه الحدود وتتميز بالتذبذب الشديد مع الوقت.

وفي أغلب الأحيان، يتم معادلة مياه الصرف الحمضية باستخدام مجاري مياه الصرف القلوية أو الجير أو الدولومايت أو الأمونيا أو الصودا الكاوية أو كربونات الصوديوم. ويعتمد اختيار المادة القلوية المستخدمة على حجم مياه الصرف وتقلبات الأس الأيدروجيني بالإضافة إلى تكلفة المادة المستخدمة. وغالباً ما يستخدم الجير رغم أنه يتسبب في تكوين رواسب أو مواد عالقة فيتعين ترسيبها وترشيح المياه للتخلص منها قبل الصرف النهائي وذلك بسبب انخفاض تكلفة الجير.

وتحتاج مياه الصرف ذات القلوية المرتفعة إلى المعالجة باستخدام مجاري مياه الصرف الحمضية أو حمض الكبريتيك أو حمض الهيدروكلوريك أو الغازات المتسربة المحتوية على ثاني أكسيد الكربون. وعادة ما تتم عملية المعادلة على مرحلتين، فيتم أولاً التعادل باستخدام خطوط مختلفة لمياه الصرف أو المواد الكيميائية قليلة التكلفة، ثم يتم التعادل النهائي غالباً باستخدام أجهزة تحكم والصودا الكاوية أو حمض الكبريتيك.

□ الأكسدة / الاختزال

تستخدم المواد المؤكسدة في معالجة الصرف الصناعي كخطوة أولى لإزالة المعادن الثقيلة بأكسدة المواد العضوية أو كمرحلة أخيره في المعالجة لأكسدة المركبات ذات الرائحة النفاذة مثل كبريتيد الهيدروجين أو لأكسدة المواد الغير عضوية مثل السيانيد وعمليات التطهير.

يعتبر الهواء هو المادة المؤكسدة الأقل تكلفة والأكثر انتشاراً. يتم أكسدة الحديد الثنائي إلى الحالة الثلاثية من خلال تعريضه للهواء وتتم هذه العملية غالباً في أبراج للأكسدة مشابهة لأبراج التبريد. ومن المواد الكيميائية المؤكسدة أيضاً الكلور ونظيره الهيبوكلورايت في صورتيه الصوديوم والكالسيوم وبرمنجنات البوتاسيوم. ويعد الكلور ومشتقاته من المواد المكونة للمركبات المسببة للسرطان عند استخدامها في أكسدة المواد العضوية. ولذلك يجب التأكد أولاً قبل استخدام الكلور من احتمالات تكوين أي مواد مسرطنة وذلك حتى إذا كانت العملية لا تتعلق بمياه الصرف.

وتستخدم مادة برمنجنات البوتاسيوم في أكسدة المركبات ذات الرائحة النفاذة القوية ولاكسدة المواد العضوية. ومن المواد الفعالة في أكسدة المواد العضوية مثل الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD) هي مادة بيروكسيد الهيدروجين.

□ الترويب (Coagulation)

تحدث عملية الترويب أثناء عملية المزج السريع للمياه. الغرض منه خلط محلول المروب مع الماء خطأ سريعاً ينتج عنه مزج المروب مع الماء مزجاً تاماً.

هناك نظريتان لشرح طرق ثبات وعدم ثبات أنظمة المرويات:

- النظرية الكيميائية التي تقترح أن المرويات عبارة عن مكونات ذات أساس كيميائي محدد تحدث نتيجة تفاعلات كيميائية معينة بين حبيبات الترويب والمروب الكيميائي المضاف.
- النظرية الفيزيائية تقترح أن الانخفاض في قوى الشد الموجودة لفصل الحبيبات عن بعضها تحدث من خلال الانخفاض في القوى الالكتروستاتيكية مثل قوة زيتا الثابتة. ومن الصعب الحصول على الترويب والمزج والترسيب الجيد في عمليات معالجة الصرف الصناعي.

عملية المزج البطيء (Flocculation)

الهدف من هذه العملية هو التصاق أكبر كمية ممكنة من المواد العالقة الدقيقة على سطح الكيماويات المضافة. يمكن تنفيذ هذه العملية إما بالتحريك الميكانيكي أو بتحريك الهواء وتكون جديرة بالأخذ في الاعتبار عندما نحتاج إلى:

- زيادة نسبة التخلص من المواد العالقة والأكسجين الحيوي الممتص (BOD) في أحواض الترسيب الأولية
- المعالجة النهائية لأنواع خاصة من مياه الصرف لصناعات معينة
- تحسين أداء أحواض الترسيب الثانوية وخاصة في عمليات الحمأة المنشطة وأيضا من أجل زيادة احتمالات الاصطدام بين حبيبات الترويب وبالتالي زيادة التصاقها ببعض لتكوين مواد صلبة قابلة للترسيب أو للترشيح. وتتم العملية من خلال التحريك المطول لحبيبات الترويب لزيادة الحجم والكثافة.

ويمكن إجراء هذه العملية في أحواض منفصلة تتواجد في تركيب المروق. كما يمكن استخدام طريقة المزج البطيء باستعمال الهواء وفيها يجب ضبط نظام تزويد الهواء بحيث يمكن تغيير مستوى الطاقة في جميع أجزاء الحوض. وعادة يتم خفض كمية الطاقة الداخلة في كلا النظامين - الهوائي والميكانيكي - وذلك حتى لا يتم تكسير الجزيئات التي تجمعت وتكونت في بداية العملية خلال خروجها من خزان المزج البطيء.

2-3-3 الترسيب الكيميائي

وتتكون عملية الترسيب الكيميائي لمعالجة مياه الصرف من إضافة الكيماويات التي من شأنها تغيير الحالة الفيزيائية للمواد الصلبة الذائبة والعالقة وتسهيل عملية التخلص من هذه المواد عن طريق الترسيب. وفي بعض الأحيان يكون هذا التغيير طفيفا وتتأثر عملية التخلص سلبا بسبب حبس هذه المواد في كتلة مترسبة كبيرة الحجم يتكون معظمها من المادة الكيميائية نفسها. ومن نتائج هذه الإضافات الكيميائية أيضا زيادة نسبة المواد الذائبة في مياه الصرف.

في الماضي كانت طرق الترسيب الكيميائي تستخدم لتحسين عمليات إزالة المواد العالقة والحمل العضوي BOD₅ من المياه في حالات:

- ١ - اختلاف تركيز الصرف على مدار الفصول (كما هو الحال في صناعات تعليب الأغذية مثلاً)
- ٢ - الاحتياج إلى درجة معالجة متوسطة
- ٣ - كوسيلة مساعدة لعملية الترسيب الطبيعي.

وقد أدى الاحتياج إلى توفير الإزالة الكاملة للمركبات العضوية والمغذيات (النيتروجين والفوسفور) الموجودة بمياه الصرف إلى زيادة الاهتمام بالترسيب الكيميائي.

وقد تم تطوير العمليات الكيميائية للمعالجة الثانوية الكاملة للمياه الملوثة، بما فيها إزالة النيتروجين أو الفوسفور أو كليهما، بالإضافة إلى تطوير عمليات كيميائية أخرى لإزالة الفوسفور بالترسيب الكيميائي إلى جانب المعالجة البيولوجية.

الترسيب الكيميائي لتحسين أداء المحطة:

تم استخدام العديد من المواد الكيميائية للترسيب على مدى السنوات. ويوضح الجدول (2-3) أكثر هذه المواد استخداماً. وتعتمد درجة الترويق على كمية الكيماويات المستخدمة وعلى دقة التحكم في العملية نفسها. ويمكننا من خلال الترسيب الكيميائي الحصول على صرف ذي درجة عالية من النقاء وخال إلى حد كبير من المواد العالقة أو الرغوية.

جدول (2-3): الكيماويات المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصناعي

الوزن الجزيئي	الرمز الكيميائي	المادة الكيميائية
666.7	aluminum sluphate alum Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18 H ₂ O	1. كبريتات الألمونيوم (الشبه)
278.0	Ferrous Sulphate FeSO ₄ ·7H ₂ O	2. كبريتات الحديدوز
400	Ferric Sulphate Fe ₂ (SO ₄) ₃	3. كبريتات الحديدك
162.1	Ferric Chloride FeCl ₃	4. كلوريد الحديدك
56 as CaO	Ca(OH) ₂	5. هيدروكسيد الكالسيوم "جيرمطفى"

ومن خلال الترسيب الكيميائي يمكن إزالة من 80 إلى 90 % من المواد العالقة الكلية ومن 50-80 % من الأكسجين الحيوي الممتص BOD ومن 80-90 % من نسبة البكتريا الموجودة في مياه الصرف. وفي

المقابل يوفر الترسيب الطبيعي إزالة 50 إلى 70 % فقط من المواد العالقة الكلية و 25 إلى 40 % من البكتيريا. إذاً فالكيماويات المضافة تتفاعل مع المواد الموجودة أصلاً في مياه الصرف أو التي تضاف لهذا الغرض لإتمام عملية الترسيب الكيميائي.

3-3-3 المعالجة الفيزيوكيميائية

□ نظام الطفو الهوائي المذاب (DAF)

في هذا النظام يتم ملامسة الهواء لمياه الصرف تحت ضغط عال مما يؤدي إلى إذابة الهواء. ويتم خفض الضغط على سطح المياه من خلال صمام ضغط خلفي ينتج عنه فقاعات هواء تماثل حجم الميكرون تزيل المواد العالقة والزيوت من مجرى المياه الملوثة وإلى سطح الوحدة. يتم كشط الرغوة من سطح المياه بعد المعالجة.

تشمل العمليات معالجة الصرف الناتج من وحدات فصل الزيوت (API) الموجودة في صناعات تكرير البترول والصرف الناتج عن الصناعات المعدنية وصناعات الورق وتجهيز الدواجن وإعادة استخدام الزيوت في صناعات تعليب اللحوم والبطاطس النصف مقلية وبعض صناعات منتجات الألبان. ومن الاستخدامات الهامة أيضاً تخزين الحمأة.

هذه الوحدات غالباً تخفض نسبة الزيوت إلى 5 مللجم/لتر أو أقل وربما يحتاج الهواء المنبعث إلى معالجة في وحدة تحكم خارجية. ويتراوح معدل الصرف لوحدة الـ DAF في الغالب من 1500 إلى 3000 جالون/يوم/قدم² وزمن الاستبقاء من 30-40 دقيقة.

ومن الصور الأخرى لوحدة الـ DAF هو وحدة طفو الهواء المذاب (DAF). وهي تستخدم عادة في حقول البترول ولمعالجة مياه الصابورة للسفن والناقلات البحرية. ورغم أن هذه الوحدات لم تكن مستخدمة في الماضي إلا نادراً في الصناعات الكيميائية ومعامل التكرير إلا أن الاهتمام بها يزيد لكونها وحدة محكمة تماماً ويمكن أن تستخدم الغازات المسترجعة في عملية الطفو.

تعمل الوحدة على التغذية بواسطة البوليمر وتحتوي عادة على أربعة مضارب على شكل مضرب البيض لعمل رغاوي من أجل تسهيل عملية الطفو. وتستهلك الوحدة كميات كبيرة من الطاقة ولكنها تتطلب مساحة أقل بكثير من وحدات الـ DAF. وبذلك تعتبر في نفس مستوى الكفاءة، إن لم تكن أكفاً، من وحدة الـ DAF تبعاً لمواصفات الزيوت والمستحلبات.

التصاق فقاعات الهواء من خلال المزيج المعلق تجعل الحبيبات تطفو على السطح نتيجة تراكم الهواء على سطح الجزيئات واصطدام الفقاعات المتصاعدة مع الجزيئات العالقة وانحباس فقاعات الغاز أثناء

تصاعدها أسفل الجزيئات وامتزاز الغاز من خلال الكتل الهلامية المكونة أو المترسبة حول فقاعات الهواء.

وهناك ثلاثة أنواع من الأنظمة المضغوطة التي تستخدم من أجل إذابة الهواء لعملية الطفو. فيستخدم الضغط الكامل عندما تحتوى المياه على نسب عالية من المواد الزيتية. ولا يؤثر التقليل المستمر فى أنظمة الضغط على نتائج المعالجة. ويستخدم نظام الضغط بتدفق متوسط عند وجود نسب متوسطة من المواد الزيتية. وهنا أيضاً لا يؤثر التقليل المستمر على كفاءة المعالجة بشكل كبير.

أما أنظمة الضغط بإعادة التدفق فتستخدم لمعالجة المياه المحتوية على مواد صلبة أو زيتية التي ربما تتحلل بسبب التقليل السريع فى أنظمة الضغط الأخرى. ومن هذا المنطلق تستخدم وحدة الـ DAF بعد المعالجة الكيميائية للزيوت المستحلبة أو للترويق وتثخين المعلفات.

