الفصل الرابع

خصائص المعالجة لمياه الصرف الصناعى

١- خصائص التداول والمعالجة لمياه الصرف الصناعى:

مياه الصرف الصناعى لها خصائص بما يؤثر على أسلوب وتقنيات المعالجة؛ فهى تختلف فى احتوائها على الملوثات طبقا لنوع الصناعة، وكذلك طبقا للخامات المستخدمة وتكنولوجيا الإنتاج للمنتج الواحد، وكذلك تختلف من ناحية الكم وتركيز الملوثات فيما بين أوقات العمل وأوقات التوقف، وكذلك طبقا لأسلوب الإنتاج، سواء مستمرًا أو على دفعات (Batch). مياه الصرف الصناعى تشمل جميع أنواع الصناعات التعدينية والغذائية والبترولية والكيماوية والدوائية ودباغة الجلود والصباغة والتجهيز وصناعة الإليكترونيات.. إلخ.

معالجة مياه الصرف الصناعى لها خصائص طبقًا لنوع الصناعة ومراحل الإنتاج. تبنى خطة التخلص من الملوثات فى مياه الصرف الصناعى على متغيرات كثيرة؛ طبقا لظروف كل منشأة صناعية، واقتصاديات التخلص من الملوثات، حيث قد تشمل تحديث وتطوير نظم الإنتاج والخامات المستخدمة، بما يحقق الحد من الملوثات أو تبسيط تقنيات معالجتها. ولخفض التلوث فإن أولى المراحل هو إعادة التنظيم الداخلى لوحدة الإنتاج (Good House Keeping)، بما يشمل المحافظة على النظافة للحد من التلوث، وكذلك الفصل وعدم الخلط لكل نوع من أنواع التلوث، فى كل قسم من أقسام الإنتاج بالمصنع، وهو مايعرف (Segregation Of The Waste) ليمكن معالجة الملوثات لكل منها على

obeikandl.com

حدة وليسهل المعالجة لحجم صغير من مياه الصرف، بدلاً من إزالة نوعيات مختلفة من الملوثات من حجم كبير. ومرحلة المعالجة فى الأقسام المنفصلة قد تكون بسيطة، أو تتطلب عمليات خاصة. فمثلا بالنسبة للمياه الحامضية أو القلوية، يمكن إضافة كيماويات لتكون متعادلة أو بتنسيب الخلط بين تلك المياه إلى حد التعادل.

عمليات المعالجة لمياه الصرف الصناعى لها تقنيات خاصة؛ طبقًا لنوع الملوثات ففى عمليات الطلاء الكهربى بالمعادن (Electroplating) حيث توجد الملوثات فى السيانيد والكروم السداسى شديد السمية، فإنه لإزالة هذه الملوثات، فإنه يتم أكسدة السيانيد بجرعة عالية من الكلور فى مجال حامضى (pH-3) ثم يختزل الكروم السداسى إلى الثلاثى التكافؤ فى مجال قلوى (pH-9)؛ ليمكن ترسيبه فى شكل إيدروكسيد الكروم وفصله. من هذا المثال، فإن تقنيات المعالجة لمياه الصرف الصناعى قد تكون أكثر تعقيدًا من عملية الإنتاج نفسها. كما أن لها تقنياتها الخاصة التى لاتتوافق كثيرا مع تقنيات الهندسة الصحية. عمليات معالجة مياه الصرف الصناعى ثبت جدواها الاقتصادية، وذلك لإمكان استعادة الملوثات، والتى تمثل الخامات والمواد الوسيطة والمنتج النهائى، هذا بالإضافة إلى إمكان استعادة استخدام المياه؛ طبقًا لظروف العملية الصناعية (كما فى حالة المياه الخالية من العسر أو من الملوحة).