وصف تفصيلي لعملية المعالجة:

يبين الشكل رقم (3-8) رسماً توضيحياً لعملية المعالجة من خلال وحدة الـ DAF. تدخل المياه التى تحتوى على المواد الصلبة أو مزيج الزيوت إلى الوعاء ويتجمع مزيج المياه والزيوت أو المواد الصلبة والمياه إلى السطح. ويمتلك مزيج الهواء/المواد الصلبة أو المياه/الزيت جاذبية نوعية أقل من الجاذبية النوعية للمياه بمفردها. لذلك ترسب المواد الصلبة التى لها جاذبية نوعية أكبر من الجاذبية النوعية للمياه إلى القاع ويتم إزاحته باستخدام ذراع كاشط "Scraper arm" دوار. وتتصل بنفس الذراع شفرة دارة تكشف المادة الطافية من على سطح الحوض ثم يتم إخراج الماء المعالج من الحوض.

ويعاد استخدام جزء من المياه الملوثة لعملية الضغط (Pressurization) فيدخل الهواء المضغوط من خلال مضخة الاسترجاع لى يحدث مزيج واتصال قوى بين المياه والهواء فى تنك التهوية. ومن المهم جداً فى هذه المرحلة الحصول على الكفاءة القصوى للإذابة. ثم يتم استرجاع المياه المعاد تدويرها والمحتوية على الهواء خلال محبس ضغط منعكس حيث ينطلق الهواء المضغوط ويمزج بالمياه لاستكمال عملية الطفو.

ويمكن أن تستخدم المرويات مثل البوليمارات المصنعة لتحسين كفاءة طفو الهواء المذاب. وتستخدم أيضاً الكيماويات مثل الشبة لكسر مستحلبات الزيت إلى مواد ترويب لتحسين عملية الفصل بين المواد الزيتية والمياه. أحياناً تزود وحدة الـ DAF بأطباق من الألواح (Lamella Sheets) كما هو مبين فى الشكل (3-9) مما يزيد من مساحة الفصل ويسمح بفصل حتى أصغر الحبيبات من مياه الصرف بهذه الطريقة.

شكل رقم (8-3): رسم توضيحي لوحدة الـ DAF بدون استرجاع

شكل رقم (9-3): رسم توضيحي لوحدة الـ DAF مبينا فاصل الألواح والترويب بالأنابيب



4-3 المعالجة البيولوجية

تشمل المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصناعي خمسة طرق رئيسية هي العمليات الهوائية، العمليات اللاكسجينية، العمليات اللاهوائية، العمليات المجمعّة هوائية اكسجينية، والعمليات المجمعّة.

1-4-3 المعالجة البيولوجية الهوائية

ويمكن تقسيم المعالجة البيولوجية الهوائية طبقاً لكيفية حدوث المعالجة وذلك إما في نظام النمو المعلق أو نظام النمو المتلاصق أو النظامين معاً. وذلك مع العلم بأن جميع العمليات البيولوجية المستخدمة في معالجة المياه مستمدة من عمليات تحدث في الطبيعة.

أ - النمو الهوائى المعلق

- ☐ عمليات الحمأة النشطة
- ☐ وقف التدفق مع إعادة التدوير
- ☐ بحيرات الأكسدة
- ☐ المفاعل الدفعى المتتابع

ب -النمو الهوائى المتلاحق

- ☐ مرشحات الزلط
- ☐ مرشحات خشنة
- ☐ الأقراص البيولوجية الدوارة
- ☐ مفاعل النيترة ذو الغشاء الثابت (Fixed Film Nitrification Reactor)

أ- النمو الهوائى المعلق**☐ عمليات الحمأة النشطة**

تتم معالجة المخلفات السائلة بطريقة الحمأة النشطة والتي تعتبر من طرق المعالجة الثانوية-عن طريق خلط المياه الخارجية من حوض الترسيب الابتدائي مع الحمأة الناتجة من حوض الترسيب النهائى فى أحواض خاصة تسمى أحواض التهوية (Aeration Tanks) ، ويسمى محتوى هذا الحوض بـ "السائل المخلوط" (Mixed Liquor). وتتم عملية التهوية والتقليب إما عن طريق التهوية الميكانيكية أو التهوية بناشرات الهواء (Diffused aeration) وتساعد عملية التهوية على استمرار تواجد الـ (Mixed Liquor) فى صورة خليط متجانس، وبعد انتهاء فترة التهوية يمر الخليط لأحواض الترسيب النهائى حيث ترسب الحمأة ليعود بعض منها إلى حوض التهوية للحفاظ على تركيز البكتريا داخل الحوض، بينما يوجه الباقي لأحواض تجفيف الحمأة ثم التخلص منها وتختلف هذه الكمية تبعاً لنوع مياه الصرف.

هذا ويوجد طريقتين رئيسيتين تستخدم لمعالجة مياه الصرف باستخدام الحمأة النشطة وهما:

- ☐ الطريقة التقليدية وتعديلاتها (Conventional Method)
- ☐ التهوية لمدة طويلة (Extended Aeration)

☐ طريقة الحمأة النشطة التقليدية

وتتكون هذه الطريقة من حوض تهوية يليه حوض ترسيب وخط إعادة تدوير للحمأة، حيث تتم التهوية تحت ظروف ثابتة في أحواض خاصة يلتقي في مدخلها المياه الخارجة من حوض الترسيب الابتدائي مع الحمأة الناتجة من حوض الترسيب النهائي لتبقى في الحوض فترة تتراوح من أربعة إلى ثمانية ساعات. وبمرور المياه في الحوض يبدأ تركيز الأكسجين في الانخفاض ولذلك يجب أل يقل تركيز الأكسجين في الخليط عن 2-0.5 مجم/لتر كما يجب اليزيد عن 2مجم/لتر حيث ان أى زيادة عن هذا التركيز تعتبر هدر للطاقة. وتستخدم أغلب الطرق التقليدية نظام التهوية المتدرجة (Tapered aeration) لضمان وصول كميات من الهواء تتناسب مع كمية المواد العضوية القابلة للتأكسد وذلك في الأجزاء المختلفة من الحوض. ويوضح الشكل رقم (3-10) رسم تخطيطي للطرق التقليدية المختلفة المستخدمة في معالجة مياه الصرف باستخدام الحمأة النشطة.



شكل (10-3) : تغيرات عملية المعالجة بالحماة النشطة



□ التهوية لمدة طويلة

هذه الطريقة هي صورة معدلة من الطريقة التقليدية للحماة النشطة – حيث تقل كمية الحماة الناتجة إلى أدنى حد وذلك بالأكسدة وزيادة فترة التهوية عن طريق زيادة حجم حوض التهوية. وتتراوح مدة المكوث في حوض التهوية من يوم إلى يومين مما يؤدي إلى تقليل كمية الحماة المراد التخلص منها وذلك بسبب استهلاكها عن طريق التغذية الذاتية. وتتميز هذه الطريقة بأنها لا تحتاج إلى معدات كثيرة لمعالجة الحماة مقارنة بالطرق التقليدية. وتمتاز الحماة الناتجة من هذه الطريقة بوزنها الخفيف وبطبيعة غير قابلة للتحلل بالإضافة إلى صعوبة ترسيبها، ولذلك يتم زياد مدة المكوث إلى حوالى 4 ساعات مقارنة بساعتين فقط للطرق التقليدية.

□ سد السريان مع إعادة التدوير

ويمكن استخدام هذه الطريقة لإحداث بعض التغيرات في طريقة الحماة النشطة، حيث تمكث جميع الجزيئات داخل المفاعل فترة زمنية متساوية وذلك بالرغم من انه قد توجد بعض الجزيئات التي قد تنمو داخل المفاعل عدة مرات نتيجة لإعادة التدوير ولكن فترة المكوث داخل المفاعل تكون واحدة لجميع الجزيئات. وتعتبر هذه الطريقة نظرياً أكثر كفاءة من طريقة الخلط التام مع إعادة التدوير وخصوصاً في عملية تجميع المخلفات الذائبة، ولكن الثانية تتفوق عن الأولى في قدرتها على مقابلة الزيادات الطارئة في الأحمال العضوية.

□ بحيرات الأكسدة

تعتبر بحيرات الأكسدة امتداداً طبيعياً لبحيرات التثبيت الهوائية حيث تتم التهوية فيها عن طريق قلابات ميكانيكية وبالتالي انتشار البيئة الهوائية بكامل عمقها ومن ثم عدم تصاعد الروائح المنفرة (النافذة) منها.

وتماثل طريقة بحيرات الأكسدة طريقة الحماة النشطة لمدة طويلة (Extruded Aeration) باستثناء إضافة حوض أرض للمفاعل وإعطاء الأكسجين المطلوب عن طريق القلابات الميكانيكية (ناشرات الهواء) وذلك بخلاف البحيرات الهوائية التي يحتفظ فيها بالمواد الصلبة في صورة معلقة. وفي السابق كانت بحيرات الأكسدة تستخدم بدون إعادة تدوير ويليهها أحواض الترسيب أما الآن فأن البحيرات المهواه تكون متضمنة أحواض الترسيب وعمليات إعادة تدوير المواد البيولوجية.

□ المفاعل الدفعى المتتابع (SRB)

أن المفاعل الدفعى المتتابع يعتمد على نفس النظرية التقليدية لمعالجة الحماة النشطة ولكن بإضافة نظرية الملء والإفراغ، حيث ان عمليات التهوية والترسيب والترويق متماثلة في الطريقتين ولكن الاختلاف الوحيد هو أن في الطريقة التقليدية تتم خطوات المعالجة في خزانات منفصلة أم في SRB في ان جميع الخطوات تتم بطريقة متتابعة في نفس الخزان.

وعموما فإن المفاعل الدفعي المتتابع يتكون من خمسة خطوات كما هو مبين في شكل (3-11) وجدول (3-3)، ويتم إجراء هذه الخطوات بالتسلسل الآتي:

- ١ - ملء
- ٢ - تفاعل (تهوية)
- ٣ - ترسيب (ترويق)
- ٤ - تصريف
- ٥ - السكون

ويعتبر التخلص من الحمأة من أهم خطوات عملية الـ SBR والتي تؤثر بشدة على الأداء العام للعملية وتحدث هذه العملية عادة خلال مرحلة الترسيب أو خلال الخطوة المرحلية. ومن ضمن المميزات الفريدة لنظام الـ SBR عدم احتياجه لنظام إعادة الحمأة النشطة (RAS) حيث ان التهوية والترسيب يحدثان في نفس الغرفة ولذلك لا يحدث أى فقد للحمأة في خطوة التفاعل وبالتالي لا يوجد ما يستدعي إعادة الحمأة من المروك للحفاظ على محتواها في غرفة التهوية. ويجب الوضع في الاعتبار أن جميع أنواع مياه الصرف التي تعالج بالطرق التقليدية للحمأة النشطة يمكن ان تعالج بنظام الـ SBR



شكل (3-11): عملية تتابع معالجة المفاعل المتتابع الدفعي

جدول (3-3): وصف لعملية المعالجة البيولوجية بطريقة المفاعل المتتابع الدفعي

الخطوة التشغيلية	الوصف
الملء	إن الغرض من هذه العملية هو إضافة أو طرح مياه الصرف الداخلة للمفاعل. وتتحكم عملية الملء في ارتفاع منسوب الماء داخل المفاعل من 25% (عند نهاية الخطوة المرحلية) إلى 100%. وتستغرق عملية الملء في العادة حوالي 25% من زمن الدورة الكاملة.
التفاعل	أن الغرض من هذه العملية هو إتمام التفاعلات التي بدأت خلال عملية الملء وتستغرق هذه العملية 35% من الزمن الكلي للدورة.
الترسيب	أن الغرض من هذه العملية هو إتاحة الفرصة للترسيب للمواد الصلبة و صرف المياه الطافية. وتعتبر هذه الخطوة في عملية SRB ذو كفاءة عالية مقارنة بمثيلاتها في نظام السريان المستمر وذلك لأن جميع محتويات المفاعل تكون في ركود كامل.
التصريف	إن الغرض من هذه العملية هو إزالة الماء الرائق المعالج من المفاعل وهذا يختلف طرق الإزالة المستخدمة حالياً ولكن أكثرها انتشاراً هو الحواجز العائمة أو المنضبطة. ويتراوح زمن عملية التصريف بين 5-30% من زمن الدورة الكاملة (15 دقيقة إلى ساعتين) ويكون الزمن المثالي هو 45 دقيقة.
السكون	إن الغرض من هذه العملية هو إعطاء الوقت الكافي للمفاعل لإكمال دورة الملء وذلك قبل الانتقال إلى مفاعل آخر، ولأن هذه المرحلة ليست ذات أهمية فإنها غالباً ما تلغى.

ب- النمو الهوائي المتلاحق

وتستخدم هذه الطريقة عادة في إزالة المواد العضوية من مياه الصرف، وفي عمليات البسترة، وتشمل المرشحات الزلطية، المرشحات الخشنة، الأقراص البيولوجية الدوارة و Fixed Film Nitrification Reactor.

□ المرشحات الزلطية (المرشحات الهوائية البيولوجية)

أن المرشحات الزلطية ما هي إلا تطور لفكرة حقول البكتريا والتي تعتمد على أحواض ذات جدران وأرضية صماء مملوءة بالزلط أو كسر الحجارة الصلبة، وعند التشغيل يملأ الحوض بالمخلفات السائلة ببطئ وعندما يمتلئ تترك المخلفات في الحوض لمدة قصيرة ثم تفرغ محتويات الحوض ويبقى فارغاً مدة أخرى قبل البدء في دورة جديدة، وتستغرق الدورة المثالية 12 ساعة (6 ساعات تشغيل و 6 ساعات راحة).

ومن مساوئ هذه الطريقة ارتفاع نسبة حدوث الانسدادات وطول فترات الراحة المطلوبة بالإضافة إلى عدم قدرتها على تحمل أحمال التلوث المرتفعة.

أما المرشحات الزلطية الحديثة (شكل 3-12) فتتكون من أحواض ذات وسط عالي المسامية لكي يتيح الفرصة للمواد العضوية أن تلتصق على سطحه بينما تتساب المياه ببطئ على سطح الزلط. ويتكون

وسط المرشح عادة من زلط أو كسر حجارة صلبة أو مواد حشو بلاستيكية، ففي المرشحات ذو الوسط الزلطي يتراوح القطر المثالي للزلط من 1 إلى 4 بوصة (25 إلى 100 ملمتر) بينما يختلف العمق طبقاً للتصميم ولكن عادة ما يتراوح بين 3 إلى 8 قدم (0.9 إلى 2.5 متر) بمتوسط 6 قدم (1.8 متر) وغالباً ما تكون هذه المرشحات دائرية وتزود بمجموعة من الموزعات الدوارة لتوزيع المياه على المرشح.



شكل (12-3):



أما المرشحات الزلطية التي تستخدم البلاستيك كوسط تختلف أشكالها من دائري إلى مربع وبأعماق تتراوح من 14 إلى 40 قدم (4 إلى 12 متر)، ومن أشهر أنواع المرشحات ذات الوسط البلاستيكي:

- ١ - المرشحات ذات السريات الرأسى للحشو
- ٢ - المرشحات ذات السريان العكسى للحشو
- ٣ - مرشحات ذو حشو عشوائى

ويتجمع الصرف الخارج من المرشحات فى خزان ترسيب حيث يتم فصل المواد الصلبة من المياه المعالجة، وفى التشغيل العلمى يتم إعادة تدوير جزء من المياه الخارجة من المرشح لتخلط مع المياه الغير معالجة وذلك لتخفيف درجة تركيز الأحمال العضوية فى المياه قبل دخولها المرشح بالإضافة إلى الحفاظ على طبقة البكتريا فى حالة رطوبة.

□ المرشحات الخشنة

وهى تشبه المرشحات الزلطية إلا أنها تختلف فى طريقة ومعدل التشغيل حيث انها صممت لتعمل بمعدل أحمال هيدروليكية عاليه، وتستخدم هذه المرشحات لتقليل الحمل العضوى فى الصرف النهائى للعمليات وفى تطبيقات النيترة الموسمية لتقليل الحمل العضوى بحيث يعتمد الصرف الخارج من العملية البيولوجية على النيترة فى خلال شهور الصيف. وفى الماضى كانت هذه المرشحات ضحلة وتستخدم وسط زلطى ولكن حالياً هناك اتجاه لاستخدام وسط صناعى أو خشب أحمر (redwood) ذو أعماق تتراوح من 12-40 قدم.

□ مفاعل المهد الثابت (Packed Bed Reactors)

وهى طريقة أخرى من طرق المعالجة باستخدام النمو الهوائى المتلاحق وتستخدم لإزالة الأكسجين الحيوى الممتص الكربونى وكذلك للنيترة. وتتكون هذه الطريقة من مفاعل محشو بوسط معين يتيح الفرصة للبكتريا الموجودة بأن تلتصق على سطحه. ويتم ملء المفاعل بالمياه من أسفل بواسطة نظام مناسب يضمن توزيع متجانس للمياه، كما يمكن إضافة هواء أو أكسجين نقى للعملية عند الضرورة. وفى العشر سنوات الماضية تم تطوير العديد من العمليات اللاهوائية المختلفة لمعالجة الحمأة والمخلفات ذات الأحمال العضوية المرتفعة، وأكثر العمليات الشائعة لمعالجة مياه الصرف بطريقة النمو اللاهوائى المعلق هى طريقة الخلط الكامل للتخمير اللاهوائى (complete mix anaerobic digestion process)

2-4-3 المعالجة البيولوجية اللاهوائية

وقد تم تطوير هذه العملية لمعالجة الحمأة و المخلفات ذات الأحمال العضوية المرتفعة، ولها العديد من المميزات والمساوئ طول فترة الاستبقاء فى المفاعل للتأكد من تثبيت المواد العضوية وذلك نتيجة لمعدل النمو البطئ.

هذا وتتحول أغلب هذه المخلفات العضوية إلى غاز الميثان والذى يمكن استخدامه فى عمليات صناعية وبالتالي فهو يعتبر منتج ثانوى.

وتتدرج درجة الحرارة المرتفعة المطلوبة لإجراء المعالجة ضمن مساوئ هذه الطريقة وذلك بالرغم من ان درجة الحرارة المرتفعة تكون مطلوبة فقط في حالة عدم القدرة على الحصول على الاستبقاء الطويل للمخلفات داخل المفاعل عند درجات الحرارة العادية.

□ العملية اللاهوائية المتلامسة

وتستخدم هذه الطريقة لمعالجة المخلفات ذات الأكسجين الحيوى الممتص العالى، حيث يتم خلط المياه الغير معالجة مع الحمأة المعاد تدويرها ثم يتم التخمير فى مفاعل محكم الغلق لمنع دخول الهواء، يلى التخمير عملية الفصل وتتم باستخدام مروق أو وحدة تعويم هوائية حيث يتم صرف المياه (وغالباً لوحدات معالجة أخرى) ويتم إعادة تدوير الحمأة المترسبة.

3-4-3 المعالجة بطريقة البحيرات

ويمكن تقييم هذه البحيرات إلى:

١ - بحيرات هوائية

٢ - بحيرات إنضاج

٣ - بحيرات Facultative

٤ - بحيرات لاهوائية

وذلك طبقاً لكمية الأكسجين الموجودة، وأكثر هذه البحيرات انتشاراً فى مصر هى بحيرات التثبيت الهوائية

أ بحيرات التثبيت الهوائية

وهى بحيرات صناعية كبيرة ضحلة تستخدم لمعالجة مياه الصرف باستخدام طرق طبيعية تشمل استخدام كلا من البكتريا والطحالب.

ويوضح جدول (3-4) و (3-5) طرق المعالجة الرئيسية المستخدمة فى مصر، مميزاتها، مخاطرها، مشاكلها، وتطبيقاتها فى الصناعة المصرية.

جدول (3-4) طرق المعالجة الرئيسية - مميزاتا و عيوبها

طريقة المعالجة	المميزات	المخاطر والمشاكل	مؤشرات التشغيل	مؤشرات الرصد
المصافي	- إزالة الجزيئات العالقة الكبيرة الحجم وبالتالى تقليل الحمل العضوى. - تجانس السريان	- انسدادات، طفح وقد يحدث انبعاثات لروائح نتيجة لعدم التنظيف المستمر	- المواد العالقة الكلية	- المواد العالقة الكلية
فاصل CPI, API	- بساطة التصميم - معالجة كميات كبيرة - المتطلبات لمعدات ميكانيكية وكهربائية محدودة - تكاليف صيانة وتشغيل قليلة	- تتطلب مساحة كبيرة - إمكانية محدودة لإزالة الزيوت والشحوم	- الزيوت والشحوم الحرة	- الزيوت والشحوم الحرة
معادلة السريان	- تقليل حجم وتكلفة منشآت المعالجة	- تحتاج لمساحة كبيرة من حالة السريان بمعدل مرتفع - ظروف لاهوائية فى حالة إذا لم يتم التهوية	- زمن البقاء	- العكارة
أحواض الترسيب	- سهولة التشغيل - ثبات عملية المعالجة (تقليل الحمل المفاجئ)	- قد يسبب عدم التحكم الصحيح على خزانات الترسيب إلى حمل زائد فى الـ BOD والمواد الصلبة قشور - تتطلب مساحة كبيرة	- المواد العالقة الكلية - لأكسجين الكيمائى الممتص	- المواد العالقة الكلية

طريقة المعالجة	المميزات	المخاطر والمشاكل	مؤشرات التشغيل	مؤشرات الرصد
فاصل الرقائق (Lamella)	- كفاءة فصل عالية. - سهولة صرف الحمأة المترسبة. - تتطلب مساحة صغيرة	- مشاكل فى التنظيف	- المواد العالقة الكلية - الأكسجين الكيميائي الممتص	- المواد العالقة الكلية
التجمع (coalescence)	- صغير ومضغوط - سهولة الصيانة والتشغيل - تكلفة قليلة	- سعة محدودة - إزالة جزئية للزيوت المستحلبة	- الزيوت والشحوم الكلية	- الزيوت والشحوم الكلية
التعويم بالهواء الذائب (DAF)	- إزالة كلا من الزيوت الحرة والمستحلبة - إزالة كلا من المواد الصلبة العائمة (الطافية) والراسبة. - إمكانية إزالة جميع الجزيئات الصغيرة والخفيفة فى وقت قصير	- استهلاك مرتفع للكيمياويات - زيادة نسبية لكمية الحمأة النهائية	- الزيوت والشحوم - المواد العالقة الكلية - لأكسجين الكيميائي الممتص	- المواد العالقة الكلية - الزيوت والشحوم
الحمأة النشطة التقليدية	- تتطلب مساحة صغيرة - لا توجد مشاكل من الذباب	- ارتفاع استهلاك الطاقة - تراكم الحمأة - تحتاج لعمالة ماهرة للتشغيل	- MLSS - MLVSS - مستوى الأكسجين الذائب	- الأكسجين الحيوى الممتص
التهوية لمدة طويلة	- يتم هضم الحمأة جزئياً داخل الخزان. - مقاومة أكبر لتغيير فى الأحمال المفاجئة	- زمن الاستبقاء فى المروق النهائى - ضعف الطريقة التقليدية - استهلاك مرتفع للأكسجين	- MLSS - MLVSS - مستوى الأكسجين الذائب	- الأكسجين الحيوى الممتص

طريقة المعالجة	المميزات	المخاطر والمشاكل	مؤشرات التشغيل
----------------	----------	------------------	----------------

مؤشرات الرصد				
البحيرات المهواه تهوية صناعية	- إزالة جيدة للأكسجين الحيوى الممتص	- زيادة كبيرة فى الحمأة المنتجة ارتفاع نسبة المواد الصلبة العالقة فى الصرف	- مستوى الأكسجين الذائب	- الأكسجين الحيوى الممتص
المفاعل المتتابع الدفعى (SBR)	- كفاءة عالية توفير فى المساحة حيث لا يوجد مروق منفصل انتاج كمية أقل من الحمأة	- ارتفاع استهلاك الطاقة حدوث قصور فى حالة حدوث أى مشاكل فى نظام التحكم الآلى	- المواد العالقة الكلية لأكسجين الكيمياء الممتص	- لأكسجين الكيمياء الممتص
المرشحات الزلطية	- تكلفة قليلة للمعدات والطاقة إمكانية احتمال أى تغير مفاجئ فى الأحمال العضوية أدنى كمية حمأة منتجة	- مشاكل من الذباب والروائح سعة محدودة انسداد المرشحات	- الأكسجين الحيوى الممتص لأكسجين الكيمياء الممتص	- الأكسجين الحيوى الممتص لأكسجين الكيمياء الممتص
Bio tower	- أدنى كمية حمأة منتجة تصميم رأسى وبالتالي لا يحتاج إلى مساحة	- مشاكل من الذباب والروائح سعة محدودة انسداد المرشحات	RO	- لأكسجين الكيمياء الممتص
المعالجة اللاهوائية	- أحمال عضوية مرتفعة كمية قليلة من الحمأة	- إنتاج الـ Biogas درجة الحرارة المطلوبة 30 °م حساسية عالية للتغير الفاجئ فى الأحمال العضوية	- المواد العالقة الكلية الأكسجين الحيوى الممتص لأكسجين الكيمياء الممتص	- الأكسجين الحيوى الممتص

جدول (3-5) طرق المعالجة الرئيسية واستخداماتها في مصر

طرق المعالجة	الاستخدام في مصر
المصافي	- صناعات الأغذية (شركة إدفينا للأغذية المحفوظة) - صناعات النسيج (شركة النصر للصوف والغزل الممتازة - ستيا)
فاصل CPI, API	- شركة العامرية لتكرير البترول - شركة السويس لتكرير الزيوت - شركة سوميد
معادلة السريان	- صناعات الألبان (شركة سيكلام لمنتجات الألبان)
أحواض الترسيب	- صناعات النسيج (الشركة العربية للغزل والنسيج UNIRAB)
فاصل الرقائق (Lamella)	- صناعات الأدوية (شركة النيل لصناعات الأدوية)
التجمع (coalescence)	- محطات الغاز
التعويم بالهواء الذائب (DAF)	- محطات الزيوت والصابون (شركة طنطا للزيوت والصابون) - صناعات الأغذية (شركة إدفينا للأغذية المحفوظة)
الحماة النشطة التقليدية	- صناعات الأدوية (شركة العامرية للأدوية)
التهوية لمدة طويلة	- صناعات الأدوية (شركة النيل لصناعة الأدوية)
البحيرات المهواة تهوية صناعية	- الوحدة المركزية لمنطقة برج العرب الصناعية
المفاعل المتتابع الدفعي (SBR)	- شركة المصريين للألبان
المرشحات الزلطية	- مصر رايون بكفر الدوار - شركة النصر للغزل والنسيج، المحلة
البرج البيولوجي Bio tower	- شركة اسود الكربون
المعالجة اللاهوائية	- شركة النشا والخميرة

3-5 التقنيات المجمعّة المستخدمة في مصر**3-5-1 المعالجة الفيزيو كيميائية**

تستخدم المعالجة الفيزيائية الأولية لتقليل الحمل العضوى الناتج من وجود نسبة مرتفعة من المواد الصلبة العالقة والزيوت والشحوم وذلك قبل إجراء المعالجة الكيميائية، وغالباً ما تكون هذه الخطوة الأولية عبارة عن فاصل لإزالة المواد الغير الذائبة والغير ممتزجة من مياه الصرف.