ولذلك.. فإنه أحيانا قد تكون المياه المنتجة بعد المعالجة لمياه الصرف الصناعى أقل تكلفة من معالجة المياه العكرة أو من ضخ مياه الآبار. ولهذا فقد تبنت معظم الدول الصناعية سياسة المعالجة لمياه الصرف الصناعى واستعادة المياه لاستخدامها مرة أو مرات، حيث لا تتم التغذية بالمياه للعملية الصناعية إلا لتعويض المياه، التى استخدمت كخامات فى العملية الصناعية فقط (Make Up Water) ومن هذا المنطلق فقد رفعت بعض المصانع شعار نظام المياه المغلق (Closed Water System). وقد

تتطلب عملية معالجة مياه الصرف الصناعى لإزالة نوع معين من الملوثات فى أحد أقسام الإنتاج تجميع مياه الصرف هذه، خلال فترة زمنية فى حوض تجميع واحد، وإجراء عملية المعالجة لإزالة هذه الملوثات مرة واحدة. أما فى حالات اختلاف التركيز للملوثات أو اختلاف التدفقات لمياه الصرف فى أقسام الإنتاج، فإنه عندئذ يتم تجميع مياه الصرف فى حوض واحد لتسوية تركيز الملوثات، وكذلك لتسوية حجم التدفقات، ويسمى هذا الحوض بحوض التسوية (Equalization Tank). وقد يتم التجميع لنوعية واحدة أو أكثر من الملوثات، التى لها نظام معالجة واحد مثل المعالجة البيولوجية، والتى قد تتم فى المصنع أو لعدة مصانع أو للصرف على شبكة الصرف الصحى للمدينة. كما يلزم الفصل فى المصانع بين الشبكات الحاملة لمياه الصرف الصناعى بعد المعالجة ما قبل الأولية (Pre-Primary Treatment) فى أقسام الإنتاج؛ حيث يتم تجميع المياه التى تحمل نوعًا واحد أو أكثر من الملوثات لإجراء المعالجة المجمعة، كما فى حالة ترسيب المعادن الثقيلة من مياه الصرف الصناعى أو فى حالة المعالجة البيولوجية.

عادة فى كثير من مياه الصرف الصناعى، كما فى حالة الصناعات التعدينية والإليكترونيات، لا توجد العناصر اللازمة لغذاء البكتريا فى المعالجة البيولوجية مثل الفوسفور والنيتروجين؛ مما يتطلب إضافة هذه العناصر فى شكل أملاح الفوسفات واليوريا. بعض المواد العضوية وغير العضوية يمكن أن تفسد المعالجة البيولوجية؛ حيث يتأثر نمو البكتريا وتكاثرها أو حتى موتها. والمواد العضوية ذات أدنى تركيز مسموح به منها رابع كلوريد الرصاص ($PbCl_4$)، حيث يجب عدم زيادة تركيزه عن ٠,٠٠١ ملجرام/لتر، وكذلك مركبات التيتاينوم، الزئبق، الهيليوم، الكروم السداسى، مركبات البورون عن ٠,٠٥ ملجرام/لتر. أقل مواد سمية للمعالجة البيولوجية، هى أملاح الصوديوم، الماغنسيوم، الليثيوم والتى ليس لها تأثير فى حالة وجودها فى الماء بنسبة ١%.

معظم الكائنات الدقيقة التى تقوم بالمعالجة البيولوجية لا يمكنها دائما التعامل الفورى مع أنواع جديدة من الملوثات الصناعية؛ خاصة فى حالة اختلافها كثيرا عن الملوثات العادية فى مياه الصرف الصحى (وذلك فى حالة المعالجة البيولوجية المشتركة لمياه الصرف الصحى والصرف الصناعى)، ولكن بعد فترة قد تتأقلم البكتريا على هذه الأنواع من الملوثات وتؤكسدها. كذلك.. فإن الأكسدة للمواد العضوية المنيعة (التى يصعب أكسدتها بيولوجيا) تحدث بمعدل بطئ جدا، ولا تتحقق الأكسدة فى ظروف التشغيل العادية لوحدة المعالجة