وتمر المخلفات السائلة أولاً فى مصفاة بغرض حجز مواد الردم والهدم ثم تدخل إلى مصيدة زيوت لإزالة الزيوت الحرة، وغالباً ما تكون الخطوة الأولى فى المعالجة هى الترويق لإزالة العكارة والمواد الطافية والراسبة وذلك لأن وجود هذه الملوثات يؤثر على عملية المعالجة ويحد منها.

ويتم إجراء خطوة الترويق قبل إدخال المياه خزان المعادلة (التجميع) والذي يهدف إلى التحكم فى تغيرات كواصفات مياه الصرف

وفى المعالجة الكيميائية يتم إضافة الكيماويات المروية ويتم خلطهم ميكانيكياً وذلك بغرض تكوين ندف هلامية (Flocs) والتي يمكن بعد ذلك ترسيبها باستخدام حوض الترويق الأولى.

كما يمكن استخدام وحدة التعويم باستخدام الهواء الذائب (DAF) كطريقة فيزيو كيميائية وذلك لإزالة المواد العالقة والزيوت والشحوم وبالتالي تقليل الحمل العضوى.

3-5-2 المعالجة الكيميائية البيولوجية

ويتم استخدام هذه الطريقة عند وجود نسب مرتفعة من المواد الصلبة الذائبة والمعلقة وذلك بهدف تقليل الحمل العضوى للمياه قبل إدخالها على وحدة المعالجة البيولوجية.

كما يجب ملاحظة أن الرمال والزيوت والشحوم والمواد الناتجة الأخرى يجب ألا تدخل وحدة المعالجة البيولوجية وذلك لما لهذه المواد من آثار سيئة على البكتريا حيث يمكن أن تسمم البكتريا أو تقتلها، ولذلك فإن المعالجة الأولية الجيدة تعطى أداء جيد وثابت لفترة طويلة.

ومن وجهة النظر الصناعية، فإن المعالجة الكيميائية الأولية تتيح الفرصة للمعالجة البيولوجية ان تعمل تحت ظروف ثابتة، ولذلك فإنه من الضروري إجراء الخطوات الآتية قبل الدخول فى مرحلة المعالجة البيولوجية:

- ☐ منع دخول أى مواد سامة أو حائلة.
- ☐ معالجة مياه الصرف الداخلة والتي قد تكون متغيرة الأحمال نتيجة للتهوية فى أحواض المعادلة.
- ☐ فصل الرواسب العضوية والغير عضوية.
- ☐ معادلة التذبذب فى الأس الهيدروجينى.

3-5-3 المعالجة الهوائية / اللاهوائية

وتستخدم هذه الطريقة في حالة:

- ☐ وجود حمل عضوى مرتفع للغاية
- ☐ احتواء الحمل العضوى على كمية كبيرة من مركبات المواد العضوية.

وتصل كفاءة المرحلة اللاهوائية إلى حوالى 75-80%، ثم يمر الصرف إلى المرحلة الهوائية لاستهلاك باقى المواد العضوية، ويتم ضخ الـ aerobic biosolids الزائدة إلى خزان الحمأة الهوائية بينما يتم ضخ الـ anaerobic biosolids الزائدة إلى خزان الحمأة اللاهوائية ثم إلى وحدة نزع الماء. وتطبيقات هذه الطريقة محدودة فى مصر مقارنة بأوروبا وأمريكا حيث تستخدم بكفاءة وثبات عال الذى يضمه إجراء العملية على مرحلتين. ويوضح شكل (3-13) الدورة التشغيلية لهذه الطريقة.





3-6 معالجة الحمأة والتخلص منها (Sludge Treatment & Disposal)

نتيجة لعمليات معالجة المخلفات السائلة تنفصل نسبة كبيرة من المواد الصلبة عن المخلفات السائلة ومن ثم يلزم التخلص من كل من المواد الصلبة والسوائل كل على حدة.

وتشتمل المكونات التي يتم فصلها في محطات المعالجة خبث المصافي والرمال والزلط ونواتج الكشط والحمأة وتحتوى الحمأة على نسبة عالية من المياه حيث تصل نسبة المواد الصلبة فيها إلى 0.25 % - 12 % بالوزن وتختلف النسبة طبقاً للعمليات المستخدمة. وتعتبر الحمأة أكبر المخلفات من حيث الحجم، وتعتبر عمليات المعالجة والتخلص من الحمأة من أعقد المشاكل التي تواجه المهندس المتخصص في مجال معالجة مياه الصرف.

المشاكل التي تتعلق بالحمأة معقدة لأن الجزء الأكبر منها يحتوى على المواد التي تتسبب في وجود الخواص الكريهة لمياه الصرف الغير معالجة. وبالنسبة للحمأة الناتجة من عمليات المعالجة البيولوجية فإن الجزء الذى يجب التخلص منه يتكون من المواد العضوية الموجودة بمياه الصرف ولكن فى شكل آخر يمكن أن يتحلل ويصبح كريهاً أيضاً. ويبقى جزء قليل فقط من الحمأة فى صورة مواد صلبة. وتستخدم عمليات التخزين (التركيز) والتجهيز ونزع المياه والتجفيف أساساً فى التخلص من الحمأة من نسبة المياه الموجودة بها. وتستخدم عمليات الهضم والكمز والحرق وأكسدة الهواء الرطب والمفاعلات والأنابيب الرأسية أساساً فى تجهيز وتثبيت المادة العضوية فى الحمأة.

3-6-1 العمليات الأولية

تعتبر عمليات طحن الحمأة وإزالة الرمال والخط والتخزين من العمليات الضرورية من أجل تجهيز الحمأة لإدخالها على معدات معالجة الحمأة فى شكل منتظم ومتجانس نسبياً. ويمكن إتمام عمليتي الخط والتخزين فى وحدة واحدة مصممة للقيام بعمليتين أو إتمام كل عملية على حدة فى وحدات المحطة المختلفة.

أ- طحن الحمأة

هى عملية يتم فيها تقطيع القطع الكبيرة والأجزاء الخيطية والألياف الموجودة بالحمأة إلى قطع صغيرة لمنع انسداد المعدات أو التفاف قطع الحمأة حولها.

ب- إزالة الحصى من الحمأة

فى بعض المحطات التى لا تستخدم معدات منفصلة لإزالة الحصى قبل أحواض الترسيب الابتدائي أو التى تحتوى على معدات لإزالة الرمال ولكنها غير ملائمة لتحمل مستويات التدفق العالية أو احمال الحصى المرتفعة. فإنه قد يكون من الضرورى إزالة الرمال قبل القيام بأي عمليات أخرى للحمأة. وتأتى عملية إزالة الرمال والحصى كحل عملى حين يتطلب الأمر مزيداً من التخزين للحمأة الأولية

وأفضل الطرق لإزالة الحصى والرمال من الحمأة هو عن طريق استخدام الطرد المركزى فى نظام تدفق من أجل فصل جزيئات الحصى والرمال من الحمأة العضوية ويتم هذا الفصل من خلال استخدام فاصل الرمال الدوار (cyclone degritter) الذى لا يحتوى على أجزاء متحركة (بالطرد المركزى).

ج- خلط الحمأة

يتم خلط الحمأة من أجل تكوين خليط متجانس وهذا مهم في أنظمة الزمن القصير للاستبقاء مثل عملية نزع المياه من الحمأة والمعالجة الحرارية والحرق. ويجب إدخال حمأة ذات قوام متجانس وجيد الخلط إلى وحدات المعالجة لزيادة كفاءة التشغيل للمحطة ويمكن خلط الحمأة من المراحل الأولية والثانوية والمتقدمة بطرق عديدة:

- ☐ في أحواض الترسيب الابتدائي
 - ☐ في الأنابيب
 - ☐ في معدات معالجة الحمأة التي لها زمن استبقاء طويل
 - ☐ في حوض منفصل للخلط
- وعادة يتم تزويد أحواض الخلط بالقلابات الميكانيكية والحواجز للحصول على الخلط الجيد

د- تخزين الحمأة

يجب تخزين الحمأة من أجل تقليل الإضرابات في معدل إنتاج الحمأة وإتاحة الفرصة لتراكم الحمأة أثناء توقف تشغيل وحدات معالجة الحمأة. وتأتي أهمية تخزين الحمأة في تثبيت معدل إدخال الحمأة بالنسبة للعمليات الآتية:

- ☐ التثبيت بالجير
- ☐ المعالجة الحرارية
- ☐ نزع المياه الميكانيكي
- ☐ التجفيف
- ☐ الاختزال الحراري

وفي الوحدات الصغيرة الحجم يتم تخزين الحمأة عادة في أحواض الترسيب والتخمير. أما في الوحدات الكبيرة التي لا تستعمل المخمرات الهوائية أو اللاهوائية فيتم تخزين الحمأة غالباً في أحواض خلط وتخزين منفصلة. ويمكن تغيير حجم الحوض ليتم استبقاء الحمأة لعدة ساعات وحتى عدة أيام وإذا تم تخزين الحمأة لأكثر من يومين أو ثلاثة فإنها تفسد ويصعب تجفيفها.

3-6-2 تثخين الحمأة

يستخدم التثخين لزيادة نسبة المواد الصلبة في الحمأة من خلال إزالة جزء من المحتوى المائي. وتتم عملية التثخين بطرق فيزيائية كالتثخين بالترسيب والطفو وتستخدم الطريق الأولى بكثافة بينما تستخدم الطريقة الثانية نادرا.

□ التثخين بالترسيب

يتم التثخين بالترسيب في أحواض مماثلة لأحواض الترسيب المعروفة ، وغالبا تستخدم أحواض دائرية لهذا الغرض. ويتم استرجاع السائل الذي يطفو على سطح الحمأة المركزة إلى حوض الترسيب الابتدائي أو إلى بداية محطة المعالجة. ويتم ضخ الحمأة المثخنة المترسبة في أسفل الحوض إلى أحواض التخمر أو إلى وحدة نزع المياه. ويعتبر التثخين بالترسيب هو الأسلوب الأكثر فعالية بالنسبة للحمأة الأولية.

3-6-3 تثبيت الحمأة

يتم تثبيت الحمأة من أجل:

- (١) تقليل الطفيليات.
- (٢) التخلص من الروائح الكريهة.
- (٣) تقليل أو منع احتمال التعفن.

وتشمل تكنولوجيات تثبيت الحمأة:

- (١) التثبيت بالجير.
- (٢) التثبيت بالتسخين.
- (٣) التخمر اللاهوائي.
- (٤) التخمر الهوائي.

ويعتبر التثبيت بالجير هو أكثر الطرق المستخدمة في مصر.

□ التثبيت بالجير

يضاف الجير إلى الحمأة الغير معالجة في كميات مناسبة بغرض رفع الأس الأيدروجيني إلى 12 أو أكثر. وهناك طريقتان لإضافة الحمأة إما قبل التجفيف أو بعد التجفيف، ويمكن استخدام إما الجير المائي أو الجير الحى في تثبيت الحمأة كما يمكن استخدام الرماد (Fly Ash) وتراب مداخن الأسمنت (Cement Kiln Dust) كبديل للجير في بعض الأحيان.

ويعطى التثبيت بالجير بعد التجفيف مزايا هامة بالمقارنة بالتثبيت الجبرى قبل التجفيف ومنها:-

- ١ - يمكن استخدام الجير الجاف وبذلك لا تحتاج إلى إضافة المزيد من الماء إلى الحمأة الجافة.
- ٢ - لا يوجد أى احتياجات خاصة للتجفيف.
- ٣ - التخلص من مشاكل القشور (scaling) وصيانة معدات تجفيف الحمأة بالجير.

4-6-3 تجفيف الحمأة (Sludge Dewatering)

هى عملية ميكانيكية تستخدم لتقليل نسبة المياه فى الحمأة، وكثير ما يتم التجفيف خلال مرحلة المعالجة الكيميائية (التجهيز) لتحسين واصفات الحمأة.

التجهيز الكيميائى □

تعتبر عملية تجهيز الحمأة للتجفيف باستخدام الكيماويات عملية اقتصادية لما لها من عائد كبير ومرونة فى الاستخدام حيث يتيح التجهيز الكيميائى تقليل نسبة الرطوبة فى الحمأة الداخلة (90-99%) إلى 65-85% حسب طبيعة المواد الصلبة التى يتم معالجتها.

وتتم عملية التجهيز قبل إدخال الحمأة إلى أنظمة التجفيف الميكانيكية مثل التجفيف بخلخلة الهواء (vacuum filtration) وبآلة الطرد المركزية centrifugation وبالمرشحات.

وتشمل الكيماويات المستخدمة كلوريد الحديدىك والجير والشبة والبلمرات العضوية مع العلم بأن إضافة الكيماويات إلى الحمأة يمكن أن يزيد من حجم المواد الصلبة وذلك حسب نوع الكيماويات فالبلمرات مثلاً لا تزيد فى حجم المواد الصلبة بنسبة عالية، بينما يمكن لأملاح الحديد والجير زيادة المواد الصلبة الجافة بنسبة 20-30% والأسهل أن يتم تحديد كميات وإضافة الكيماويات فى شكل سائل وتستخدم أحواض خاصة لإزالة الكيماويات فى حالة استلامها فى شكل بودرة وفى معظم المحطات يجب أن تستوعب هذه الأحواض الكيماويات التى تحتاجها المحطة خلال لمدة يوم عمل واحد على الأقل ويجب أن يتواجد خزانات بديلة وتكون مصنعة أو مبطنة بمادة ضد التآكل. ومن المواد المناسبة لتبطين الأحواض والمواسير التى تستقبل الأحماض البولي فينيل كلورايد والبولى إيثلين والمطاط. ويجب أيضاً أن تكون المضخات مصنوعة من مادة مقاومة للتآكل وعادة تكون هذه الطلمبات من نوعية الدفع الإيجابى للتحكم فى سرعة ومعدلات التدفق.

وتستخدم البلمرات عادة فى التجفيف بقوى الطرد المركزية أو بالمرشحات السيرية (belt press) ولكنها تستخدم بمعدل أقل فى الترشيح بالضغط أو الترشيح التفريغى، حيث تستخدم عادة كميات من كلوريد الحديدىك والجير من أجل تجهيز الحمأة قبل التجفيف بالترشيح التفريغى.

وينبغى الخلط الجيد للحمأة مع المروب بحيث لا يفسد الندف الهلامى (floc) بعد تكوينه وينبغى أيضاً أن يبقى زمن الاستبقاء أقل ما يمكن حتى تصل الحمأة إلى وحدة التجفيف بعد التجهيز مباشرة.

التجفيف الميكانيكى □

تشمل الاساليب المتاحة لعملية التجفيف: التجفيف بالقوة المركزية - المرشحات السيرية - المرشحات ذات الألواح المرصوصة (recessed plate) - التجفيف على أسطح من الرمال-أحواض التجفيف.

١ -التجفيف بالآلة الطاردة المركزية (centrifugation)

يستخدم هذا الأسلوب بكثرة فى الصناعة من أجل فصل السوائل ذات الكثافات المختلفة ولتثخين الحمأة وإزالة المواد الصلبة. والآلات التى تستخدم فى التجفيف بالقوى الطاردة المركزية تكون إما وعاء صلب أو اسطوانة ذات جدران مسامية.

□ آلة الطرد المركزية (الوعاء الصلب) Solid Bowl Centrifuge

فى داخل هذه الآلة يتم تغذية الوعاء الدوار بالحمأة بمعدل ثابت حيث تنفصل إلى قالب (cake) كثيف يحتوى على المواد الصلبة وسائل مخفف. هذا السائل يحتوى على المواد الصلبة ذات الكثافة المنخفضة ويتم استرجاعه إلى وحدات معالجة مياه الصرف. أما قالب الحمأة الذى يحتوى على نسبة 70-80 % من الرطوبة فيتم إخراجها من الوعاء من خلال مصفاة (Screen seeder) إلى مخروط استقبال (Hopper) أو إلى سيور ناقلة.

وتناسب آلة الطرد المركزية هذه مع تطبيقات عديدة فى تجفيف الحمأة وتتيح الوحدة تجفيف الحمأة بدون أى معالجة كيميائية سابقة ولكن التجهيز بالبلمرات يؤدي إلى تحسين جودة الحمأة المجففة والوسائل المخفف.

□ آلة الطرد المركزية ذات الأسطوانة ذات الثقوب (Imperforated Basket Centrifuge)

يستخدم هذا النوع من الآلات بالذات فى الوحدات الصغيرة الحجم، ويمكن استخدامها لتركيز وتجفيف الحمأة المنشطة بدون تجهيز كيميائى وبقدرة فصل للمواد الصلبة تصل إلى 90%. وبمجرد ان تمتلئ الاسطوانة بالمواد الصلبة، تبدأ الوحدة بخفض سرعتها وفى حالة التجفيف تتم عملية الكشط قبل البدء فى التقلب والكشط عبارة عن إزالة الحمأة الطرية من الجدار الداخلى للأسطوانة. وعادة يساوى حجم الحمأة المكشوفة 15-50 % من حجم الاسطوانة ثم يتم بعد ذلك استرجاع الحمأة المكشوفة وإدخالها فى نظام المعالجة.

٢ -المرشحات السيرية (Belt Press)

تعمل المرشحات السيرية على تجفيف الحمأة بطريقة التغذية المستمرة باستخدام المعالجة الكيميائية (التجهيز الكيميائى) والتصريف بالجاذبية والضغط الميكانيكى. وفى معظم المرشحات السيرية ما يتم إدخال الحمأة المعالجة (المجهزة) إلى منطقة التصريف بالجاذبية حيث يتم تخزينها وفى هذه المنطقة (الوحدة)، يتم التخلص من معظم الماء الحر بفعل الجاذبية.

وفى بعض الأحيان تزود مثل هذه الوحدات بجهاز تفريغ الضغط (vacuum) الذى من شأنه تحسين الصرف وتقليل الروائح الكريهة ويلى هذه المرحلة إدخال الحمأة فى وحدة ضغط منخفض يليها وحدة ضغط عالى حيث تتعرض الحمأة إلى قوة سطحية (Shearing force) عندما تمر السيور خلال سلسلة من الاسطوانات الدوارة.

وبذلك فإن القوة السطحية وقوة العصر يساعدان فى التخلص من كميات إضافية من المياه. ويتم إزالة قوالب الحمأة النهائية المخففة من على السيور من خلال شفرات كاشطة كما هو مبين بالشكل رقم (14-3).

ويتكون نظام المرشحات السيرية غالبا من عدة أجزاء: مضخات تغذية الحمأة - معدات تغذية البلمرات- حوض تجهيز الحمأة - مرشح سيرى - سيور لتحريك الحمأة المجففة - أجزاء مساعدة (مضخات المياه- هواء مضغوط).



٣ - مرشحات الألواح المرصوصة المجوفة (Filter press)

يبين الشكل رقم (3-15) هذه النوعية من المرشحات التي يتم فيها التجفيف من خلال نزع الماء من الحمأة بالقوة تحت ضغط مرتفع. ومن ميزات هذه المرشحات.

١ - التركيز العالي للحمأة المجففة

٢ - نقاء الماء المرشح

٣ - قوة فصل للمواد الصلبة

وأما العيوب فتتمثل في :-

١ - تعقيد الأجزاء الميكانيكية

٢ - ارتفاع تكلفة الكيماويات

٣ - ارتفاع تكلفة العمالة

٤ - قصر العمر الافتراضي للنسيج المستخدم في الترشيح

وهناك أنواع عديدة من هذه المرشحات من أهمها مرشحات الألواح المجوفة بنوعها: الحجم الثابت والحجم المتغير.

□ مرشحات الألواح المجوفة ذات الحجم الثابت:

تتكون هذه المرشحات من سلسلة من الألواح المستطيلة مجوفة من الناحيتين ويتم تثبيتها وجها لوجه في وضع رأسي على إطار به رأس متحركة وثابتة. ويتم تثبيت أو تعليق مرشح نسيجي على كل لوح من الألواح ويتم ربط الألواح ببعض بحيث تقوى على تحمل الضغط المرتفع أثناء عملية الترشيح. وأثناء التشغيل يتم ضخ الحمأة المعالجة كيميائياً في الفراغ الموجود ما بين الألواح ثم يتم نزع الماء عن طريق وضع الحمأة تحت ضغط مرتفع يتراوح ما بين 100-225 رطل قدم/بوصة² (150-690 ك ن/م²) لمدة ساعة إلى ثلاث ساعات فيخرج الماء من خلال النسيج المرشح ومجاري الألواح إلى الخارج. بعدها يتم فصل الألواح وإزالة الحمأة واسترجاع الماء المرشح إلى بداية عمليات المعالجة. ويتراوح سمك قوالب الحمأة المجففة من بوصة إلى بوصة ونصف (25-38مم) وتتراوح نسبة الرطوبة من 48 إلى 70% ويتراوح زمن الدورة الترشيحية من ساعتين إلى خمس ساعات ويشمل الوقت المستغرق في: (1) ملء المرشح، (2) وضع الحمأة تحت ضغط مرتفع، (3) فتح المرشح، (4) الغسيل وإزالة الحمأة المجففة، و (5) غلق المرشح.

□ مرشحات الألواح المجوفة (ذات الحجم المتغير)

هناك نوع آخر من المرشحات يستخدم في تجفيف الحمأة وهي مرشحات الألواح المجوفة ذات الحجم المتغير وهي شبيهة بالمرشحات ذات الحجم الثابت إلا أنه يوضع خلف النسيج الترشيحي حواجز من المطاط. ويتمدد هذا المطاط للحصول على قوة الضغط النهائية، وبذلك يتم تقليص حجم الحمأة الجافة أثناء عملية الكبس.

شكل (3-15): مرشح الألواح المجوفة.



٤ - سرائر تجفيف الحمأة

تستخدم هذه الطريقة عادة لتجفيف الحمأة المخمرة وبعد التجفيف، يتم إزالة الحمأة والتخلص منها في مدفن صحرى أو استخدامها كسماد للتربة.

وتتمثل الميزات الأساسية لهذه الطريقة في انخفاض التكلفة وعدم الاحتياج إلى رقابة وزيادة تركيز المواد الصلبة في الحمأة المجففة الناتجة. وهناك أربعة أنواع من هذه المرشحات:

(١) الأسطح الرملية

(٢) الأسطح المرصوفة

(٣) الأسطح الصناعية

(٤) ما سبق مع احداث تفريغ (Vacuum-assisted)

وتعتبر الأسطح الرملية هي الأكثر استخداماً.

□ التجفيف على أسطح من الرمال

عادة تستخدم هذه الطريقة للأحجام الصغيرة والمتوسطة ، وفيها يتم فرد الحمأة في طبقة بسمك 12-8 بوصة (200-300مم) وتركها لتجف. ويتم التجفيف عن طريق تصريف المياه من خلال طبقات الرمال والزلط وأيضا عن طريق تبخر جزء بفعل الشمس وحرارة الجو. ومعظم المياه تترك الحمأة بالترسب، لذلك فمن الضروري وضع شبكة مواسير صرف مفتوحة الوصلات في القاع.

وتغطي هذه المواسير بطبقة من الزلط بارتفاع 12-9 بوصة (230-300) مع الأخذ في الاعتبار احتياجات أعمال النظافة.

وتكون نسبة الماء في الرواسب حوالى 60% وذلك بعد 10 أو 15 يوم تحت ظروف جيدة. ويمكن إزالة الحمأة بعد ذلك بعدة طرق مثل الجرف اليدوى ثم رميها في عربات النقل أو عن طريق كاشط أو ناشل ويجب مراقبة هذه العملية خصوصاً عملية مرور عربات النقل لمنطقة المرشحات.

وتستخدم السرائر المفتوحة عند وجود مساحة كافية لها وتكون معزولة لتجنب الشكاوى نتيجة لإنبعاثات الروائح الكريهة ولذلك يجب إقامتها على بعد حوالى 300 قدم (100 متر) على الأقل من المناطق العمرانية. أما السرائر المغلقة فتستخدم عند وجود حاجة إلى تجفيف الحمأة باستمرار طوال العام بغض النظر عن حالة الجو وعند وجود صعوبة لإقامة المرشحات في منطقة معزولة.

٥ - أحواض التجفيف

ويمكن استخدامها كبديل لسرائر لتجفيف الحمأة في حالة الحمأة المخمرة فقط وذلك لأن في حالة استخدامها للحمأة الغير معالجة أو الحمأة الجيرية أو الحمأة المحتوية على نسبة سائل مرتفعة فسينتج منها روائح كريهة.