وكلما زاد التشعب (Branching) لسلسلة المادة العضوية، زادت مقاومتها للأكسدة البيولوجية، مثلما فى حال المركبات (Heterocyclic، Cyclic). وكلما زاد عدد ذرات الكلور فى الجزئى، قلت سرعة الأكسدة وزادت سمية المركب، ولذا فإن المركبات حتى ٢ ذرة كلور فى المركب العضوى يمكن أن تزال بالمعالجة البيولوجية، وفى حالة وجود ٤ ذرات كلور يمكن إزالتها بالفحم المنشط قبل المعالجة البيولوجية، والأكسدة البيولوجية الهوائية لمياه الصرف الصناعى ليست دائما مكتملة (ثانى أكسيد الكربون + ماء)؛ حيث قد تظهر بعض المواد فى المياه بعد المعالجة البيولوجية، والتى لم تكن موجودة أصلا فى المياه قبل المعالجة، وهذه فى بعض الحالات قد تكون أكثر سمية للمعالجة البيولوجية عن الملوثات الأصلية، قبل أكسدتها. بعض مياه الصرف الصناعى، ذات الأحمال العضوية العالية. أكثر من ١٥٠٠ ملجرام/لتر أكسجين حيوى، تحتاج إلى المعالجة البيولوجية اللاهوائية، وكذلك كثيرا من المواد العضوية المعقدة المقاومة للتحلل البيولوجى الهوائى؛ حيث يمكن أن تتحقق درجة عالية من إنتاج المركبات الثابتة وإنتاج البيوجاز (غاز الميثان) ، وهذه تتطلب طاقة قليلة دون استخدام أكسجين الهواء الجوى.

٢- المعالجة المسبقة لمياه الصرف الصناعى (Pre - Treatment):

تتم المعالجة المسبقة فى المصنع؛ لإعداد مياه الصرف الصناعى لتكون صالحة للصرف على شبكات الصرف الصحى؛ حيث تجرى لها المعالجة الأولية والثنائية باختلاطها بمياه الصرف الصحى، ولذلك تسمى أحيانًا المعالجة قبل الأولية (Pre-Primary Treatment). تجرى هذه المعالجة المسبقة؛ نظرًا لأن كثيرًا من الملوثات فى مياه الصرف الصناعى يتلف شبكة مواسير الصرف، ومحطات المعالجة البيولوجية؛ حيث يلزم الإزالة المسبقة للمواد الطافية والعالقة مثل الزيوت والشحوم والمواد القابلة للاشتعال والأخشاب وقطع الأثلام البالية، وما شابه ذلك؛ حيث تعمل هذه الملوثات على انسداد الشبكة أو التراكم فى قطاع المواسير؛ بما يقلل من قطر التدفق لمياه الصرف ويحدث الطفح.

وهناك مواد عضوية، وغير عضوية سامة يلزم التخلص منها بالمعالجة المسبقة، قبل دخولها إلى الشبكة مثل بعض مشتقات منتجات صناعية الكوك والصبغات والدباغة وبعض الصناعات الدوائية، وكذلك المواد غير العضوية مثل أملاح المعادن الثقيلة كالزرنيخ والكروم والرصاص والكادميوم والزنك والنحاس، وهذه المواد تسبب مشاكلات لوحدة المعالجة البيولوجية؛ حيث تقتل أو تقلل من نشاط البكتريا القائمة بالمعالجة البيولوجية.

كذلك يلزم التخلص من المواد العضوية غير القابلة للتحلل البيولوجى (Refractory Or In Biodegradable)، والتى لا تعالج فى وحدة المعالجة البيولوجية الهوائية التقليدية، وإن كانت تعالج نسبيًا فى وحدات المعالجة البيولوجية اللاهوائية، أو باستخدام المرشحات الزلطية الهوائية تليها المعالجة الهوائية بالحمأة المنشطة، وهذا بطبيعة الحال يشكل عبئًا اقتصاديًا على محطات معالجة مياه الصرف الصحى التقليدية؛ ولذلك فإنه يلزم التخلص من هذه المواد من مياه الصرف الصناعى، قبل صرفها على شبكات الصرف الصحى.