ونظراً للقوانين البيئية الصارمة فإن التجفيف عن طريق تسرب المياه إلى المياه الجوفية يستخدم في نطاق محدود وخصوصاً إذا كانت هذه المياه الجوفية تستخدم كمياه شرب ففي هذه الحالة يجب عزل الحوض بعازل قوى حتى لا تتعرض المنشأة لمخالفات قانونية.

وعادة ما يتراوح عمق الحمأة ما بين 2,5 إلى 4 قدم (0,75 إلى 1,25 م) ويتم التجفيف بفعل عاملين

- تبخر جزء من الماء بفعل الشمس وحرارة الجو
- تسرب جزء من الماء إلى شبكة مواسير الصرف ونظراً لشدة تلوثها فيجب إعادتها إلى عمليات المعالجة.

ويتم إزالة الحمأة ميكانيكياً وتكون نسبة المواد الصلبة بها حوالى 25-30%، ويتراوح زمن الدورة الكاملة للأحواض ما بين عدة شهور إلى عدة سنين ويجب وجود حوضين على الأقل حتى في المصانع الصغيرة وذلك لضمان وجود مكان للتخزين خلال عمليات التنظيف والصيانة وفي حالات الطوارئ.

3-6-5 التخلص من الحمأة واستخدامها**أ- الاستخدامات المفيدة للحمأة**

تستخدم الحمأة البيولوجية كمخصب للتربة وذلك لما لها من قيمة تخصيبية تعتمد في المقام الأول على محتواها من النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم وتحتوى الحمأة على كميات صغيرة من عناصر حيوية من المواد الغير عضوية والتي تعتبر ذات أهمية كبيرة للنبات والحيوان، ويستخدم مصطلح "المواد الثقيلة" للإشارة إلى الأنواع المختلفة من العناصر الحيوية المتواجدة في الحمأة والتي يحدد تركيزها الاستخدامات الأرضية للحمأة وذلك لأن ارتفاع التركيز قد يحد من معدل وعمر استخدام الحمأة. كما يمكن معالجة الحمأة كيميائياً وذلك لتثبيتها لاستخدامها كغطاء للمدافن أو في عمليات البنية أو مشاريع استصلاح الأراضي.

وتتم عملية التثبيت الكيميائي (التصلب) للحمأة الصناعية والمخلفات الخطرة بغرض إبطال تأثير المكونات الغير مرغوب فيها حتى يمكن استخدام الحمأة كغطاء للمدافن وفي مشاريع استصلاح الأرض كما يمكن التخلص من الحمأة المتبقية في المدافن الصحية. وتتكون عملية التثبيت الكيميائي في خلط للمياه المعالجة أو الغير معالجة أو الحمأة منزوعة المياه مع عوامل تثبيت مثل الأسمنت وسليكات الصوديوم والبوزولان والجير ويمثل المنتج النهائى فى قوامه الطين الطبيعى.

ب- التخلص من الحمأة

تشمل طرق التخلص الأرض من الحمأة والمواد الصلبة الغير مفيدة المدافن الصحية والأحواض.

□ المدافن

يوجد للحماة الصناعية نوعين من المدافن واحد للمخلفات الخطرة وآخر للمخلفات الغير خطرة. ويتم تصميم المدافن بطريقة هندسية تمنع حدوث أى تلوث للمياه الجوفية أو تسرب للمخلفات، ولذلك فإن المدافن غالباً ما تكون ذو سمك يتراوح ما بين 3 إلى 1 أقدام وتغطى بطبقة غير نفاذه من الطين تستخدم كعازل لمنع وصول مياه الأمطار للمدافن وفى بعض الأحيان يتم تثبيت حواجز من البلاستيك على الغطاء لهذا الغرض.

كما يتم تبطين حوائط وأرضية المدفن بالطين الغير نفاذ مع عمل شبكة تجميع فى قاع المدفن لجمع نواتج التحليل وضخها إلى محطة معالجة مياه الصرف.

أما فى المدافن الخاصة بالمخلفات الخطرة فإنها يجب ان تطابق مجموعة من الشروط الأكثر صرامة، فيجب تبطين الحوائط والأرضية بعازل مزدوج من البلاستيك ويتم جمع نواتج التحليل ويتم التخلص منها بطريقة سليمة، كما يجب تغطية المدفن بمادة غير مسامية وغالباً ما يتم وضع عازل مائى من البلاستيك فوق الغطاء.

ويجب تقسيم المدفن إلى مجموعة خلايا بينهم حواجز من الرمل أو الطين لمنع حدوث حرائق وذلك لصعوبة التحكم فى الحرائق فى المدافن.

□ ويجب عند تشغيل المدفن مراعاة ما يلى:

- التحكم فى المخلفات التى قد تتناثر بفعل الرياح حول المدافن وذلك بإقامة الأسوار والحواجز.
- إنشاء سجلات للتأكد من نوعية المخلفات حتى لا تدفن مخلفات خطرة فى مدفن معد لمخلفات غير خطرة، كما يجب اتباع اللوائح الخاصة المطلوبة لسجلات المدافن الخطرة.
- يجب ان يجهز المدفن بالأسوار أو الحواجز التى تمنع وصول العامة والحيوان إلى أرض المدفن وذلك لإمكانية خطورة المدفن وعدم وعى الناس بذلك.
- يجب تجهيز المنطقة حول المدفن لتصريف الأمطار بعيداً عن المدفن وذلك باستخدام قنوات أو نظام صرف حول المدفن.

□ الأحواض

وهى عبارة عن أحواض أرضية يتم فيها التخلص من الحماة الغير معالجة أو المخمرة، وفى أحواض الحماة الغير معالجة يتم تثبيت المواد العضوية بالتكسير الهوائى واللاهوائى مما قد ينتج عنه تصاعد روائح كريهة. هذا وترسب المواد المثبتة فى قاع الحوض وتتراكم بينما يتم إعادة المياه الزائدة فى الأحواض إلى وحدة المعالجة.

ويجب عند إقامة مثل هذه الأحواض مراعاة بعدها عن المناطق السكنية والطرق الرئيسية وذلك لتقليل مصادر الإزعاج مع أفضلية إحاطتها بسور لمنع دخول الأشخاص الغير معينين إليها.

7-3 العمليات الإضافية**1-7-3 التطهير**

تطهير الماء هو إبادة جميع ما قد تحويه من بكتيريا مسببة للأمراض ولكنها لا تعنى قتل جميع البكتيريا الموجودة في الماء إذ أن هذا ما يطلق عليه التعقيم وليس التطهير.

وتتم عملية التطهير بإحدى الطرق الآتية:-

- ١ - باستخدام العوامل الكيميائية
- ٢ - باستخدام العوامل الفيزيائية
- ٣ - باستخدام الأشعة

1- العوامل الكيميائية

تشمل الكيماويات التي تستخدم في عمليات التطهير الكلور ومركباته، البروم، اليود، الأوزون، الفينول والمركبات الفينولية، الكحوليات، المواد الثقيلة ومركبتها، الصبغات، الصابون والمنظفات الصناعية، مركبات رباعي الأمونيوم، بيروكسيد الهيدروجين، وأنواع مختلفة من الأحماض و القلويات.

وأكثر هذه المواد استخداماً هي الكيماويات المؤكسدة فالكlor هو الأول عامياً، بينما يستعمل البروم واليود أحياناً في عمليات تطهير مياه حمامات السباحة ولكن لم يستخدم في عمليات معالجة المياه أما الأوزون فهو مطهر ذو كفاءة عالية ويزداد استخدامه حالياً بالرغم من عدم تركه لأي راسب. كما يمكن استخدام المياه ذو الحامضية أو القلوية المرتفعة لإبادة البكتيريا الباثونية حيث إن المياه ذات الأس الهيدروجيني الأعلى من 11 أو أقل من 3 تعتبر سامة للبكتيريا.

2- العوامل الفيزيائية

من العوامل الفيزيائية التي تستخدم في تطهير المياه التسخين وتعريض المياه لأشعة الشمس، فتسخين المياه إلى درجة الغليان يؤدي إلى قتل أغلب البكتيريا المسببة للأمراض وتستخدم هذه الطريقة بتوسع في صناعات الألبان والمشروبات ولكنها لا تعتبر طريقة اقتصادية لتطهير كميات كبيرة من مياه الصرف وذلك لارتفاع التكلفة.

كما يمكن تطهير المياه باستخدام أشعة الشمس خصوصاً الأشعة فوق بنفسجية وذلك باستخدام مصابيح مخصصة لهذا الغرض، وقد نجحت هذه الطريقة في تطهير كميات قليلة من المياه. وتعتمد كفاءة هذه العملية على مدى افتراق الأشعة للمياه وكيفية التلامس ومصدر الأشعة ونوع المياه وذلك لأن هذه الأشعة يتم امتصاصها بواسطة المواد العالقة والجزيئات العضوية الذائبة والمياه بالإضافة إلى الكائنات الحية ولذلك فإنه من الصعب استخدام هذه الطريقة في البيئة البحرية خصوصاً إذا تواجدت جزيئات صلبة.

3- الأشعة

أن الأنواع الرئيسية للأشعة هي الأشعة الكهرومغناطيسية، والسمعية وتنبعث أشعة جاما من النظائر المشعة مثل الكوبلت 60 ونتيجة لقوة نفاذيتها العالية فإنها تستخدم لتطهير كلا من المياه ومياه الصرف.

□ ميكانيكية عملية التطهير

توجد أربعة طرق تشرح كيفية حدوث عملية التطهير وهم:

- ١ - تدمير جدار الخلية
- ٢ - تغيير نفاذية الخلية
- ٣ - تغيير طبيعة الرسوب المتعلق الخاص بالبروتوبلزما.
- ٤ - إبطال نشاط الإنزيمات

ويؤدي تدمير جدار الخلية إلى تحلل و وفاة الخلية، ويوجد بعض العوامل المساعدة مثل البنسلين التي تؤدي إلى أبطال وإيقاف تركيب أجزاء جدار الخلية، بينما عوامل مساعدة أخرى مثل المركبات الفينولية والمنظفات تغير من نفاذية الغشاء السيتوبلازمي وتدمر النفاذية الاختيارية للأغشية وبالتالي تسمح بمرور مركبات حيوية مثل النيتروجين والفسفور.

ويؤدي التسخين والأشعة والعوامل الحمضية والقلوية القوية إلى تغيير طبيعة الرسوب المتعلق الخاص بالبروتوبلزما فيؤدي التسخين إلى تجمع بروتين الخلية بالإضافة للتأثير المميت للأحماض أو القلويات على الخلية.

3-7-2 إعادة استخدام المياه المعالجة

إن عملية إعادة استخدام مياه الصرف الصناعي المعالجة قد بدأت في الانتشار في الصناعات المختلفة وذلك لرخص تكاليفها كمصدر للمياه، ويمكن استخدام هذه المياه في عمليات الري والتشجير.

ونظراً لاحتمال وجود بعض الكيماويات الخطرة أو السامة في المياه المعالجة لذلك يجب إجراء بعض طرق المعالجة الثلاثية المنتشرة حالياً عالمياً وذلك لإزالة جميع الأخطار الصحية المتوقعة وحتى تتوافق المياه المعالجة مع المقاييس الموضوعية لإعادة استخدام مياه الصرف، وفيما يلي وصف لأهم تقنيات المعالجة الثلاثية التي تستعمل لإعادة استخدام المياه في مصر.

□ تقنيات المعالجة المتقدمة (المعالجة الثلاثية)

أ- الترشيح

وتشمل أجهزة الترشيح المرشح الخرطوشى (Cartridge Filter)، المرشح السليكونى (diatomaceous earth filter)، المرشحات ذو الوسط الحبيبي (Granular – media filters) ونادراً ما يستخدم المرشح الخرطوشى فى عمليات معالجة المياه وذلك لأسباب اقتصادية

- المرشحات ذو الوسط الحبيبي

ويستخدم هذا النوع من المرشحات بتوسع فى عمليات معالجة المياه وذلك لإزالة كل من المواد العالقة العضوية والغير عضوية. ويمكن لهذه المرشحات أن تعمل إما بالجاذبية الأرضية أو بالضغط وكلاهما يستعمل فى الصناعة.

وأكثر هذه المرشحات استعمالاً هى المرشحات ثنائية أو ثلاثية الوسط، حيث تتكون المرشحات ثنائية الوسط من طبقة من الرمل قطره 0,5 مم تعلوها طبقة من فحم الانتراسيت (Anthracite) بقطر 0,9 مم، بينما تحتوى المرشحات ثلاثية الوسط على طبقة من حجر السيلان (garnet) ذو قطر يتراوح من 30-40 ميش أسفل طبقة الرمل. ويمكن للمرشحات أن تستخدم أنواع مختلفة من الطبقات وبأقطار فعالة مختلفة.

ويتم حجز المواد الصلبة بواسطة الطبقات المختلفة مما يوجب إزالتها بالكشط والغسيل العكسى (Back wash).

- الإمتزاز الكربونى

وتستخدم هذه الطريقة لإزالة أنواع معينة من الملوثات العضوية والتي لم يمكن إزالتها باستخدام طرق المعالجة الأولية والثانوية وتشمل المركبات العضوية السامة والملوثات المقاومة للمعالجة البيولوجية.

وفى بعض الأحيان تستخدم هذه الطريقة لاسترجاع بعض الملوثات القيمة والتي تتواجد فى الصرف العضوى.

كما تستخدم أعمدة الكربون فى إزالة المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) من مياه الصرف حيث أن هذه المركبات يمكن امتصاصها بسهولة على سطح الكربون.

وتقوم بعض الشركات التى تستخدم هذه الطريقة بإعادة تنشيط الكربون المستخدم فى مصانعها وهى عملية مكلفة إذا كانت كمية المياه قليلة، ويمكن التخلص من الكربون المستعمل ولكن بطريقة سليمة حيث أنه يصنف كمخلف خطر مما يرفع من تكلفة التخلص.

وتتم عملية تنشيط الكربون بتمرير تيار من البخار خلاله أو عن طريق تسخينه فى أفران، وينتج عن كلتا الحالتين تيار من المركبات العضوية المتطايرة وبالتالي يجب التخلص منها بطريقة صحيحة.

وفى الغالب يتم تكثيف البخار وإما حرقه فى أفران أو إرساله إلى مدفن المخلفات الخطرة.

ويمكن تنشيط الكربون النشط باستخدام البخار، أو التسخين، أو الغسيل بمذيب أو حمض أو صودا، أو باستخدام منشط مؤكسد رطب ويمكن ترتيب المركبات من حيث قابليتها للإمتزاز بواسطة الكربون كالاتي:

□ الأحماض العضوية

□ الألدريد

- ☐ الإسترات
- ☐ الكيتونات
- ☐ الكحوليات
- ☐ الجليكول

هذا وتستخدم بعض الصناعات فى مصر طريقة الترشيح باستخدام الوسط الحبيبي والامتزاز على سطح الكربون ثم التطهير لإعادة استخدام المياه فى الرى.

ب- الفصل باستخدام الأغشية (Membranes)

وتستخدم هذه التقنية لإزالة الجزيئات الصغيرة جداً ولتحلية المياه، وقد تم مؤخراً تطوير هذه العملية لتتمكن من إزالة المواد العضوية مثل الزيوت والمواد الأخرى التى كانت تسبب انسدادات وتدمير للأغشية فى السابق.

وتصنع هذه الأغشية من مواد مختلفة كلها ذات أحجام مسامية متماثلة تسمح بمرور الجزيئات ذات الأحجام الأصغر وتحجز الجزيئات الأكبر. ويمكن اعتبار الأغشية كمرشحات تعمل كعائق طبيعى ذو حجم مسامى محدد ومعروف.

- الترشيح الغشائى (Ultra Filtration)

تعتمد طريقة الترشيح الغشائى على استخدام الأغشية فى عملية الترشيح، وغالباً ما تكون الجزيئات المفصولة ذات وزن جزيئى يتراوح من 500 إلى 1000 ويكون الداخل للمرشح هو مياه الصرف والخارج المخفف هو المياه المرشحة والخارج المركز هو المواد الصلبة المركزة ويجب أن يسبق عملية الترشيح الغشائى عملية ترشيح تقليدية أو ترشيح خرطوش وذلك لمنع انسداد الأغشية. ويتم تنظيف وغسيل الأغشية بطريقة دورية حيث يمكن تكوين طبقة هلامية على الأغشية تعوق عملية السريان هذا ويوجد ثلاث أنواع من الأغشية وهى الأغشية ذات الطور الانعكاس والغشاء track- etched والغشاء Anopore inorganic.

ويوجد نوع متطور من الترشيح الغشائى والذى يستخدم فيها الغسيل بالهواء قبل الغسيل بالماء ولذلك فنادرأ ما يحدث انسدادات فى هذا النوع والذى يستخدم فى المعالجة الثلاثية لمياه الصرف ويمكن وضعه كبديل للمروق لإزالة العكارة بكفاءة عالية.

- التناضح العكسي (Reverse Osmosis)

لقد تم فى الآونة الأخيرة إجراء العديد من التطوير على الأغشية بجعلها أرفع وذلك لتقليل مقاومة السريان إلى أدنى حد.

وتستخدم هذه الطريقة فى الصناعة لاسترجاع المواد القيمة من مياه الصرف، فمثلاً فى صناعة الجبن يحتوى الشرش (وهو السائل المتبقى من اللبن بعد صناعة الجبن) على 93% مياه، ونظراً لأن الأكسجين الحيوى الممتص للشرش يبلغ أكثر من 30,000 ملجم/لتر فبالتالى لايمكن لشبكة الصرف الصحى تحمله.

أما إذا تم تمرير الشرش على وحدة التناضح العكسي فسيتم تركيز البروتين بينما يتبقى اللكتوز والمركبات الأخرى فى المياه، ثم يمرر الناتج المخفف (Permeate) على غشاء أخر ليخرج محتوياً على أكسجين حيوى ممتص يقل عن 1000 ملجم/لتر بينما يخرج الخارج المركز (Concentrate) غنى باللكتوز.

ويوجد فى الأسواق ثلاث أنواع من الأغشية وهى:

- ☐ نظام الأغشية الأنبوبية (Tubular Membrane System)
 - ☐ نظام الأغشية الحلزونية (Spiral Wound Membrane System)
 - ☐ نظام الأغشية النسيجية المجوفة (Hollow Fine Fiber Membrane System)
- ويمكن استخدام هذه الطريقة لتركيز المعادن الثقيلة والأملاح ولاسترجاع كيماويات المحاليل المخففة، كما تستخدم كمعالجة تمهيدية قبل وحدة التبادل الأيونى وذلك لزيادة كفاءتها عن طريق تركيز مياه الصرف.

3-8 النموذج المتكامل لمعالجة مياه الصرف الصناعي

أن جميع تقنيات المعالجة والتي تم التطرق إليها مسبقاً في المقاطع من 3-1 إلى 3-7 يمكن استخدامها لإنشاء نموذج للمعالجة المتتابعة لمياه الصرف الصناعي والموضحة بالشكل (3-16) والتي يمكن وصفها كما يلي:

3-8-1 المعالجة الأولية:

تمر مياه الصرف الصناعي بعد دخولها إلى المحطة للمعالجة عبر مرشح لإزالة الجسيمات الكبيرة مثل قطع القماش أو الأعواد والتي يمكن أن تتسبب في انسداد الأنابيب أو إلحاق الضرر بالمعدات، بعد أن تتم عملية الترشيح لمياه الصرف تدخل بعدها إلى حجرة فصل الرمال والحصى حيث يتم ترسيب الحصى والأترربة بالإضافة إلى النفايات للقاع.

أن عملية الترسيب تمثل أكثر عمليات المعالجة الأولية انتشاراً في الوقت الحالي، فمن خلال وحدة الترسيب يتم ترسيب الجزيئات الصلبة في قاع الخزان تحت ظروف مناسبة. يمكن استخدام الكيماويات خلال المعالجة الأولية لمجرى الصرف أو لزيادة التخلص من الجزيئات الصلبة الصغيرة العالقة. إن الاختزال الأولي للجزيئات الصلبة تعمل على تخفيض الاحتياجات للأكسجين في المرحلة البيولوجية اللاحقة وكذلك خفض الحمل الصلب في خزان الترسيب الثانوي. بعد أن تتم الترسيب وإزالة الحصى، فإن المواد العضوية وغير العضوية هي ما يبقى في مياه الصرف إضافة إلى المواد الصلبة العالقة. هذه الذرات الصلبة تكون من الدقة بحيث يمكن إزالتها من مياه الصرف في خزان الترسيب.

أن المعالجة الأولية وحدها أثبتت أنها يمكن أن تلبى بعض متطلبات الصناعات للحصول على جودة عالية لمياه الصرف بحيث تتوافق مع المعايير الخاصة بالصرف النهائي للمخلفات لمختلف أنواع المياه المستقبلية.

3-8-2 المعالجة الثانوية

بشكل عام فإن المعالجة الثانوية تتضمن عملية بيولوجية لإزالة المواد العضوية بواسطة الأكسدة الكيماوية الحيوية. إن العملية البيولوجية المخصصة يتم اختيارها استناداً إلى عوامل عدة مثل كمية مياه الصرف، التحلل البيولوجي للمخلفات بالإضافة إلى توافر الأرض. أن التقنيات الرئيسية المستخدمة في المعالجة الثانوية هي عملية الحمأة المنشطة والمرشحات الرملية (الزلطية).

خلال عملية الحمأة المنشطة فإن مياه الصرف تغذى خزان هوائي حيث الكائنات الحية الدقيقة تستهلك المخلفات العضوية لصيانتها ولتوليد خلايا جديدة. إن الحمأة المنشطة ترسب داخل وعاء ترسيب يسمى بالمروق أو المثخن. جزء من البكتيريا المثخنة عادة ما يعاد استخدامها بالمفاعل لتحسين الأداء من خلال زيادة تركيزات الخلية.

أن المرشحات الرملية هي عبارة عن أوعية تحتوى على طبقات من الزلط والأحجار وقطع من البلاستيك أو أنواع أخرى من المواد. وتنمو على سطح هذه المواد طبقات من البكتيريا تقوم بإزالة المواد العضوية

16-3

شكل



الذائبة من مياه الصرف التي تمر من خلال المرشح. ويتم غسل النمو الزائد من البكتيريا ثم يتم التخلص منه في المروق.

أن التوجه العام اليوم هو باتجاه استخدام عملية الحمأة المنشطة بدلا من المكثف (المنقى). عملية تنشيط الحمأة تسرع من عمل البكتيريا عن طريق جلب الهواء والحمأة المشبعة بالبكتيريا إلى الالتصاق بمياه الصرف. بعد أن تترك مياه الصرف خزان الترسيب في المرحلة الأولية فأنها تضخ إلى خزان هوائى حيث تتم عملية الخلط مع الهواء والحمأة المحملة بالبكتيريا وتترك لتبقى عدة ساعات. خلال هذا الوقت فان البكتيريا تقوم بتكسير المواد العضوية إلى مواد غير ضارة يمكن استخدامها مرة أخرى. وبذلك تكون الحمأة المنشطة مضافا إليها البلايين من البكتيريا وغيرها من الكائنات الدقيقة يمكن استخدامها بإعادتها إلى الخزان الهوائى مرة أخرى للخلط مع الهواء ومياه صرف جديدة. أن مياه الصرف المعالجة بشكل جزئى تنساب من الخزان الهوائى إلى خزان الترسيب لإزالة البكتيريا الزائدة.

3-8-3 المعالجة الثلاثية

العديد من التدفقات الصناعية المثالية تحتاج الى معالجة متقدمة أو ثلاثية لإزالة الملوثات الجزئية أو لتجهيز المياه لإعادة الاستخدام. بعض العمليات الثلاثية المتعارف عليها هي إزالة مركبات الفسفور عن طريق التخنتر باستخدام الكيماويات، إزالة مركبات النيتروجين عن طريق انتزاع الامونيا باستخدام الهواء أو النيتريّة-اللانيتريّة في المفاعلات البيولوجى، إزالة المواد العضوية المتبقية والمركبات الملونة بواسطة التكتيف بالكربون النشط بالإضافة إلى إزالة المواد الصلبة المذابة بواسطة عمليات الأغشية (الضغط الاسموزى العكسى و الالكتروليدية). غالبا ما تعالج المياه المنصرفة بالكلورين أو الأوزون للقضاء على البكتيريا المسببة للأمراض قبل التخلص منها وصرفها المياه المستقبلة.

المعالجة الثلاثية معدة مبدئيا لتطوير الجودة أو لصقل الصرف وأيضا لإزالة المواد الصلبة العالقة، الأكسجين الحيوى الممتص والأملاح المغذية الزائدة. ان العمليات المتعددة للمعالجة الثلاثية والمطبقة على الصرف الصناعى هي كما يلى:

☐ التخنتر والترسيب.

☐ التكتيف بالكربون النشط.

☐ الالكتروليدية.

☐ النترتة البيولوجية.

☐ تبادل الأيونات.

☐ الترشيح الفائق.

بشكل عام فان المعالجة الثلاثية تحتاج إلى حرفة ودقة فى التصميم والإنشاء والتشغيل.

4-8-3 معالجة الحمأة:

أن اختيار خطوات المعالجة للحمأة تعتمد على طبيعة الحمأة، العوامل البيئية وخيارات التخلص النهائي. أن معالجة مياه الصرف ينتج عنها كميات من الحمأة لا بأس بها من خلال التغذية للمواد الصلبة العالقة، البكتيريا المتولدة من العمليات البيولوجية بالإضافة إلى الترسبات من الكيماويات المضافة. تجهيز الحمأة بالكيماويات أو الحرارة تزيد من معدلات نزع المياه. خلال عمليات نزع المياه فان مكونات المياه من الحمأة تختزل إلى مستوى بحيث يمكن تدولها كمادة صلبة رطبة. الفلترة الهوائية والتضريح (centrifugation) والسراير الرملية تمثل أكثر الطرق المتبعة لنزع المياه. العمليات الحرارية مثل التجفيف بالحرارة و الحرق يتم استخدامها أما لتجفيف الحمأة أو لأكسدة المكون العضوى. الحمأة المتبقية و الرماد الناتج من عمليات معالجة الحمأة يجب التخلص منها فى المحيط أو كتحلل أرضى كعمليات الدفن واستصلاح الأراضى أو كسماد للمحاصيل.