إلا أنه كما سبق أن أوردنا، ولو أنه ثبت فى بعض الحالات أن وجود المواد السامة فى محطات المعالجة البيولوجية قد أوجد بعض المعوقات فى المراحل الأولى لتشغيل المحطة، إلا أنه استمرت كفاءة العمل بالمحطة رغم وجود هذه الملوثات، وعند العمل على التخلص منها عادت المحطة إلى ما كانت عليه قبلا حيث قلت كفاءتها، وسميت هذه الظاهرة بتأقلم البكتريا على المواد السامة (Acclimatization)، ولا نعنى بذلك هو الأخذ بهذه الظاهرة، ولكن للعلم فقط، وإن كان السبب فى استمرار كفاءة العمل بالمحطة يعود إلى ثبات نوعية المياه وعدم تغيرها.

ولا تجرى المعالجة المسبقة للتخلص من المواد، التى تسبب الانسداد لشبكات الصرف أو المواد السامة، أو غير القابلة للتحلل البيولوجى فقط، ولكن تتم المعالجة المسبقة لتكون مياه الصرف الصناعى مطابقة للمعايير المقررة للصرف على شبكات الصرف الصحى والمنصوص عنها فى القانون ١٩٩٤/٤، حيث يلزم أن تقوم المنشأه الصناعية بعمليات المعالجة المسبقة بما يمكن محطة المعالجة لمياه الصرف الصحى من معالجة مياه الصرف الصناعى، بما فيها من ملوثات والوصول بها إلى المستوى المقرر للصرف على المجارى المائية، طبقًا للقانون المشار إليه مسبقا، وطبقًا لقدرة محطة المعالجة على إزالة هذه الملوثات.

مثال:

إذا كانت المعايير المقررة لصرف المياه المعالجة على المجارى المائية هى ٤٠ جزءًا فى المليون بالنسبة للحمل العضوى (الأكسجين الحيوى)، وكانت كفاءة محطة المعالجة فى إزالة الحمل العضوى هى ٩٠%، وأن مياه الصرف الصناعى بها تركيزات من الحمل العضوى ١٠٠٠جزء فى المليون، فإن أقصى تركيز للحمل العضوى مسموح به لدخول محطة المعالجة يقدر بالآتى:

$$A = \frac{B}{C - I}$$

حيث A = أقصى تركيز لكل نوع من الملوثات، يسمح بمعالجته بعد المعالجة المسبقة.

B = أقصى نسبة تركيز للملوثات يسمح به بعد المعالجة، حيث يتم صرفه على المجارى المائية.

C = قدرة محطة المعالجة لمياه الصرف الصناعى على إزالة هذه الملوثات.

وبتطبيق هذا القانون على المثال السابق، ترى أن:

$$A = \frac{40}{1-0.9}$$

حيث A = ٤٠٠؛ أى إنه فى حالة تركيز الحمل العضوى فى مياه الصرف الصناعى ١٠٠٠ جزء فى المليون، فإنه يجب أن تجرى لها المعالجة المسبقة لخفض تركيز الحمل العضوى بنسبة ٦٠%، وذلك قبل الصرف على شبكة الصرف الصحى.

وهذا يتطلب التحليل الكيماوى والبيولوجى المسبق لمياه الصرف الصناعى لتقييم إمكانية معالجتها.

فى هذا المجال يصبح أمام المنشأه الصناعية الخيارات، وهى إمّا عمل المعالجة للوصول إلى الحدود المسموح بها فى محطات معالجة الصرف الصحى، أو أن تتم المعالجة كاملا فى محطة معالجة تابعة للمنشأة الصناعية أو لعدة مصانع متجاورة. ولكن بالنسبة للصناعات الصغيرة والأنشطة الحرفية والمهنية والتجارية حيث قد تتطلب المعالجة تقنيات عالية فوق قدرة هذه الأنشطة الصغيرة، بالإضافة إلى عدم توافر المساحات اللازمة لعمليات المعالجية، ففى هذه الحالات قد يسمح بالتخفيض باستخدام المياه للوصول بالملوثات إلى التركيزات المطلوبة والمقررة للصرف على شبكة الصرف الصحى.