9-3 الانبعاثات الهوائية والتصرفات السائلة والمخلفات الصلبة الناتجة عن تشغيل محطات معالجة الصرف الصناعي

1-9-3 الانبعاثات الهوائية

تتمثل الانبعاثات المتوقعة من محطات معالجة الصرف الصناعي في انبعاثات غازية وروائح وتتكون غالباً من غاز كبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد الكربون، والتي تنبعث عادة من أنواع معينة من وحدات المعالجة البيولوجية. وتنبعث أيضاً الروائح الكريهة الناتجة من هذه الغازات كنتيجة للحمل العضوي الزائد للصرف الصناعي أو بسبب المشاكل والأعطال وسوء الصيانة للمرشحات الزلطية أو المروقات الأولية والثانوية أو أحواض تثخين الحمأة.

2-9-3 التصرفات السائلة

تعتمد التصرفات السائلة الخارجية من محطات معالجة الصرف الصناعي على طبيعة أسلوب المعالجة المستخدم، فإذا كانت المعالجة ميكانيكية، فإنه عادة يتم تصريف الماء المعالج إلى المجارى العمومية. وهذا يعتمد على نوع الصناعة فمثلاً إذا كانت المياه المعالجة خارجة من مصنع ورق، فيمكن إعادة استخدام المياه المعالجة في الصناعة. وإذا كانت المعالجة بيولوجية، فيمكن استخدام المياه المعالجة بعد الكلورة في عمليات الري. وقد بدأت فكرة إعادة استخدام المياه المعالجة في الصناعات المختلفة في الانتشار حيث تعتبر مصدراً للمياه منخفض التكلفة. وهناك احتمالات عديدة لإمكانية تسرب الكيماويات والمواد الخطرة إلى التصرفات المعالجة لذلك، فمن أجل تجنب المخاطر الصحية المحتملة، يوجد هناك طرق عديدة متقدمة للمعالجة الثلاثية للصرف الصناعي تشمل عمليات التطهير وتناسب معظم المواصفات القياسية لإعادة استخدام المياه المعالجة في الصناعات المختلفة.

3-9-3 المخلفات الصلبة

تشمل المخلفات الصلبة الناتجة عن محطات معالجة الصرف الصناعي مخلفات المصافي وأحواض حجز الرمال والزلط والمكشوط (Scum) والحمأة. وعادة تكون الحمأة الناتجة عن عمليات معالجة الصرف في شكل سائل أو شبه سائل قبل مرحلة نزع المياه. وتعتبر المشاكل المتعلقة بالحمأة معقدة حيث أن الحمأة تحتوى غالباً على المواد المسؤولة عن المواصفات الكريهة لمياه الصرف الغير معالجة.

ويتم إنتاج الجزء الناتج من المعالجة البيولوجية في شكل مختلف (حمأة ناتجة عن البكتريا الغير نشطة) وهي أيضاً تحتاج إلى التخلص منها حيث أنها تتحلل وتنتج مواد كريهة، وهناك جزء صغير فقط يحتوى على مواد صلبة. وتستخدم عمليات التثخين (التركيز) والتجهيز ونزع المياه والتجفيف من أجل إزالة الرطوبة من الحمأة. ويجب تجفيف الحمأة الكيميائية المحتوية على مواد خطرة (مثل المعادن الثقيلة) ثم التخلص منها في مدفن معد لهذا الغرض. أما الحمأة البيولوجية المجففة والمواد الصلبة الغير خطرة الناتجة عن محطات معالجة الصرف الصناعي، فيتم التخلص منها في المدافن الصحية أو وحدات التخلص المخصصة لهذا الغرض.

10-3 ملخص للصرف الصناعي: طبيعتها وطرق معالجتها

الصناعة التي يصدر منها ملوثات	أهم مناهج المعالجة والترسيب	المواصفات الهامة
الصناعات النسيجية	عملية المعادلة، الترسيب الكيميائي، المعالجة البيولوجية، الترشيح الهوائي (و/أو) بالتقطير	قلويات عالية، ملونات، اكسجين كيميائي ممتص وحرارة، تركيزات عالية من المواد الصلبة العالقة
المنتجات الجلدية	المعادلة، الترسيب والمعالجة البيولوجية	تركيزات عالية من المواد الصلبة الكلية، مياه عسرة، املاح كبريتية، كروم، الاس الهيدروجيني، جير مترسب، اكسجين الحيوى الممتص
صناعة المعلبات	الترشيح، الترسيب الكيميائي، التعويم والتكثيف	عكارة عالية، القلوية و مواد صلبة عضوية ارتفاع فى المواد الصلبة العالقة، مواد عضوية متحدة وذائبة
منتجات الألبان	التحميض، المعالجة البيولوجية بالتعويم ، الترشيح الهوائي، الحماة النشطة	ارتفاع فى المواد العضوية الذائبة اغلبها بروتين ودهون بالإضافة الى اللاكتوز
المشروبات الكحولية والمعدنية		ارتفاع فى المواد العضوية الذائبة والتي تحتوى على النيتروجين والنشا المخمرة او منتجاتها
منتجات اللحوم والدواجن	الترشيح، الترسيب (و/أو) التعويم، التنقية بالتقطير	ارتفاع فى المواد العضوية الذائبة والعالقة، الدم، غيرها من البروتينات والدهون
بنجر السكر		ارتفاع فى المواد العضوية الذائبة والعالقة المحتوية على سكر وبروتين
المنتجات الدوائية	الحماة النشطة	ارتفاع فى المواد العضوية الذائبة والعالقة
الخميرة	الهضم العضوى، التنقية بالتقطير	ارتفاع فى المواد الصلبة (غالبا ما تكون عضوية) واكسجين حيوى ممتص
المخللات	الترتيب الجيد للمصنع، الترشيح، المعادلة	اس هيدروجيني متغير، تركيزات عالية من المواد الصلبة العالقة، لون ومواد عضوية
القهوة	الترشيح، الترسيب بالإضافة الى التنقية بالتقطير	تركيز مرتفع من الاكسجين الحيوى الممتص و المواد الصلبة العالقة
الأسماك	ازالة الزيت، المعالجة البيولوجية	تركيز عالى جدا من الاكسجين الحيوى الممتص، مواد عضوية كلية، زيوت وشحوم بالإضافة الى الروائح
المثلجات	الترشيح، عملية المعادلة	اس هيدروجي مرتفع، مواد صلبة عالقة واكسجين حيوى ممتص،
المخبوزات	التغير الى الاكسدة البيولوجية	اكسجين حيوي ممتص مرتفع، شحوم، مياه غسل، سكريات، نكهة، منظفات
وحدات إنتاج المياه	الترشيح	معادن ومواد صلبة عالقة
قصب السكر	عملية المعادلة، اعادة الحسابات، المعالجة الكيميائية، بعض عمليات الاكسدة الهوائية المختارة	اس هيدروجيني متغير، مواد عضوية يجب ان تكون مرتبطة باكسجين حيوى ممتص فى صورة كربونية
زيوت النخيل	عملية المعادلة، الترويب، التعويم، الفلترة	اكسجين حيوى وكيميائى ممتص ذو تركيز مرتفع، مواد صلبة، دهون كلية واس هيدروجيني منخفض
الورق ولب الورق		اس هيدروجيني مرتفع او منخفض، لون، مواد صلبة عالقة، ملتزمة وذائبة عالية، مرشحات غير عضوية
التصوير	استرجاع الفضة، التدفق	قلوية، تحتوى على انواع مختلفة من عوامل الاختزال العضوية وغير العضوية
الحديد الصلب	عملية المعادلة، التغطية واعادة الاستخدام، الترويب الكيميائي	اس هيدروجيني منخفض، امحاض، سينوجين، فينول، فحم الكوك، حجر كلسي، قلوى، زيوت، ، برادة الحديد، مواد صلبة دقيقة

الصناعة التي يصدر منها ملوثات	أهم مناهج المعالجة والترسيب	المواصفات الهامة
طلاء المعادن	الكلورة القلوية للسيانيد، الاختزال والترسيب للكروم، الترسيب الكلسي على معادن أخرى	احماض، معادن، مواد سامة، حجم قليل، غالبا مواد معدنية
المجالات والمصافي النفطية	استرجاع الاملاح، الحرق الحمضي للحماة القلوية	املاح ذائبة عالية من الحقول، اكسجين حيوى ممتص مرتفع، رائحة، فينول بالاضافة الى مركبات كبريتية من المصافي
استخدامات البترول كوقود	الترسيب ومنع الانسكاب، التعويم	ارتفاع فى الزيوت المستحلبة والذائبة
المطاط	الكلورة الهوائية، الكبريتية، المعالجة البيولوجية	ارتفاع الاكسجين الحيوى الممتص، رائحة، ارتفاع فى المواد الصلبة، اس هيدروجينى متغير، كلوريد عالى
الزجاج	ترسيب الكالسيوم كلوريد	لون احمر، مواد صلبة قاعدية غير قابلة للترسيب
تصنيع الصمغ	معالجة هوائية بيولوجية، التعويم، الترسيب الكيميائى	اكسجين كىماوى ممتص مرتفع ، اكسجين حيوى ممتص، اس هيدروجينى، كروم، أملاح معدنية قوية دورية
تصنيع الشمع	الهضم اللاهوائى	احماض عضوية (دهنية)
الحاويات المعدنية	فصل الزيت، الترسيب الكيميائى، التجميع واعادة الاستخدام، التخزين فى خزانات، امتصاص الكربون النهائى	رقائق معدنية، شحم، زيوت، اس هيدروجينى متغير، مذيبيات، معادن ذائبة



الصناعة التي يصدر منها ملوثات	أهم مناهج المعالجة والترسيب	المواصفات الهامة
البتروكيماويات	الاسترجاع و إعادة الاستخدام، المعادلة وعملية المعادلة، الترويب الكيميائي، الترسيب او التعويم، الأكسدة البيولوجية	اكسجين كيميائي ممتص مرتفع، المواد الصلبة الذائبة، معادن، نسبة من الاكسجين الكيميائي الممتص الى الاكسجين الحيوى الممتص
الأسمنت	فصل الغبار المتصل بالمجرى، عملية المعادلة والترسيب	مياه التبريد الساخنة، مواد صلبة عالقة، بعض الاملاح الغير عضوية
الاسبتوس	الحجز فى برك، عملية المعادلة والدفن فى الارض	اسبستوس عالق، ومواد صلبة معدنية
الأصباغ والأحبار	برك لفصل الاصباغ، الترويب الكلى لاحبار الطباعة	تحتوى على مواد صلبة عضوية من الصباغة، راتنجات، زيوت، مذيبيات وغيرها
الأحماض	عملية المعادلة، الحرق فى حالة ظهور بعض المواد العضوية	اس هيدروجينى منخفض، مكونات عضوية منخفضة
المنظفات	التعويم و الترشيح، الترسيب بكلوريد الكالسيوم	اكسجين حيوى ممتص مرتفع وصابون
نشا الذرة	المعادلة، الترشيح البيولوجى، الهضم اللاهوائى	اكسجين حيوى ممتص مرتفع ومواد عضوية ذائبة، غالبا نشا ومواد اخرى لها علاقة بها
المبيدات	التكثيف بالكربون النشط، كلورة الفاعدية	مواد عضوية، مواد بنزينية، مواد سامة للبكتيريا والاسماك، أحماض
الفورمالدهيدات	التنقية بالتقطير، التكثيف بالفحم النشط	عادة ما يكون الاكسجين الحيوى الممتص والالدهيد مرتفع، مواد سامة للبكتيريا بتركيزات عالية
المشربة	الكلورة	املاح الدم، فورمالدهيدات، اكسجين حيوى ممتص
مخلفات المستشفيات المواد العضوية	الحمل والتسخين، التهوية محطات التحكم للتكسير البيولوجى، تعديل العملية	بكتيريا، مواد كيميائية مختلفة ذات نشاط اشعاعى أنواع مختلفة من الكيماويات العضوية
الطاقة البخارية	التبريد بالتهوية، تخزين الرماد، معادلة الزيادة فى المخلفات الحمضية	حرارة، حجم مرتفع، ارتفاع المواد الصلبة الغير عضوية والذائبة
المخلفات الناتجة من المرشحات الهوائية	يتم ازالة المواد الصلبة بالترسيب، يتم ضبط الاس الهيدروجينى واعادة استخدامه	جزيئات، ثانى اكسيد الكبريت، مواد ممتصة غير نقية او امونيا، هيدروكسيد الصوديوم
الفحم	معالجة كيميائية باستخدام الترسيب والتعويم	تركيزات عالية من مواد صلبة عالقة اغلبها فحم، تركيز قليل للأيون الهيدروجينى، تركيزات عالية من حمض الكبريتيك وكبريتات الحديد