obeikandl.com

٣- المعالجة المسبقة التى تسبق المعالجة فى محطة المعالجة البيولوجية للمرفق تشمل ثلاث عناصر رئيسية عمومًا، وقد تكون أقل من ذلك فى كثير من مياه الصرف الصناعى للصناعات المختلفة، وهذه العناصر هى:

أ-عمليات المعالجة الطبيعية:

حيث يتم فصل المواد الصلبة والزيوت والشحوم فى أحواض، تحقق الترسيب والطفو لإزالة المواد المرسبة وكشط المواد الطافية. وكذلك قد يحقق الحوض نفسه معدلاً ثابتًا للتدفقات لهذه المياه إلى شبكة الصرف الصحى، وهذا يسمى حوض التسوية (Equalization Tank) وذلك لمنع صدمات التحميل على محطة المعالجة.

ب-عمليات كيماوية:

وتشمل ضبط الرقم الهيدورجينى إلى درجة التعادل لمياه الصرف الحامضية أو القلوية وذلك لعدم إتلاف مواسير شبكات الصرف بفعل الحموضة أو القلوية العالية، وكذلك التخلص من المعادن الثقيلة والمواد العضوية المسببة لسمية الكائنات الدقيقة فى المعالجة البيولوجية؛ حيث تجرى المعالجة المسبقة إلى حد التركيز المطلوب.

جـ-عمليات بيولوجية:

وهذه تتم لخفض الحمل العضوى إلى الحد المطلوب للصرف على شبكات الصرف الصحى. هذا وتجدر الإشارة إلى أن المعالجة البيولوجية قد تتم فى المنشأه الصناعية، أو فى عدة منشآت صناعية فى حالة توافر الأراضى؛ وخاصة بالنسبة للمنشآت ذات الظهير الصحراوى؛ حيث يمكن استخدام أحواض الأكسدة أو برك الأكسدة الهوائية (ولكن فى حالة برك الأكسدة الهوائية حيث أكسجين الهواء الجوى، وكذلك الأكسجين الناتج عن عمليات التمثيل الضوئى

للكائنات النباتية، التى تنمو فى البرك المهواة، فإن البرك المهواة لاتصلح فى حالة مياه الصرف الصناعى الملوثة؛ حيث يمنع هذا وصول أشعة الشمس إلى جذور الأحياء النباتية وقتلها).

د-المعالجة الكهروكيميائية:

استحدثت تقنيات حديثة لمعالجة مياه الصرف الصناعى، وهى المعالجة الكهروكيميائية حيث تقوم بعمليات الترويب للمواد العالقة، والتى يمكن ترسيبها والتخلص منها، وكذلك عمليات الطفو للأجسام العالقة والطافية ذات الكثافة النوعية أقل قليلاً من كثافة الماء وعمليات الأكسدة؛ حيث يتم التحكم فى كثافة التيار على الكاثود فى كل حالة من حالات المعالجة.

ففى حالة استخدام الترويب، يتم الاستعانة بحوض مجهز بآنود وكاثود ومصدر للتيار الثابت، وسائل اليكتروليتى، والذى هو مياه الصرف الصناعى، ولعملية الترويب يستخدم أنود نشط (يتآكل) من الحديد أو الألومنيوم (الخردة) حيث يتحول الأنود إلى الأيدروكسيد لأملاح الحديد أو الألومنيوم، شأنه شأن مواد الترويب المستخدمة فى إزالة المواد العالقة. أما فى حالة استخدام عمليات الطفو، يستخدم آنود خامل من سبائك معينة أو من الجرافيت؛ حيث يتصاعد غاز الهيدروجين حول الكاثود خلال الماء، حاملاً معه الزيوت القابلة للطفو حيث يمكن كشطها.

أما الاستخدام الثالث، فهو عملية الأكسدة لبعض الملوثات مثل السيايند، الكبريتيد، النشادر، أملاح الينتريت. حيث يستخدم كذلك آنود خامل (غير نشط) حيث يتصاعد من حوله الأكسجين النشط، الذى يقوم بعملية الأكسدة، كما يمكن زيادة قدرة الخلية الكهربية على الأكسدة، وذلك بإضافة كلوريد الصوديوم بنسب معينة؛ حيث يتصاعد غاز الكلور المؤكسد والذى يذوب فى الماء. يستفاد بهذه التقنية فى الصناعات الصغيرة المنتجة للملوثات وخاصة الملوثات السامة، وكذلك المواد

العضوية، التى لا تتأكسد بيولوجيًا مثل صبغات الآزو النيتروجينية (Azodyes)، وحيث المساحات المحدودة، وكذلك لمياه صرف بعض الصناعات الكيماوية والدوائية والصبغات والبويات.

٣- معالجة مياه الصرف لبعض الصناعات:

أ- صناعة الحديد والصلب:

تتم المعالجة بالطرق الطبيعية أو الكيماويات، يلى ذلك المعالجة البيولوجية فى محطات الصرف الصحى.

وتتم عمليات المعالجة لإزالة الملوثات كالآتى:

- إزالة الفينول من مصنع الكوك باستخلاصه بالبخار أو بمذيب، المعالجة البيولوجية أساسية لخفض تركيز الفينولات.
- تزال المواد الصلبة العالقة والزيوت فى أحواض الترسيب المزودة بكاشطات علوية وسفلية. حيث يستخدم البولى إليكتروليت لتحسين ترسيب المواد العالقة، كما يستخدم الطفو الذى يلى عملية إلغاء الاستحلاب لاستعادة زيوت التشحيم واستخدامها. يمكن المعالجة بالجير المطفى للترويب ثم الترسيب والترشيح فى وسط ترشيحى مزدوج لإزالة المواد العالقة، وترسيب وإزالة المعادن الثقيلة المذابة.
- يزال الكروم من مياه صرف مطحنة القصدير وجلفنه ألواح الصلب بالاختزال بكبريتات الحديدوز (Copperas) أو ثانى أكسيد الكبريت، يتم بعد ذلك ترسيب الكروم المختزل بالجير.
- السيانيد فى مياه صرف مطحنة القصدير وجلفنه ألواح الصلب، يمكن معالجته بالكلورة القلوية، ولكن السيانيد فى مياه صرف الكوك وفرن صهر الحديد يجب معالجته بيولوجيا؛ نظرًا لأن كلورة هذه المياه تكون الكلوروفينولات المسببة للمذاق السئ، والتى تقاوم أى عملية تحلل تالية.

- مياه معالجة السطح المعدنى بالحامض (Pickling) يتم معالجتها بتعادلها باستخدام الجير المطفى، ثم الصرف على السطح المائى أو شبكة الصرف الصحى.
- مياه التبريد وبعض مياه الصرف من العمليات الأخرى، يتم ترشيحها فى مرشح متعدد الوسط الترشيحى.
- المعالجة البيولوجية أساسية لكثر من مكونات مياه الصرف من مصنع الكوك، فرن الحديد، ورش الدرفلة. تجرى المعالجة البيولوجيه فى أحواض التهوية (Aerated Lagoons) أو فى المرشحات البيولوجية أو بالحمأة المنشطة.

ب- معالجة مياه صرف الطلاء المعدنى للمعادن بالترسيب الكهربى:

طرق المعالجة الرئيسية لمياه الصرف لهذه الصناعة، هى كالآتى:

- السيانيد: يتم ضبط الرقم الهيدروجينى عند ١١ (pH-11) باستخدام الصودا الكاوية ثم إضافة الكلور أو الهيبوكلوريت. التفاعل يتوقف على الوقت، ومرحلة التفاعل مع الكلور يجب أن تستمر لمدة ساعة على الأقل.
- محلول الكروم سداسى التكافؤ.. يفضل عدم خلطه مع أى مياه صرف أخرى، يتم ضبط الرقم الهيدروجينى عند ٣ (pH-3) يضاف ثانى أكسيد الكبريت أو الباى سلفيت (Bisulphite) لاختزال الكروم السداسى إلى الثلاثى.
- مياه الصرف التى تحتوى على المعادن الثقيلة والكروم الثلاثى (المختزل) بعد تدمير السيانيد، تعالج بترسيب المعادن الثقيلة بضبط الرقم الهيدروجينى عند ١٠ (pH-10) باستخدام محلول الصود الكاوية أو لبن الجير $Ca(OH)_2$ عندئذ تتحول المعادن الثقيلة المذابة إلى الإيدروكسيد أو الأكسيد غير المذاب والذى يمكن ترسيبه.

- يتم فصل المواد الصلبة العالقة من المحلول بالترسيب فى أحواض، تعمل بالدفعة الواحدة (Batch)، أو فى أحواض الترسيب المستمر. يمكن إضافة البولى إليكتروليت لتحسين عملية الترويب.
- يمكن فصل الرواسب والشحوم فى أحواض الدفعة الواحدة، أو فى أحواض ترسيب مستمرة، وذلك بكشطها كما يمكن تحسين عملية الطفو بالهواء لتحسين عملية الفصل.
- توجد طرق معالجة أخرى، وإن كانت غير مستخدمة على نطاق واسع، وهذه تشمل التبادل الأيونى لإزالة المعادن الثقيلة وإعادة استخدامها وخاصة بالنسبة للمعادن الثمينة.
- يمكن تدمير السيانيد باستخدام مخلوط من الفورمالين وثانى أكسيد اليدروجين، وهذه العملية لاتنتج مواد سامة.
- مشكلة معالجة مياه الصرف لهذه الصناعة صعبة؛ ذلك لأن المحاليل المطلوب معالجتها مخففة نسبيا، رغم أن خفض الحجم يمكن تحقيقه بإعادة استخدام المياه عدة مرات، وباستخدام عدة أحواض للغسيل. فى الحوض الأول يستخدم الغسيل الأولى للقطعة، والحوض الثانى للغسيل مرة ثانية. مياه الغسيل فى الحوض الأول تستخدم لزيادة المياه فى حمام الطلاء المعدنى؛ نظرا لتركيزها، مياه الحوض الثانى تكون مخففة جدا يما يمكن من استخدامها فى الحوض الأول. الغسيل برش المياه يمكن أن يقلل من حجم مياه الغسيل؛ حيث تستخدم فقط كمية المياه المطلوبة، والتى يمكن إعادة استخدامها فى حوض الطلاء.
- تكنولوجيا معالجة مياه الصرف من الطلاء المعدنى، تشمل: تدمير السيانيد، اختزال الكروم السداسى، ترسيب المعادن الثقيلة، ثم إزالة المواد الصلبة العالقة.

جـ- معالجة مياه صرف تكرير البترول:

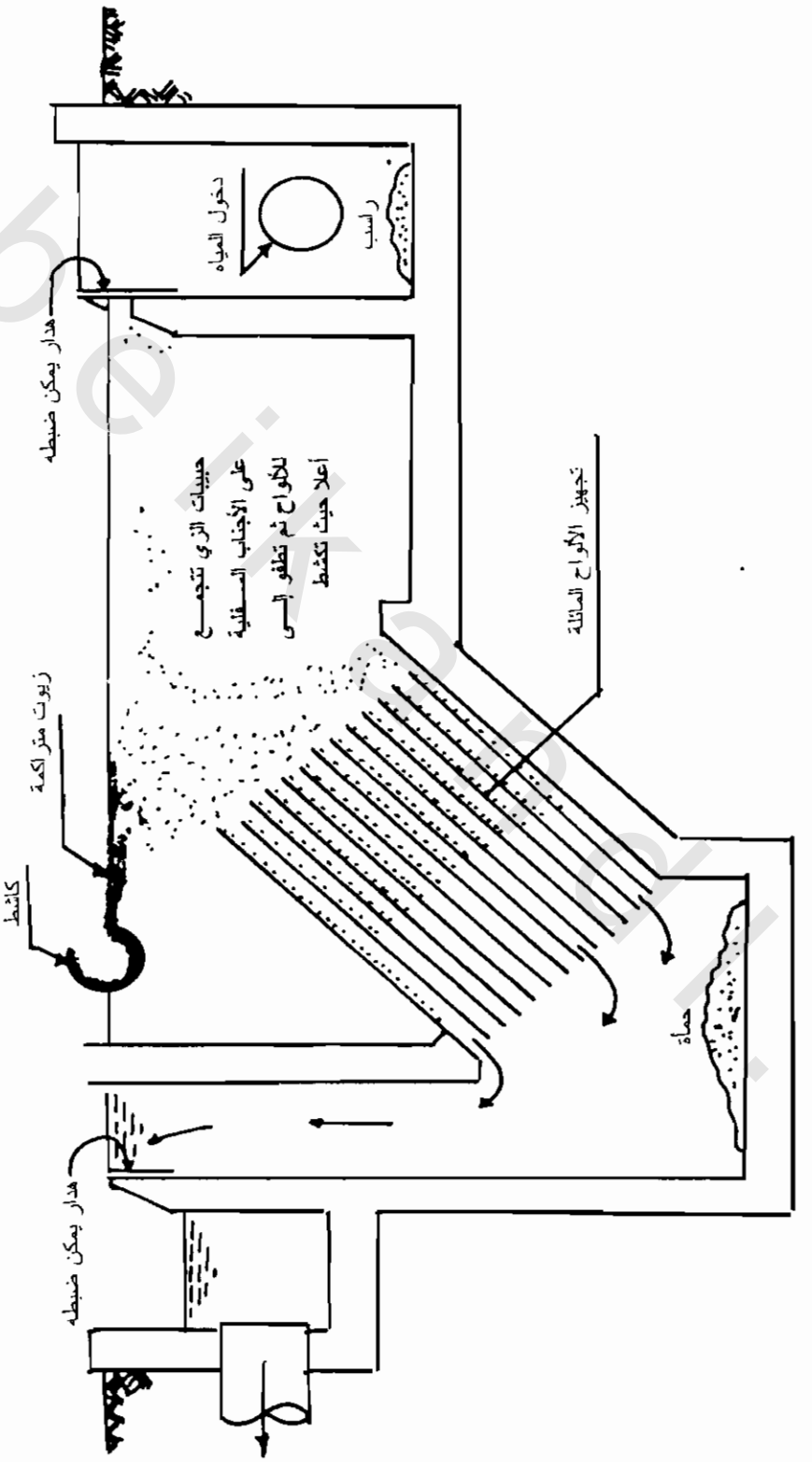
(١) إزالة الأملاح من الزيت الخام:

فى موقع بئر الإنتاج، يكون الزيت الخام مخلوطا بالمياه المالحة. حتى بعد الفصل فى الموقع، فإن الزيت الخام الذى ينقل إلى موقع التكرير، يحتوى على أملاح أكثر مما هو مناسب مع معدات التقطير، وهذا يتم إزالته بمياه الغسيل فى وحدة إزالة الأملاح (Desalter). مياه الغسيل هذه تكون ملوثة بالأملاح المذابة والزيت، وكميات صغيرة من مواد أخرى.

(٢) معالجة مياه الصرف من مصانع تكرير البترول:

توجد تقنيات كثيرة متاحة للاستخدام بمصانع تكرير البترول، ولكن المعدة العالمية الأساسية هى فصل الزيت بالجاذبية، والموصفة بالتفصيل فى جهاز فصل الزيت بالجاذبية بواسطة معهد البترول الأمريكى (API Separator) هذه الأجهزة تزيل الجزء الكبير من الزيت الطافى فى مياه صرف تكرير البترول، رغم أنها لا تعمل على تكسير المستحلب ولا تزيل المواد المذابة، حيث إن تأثيرها يعتمد على درجة الحرارة وكثافة الزيت وحجم نقاط الزيت ووجود مواد عالقة أخرى. جهاز الفصل بالألواح المتوازنة (٤/١) هو نوع آخر (Parallel Plate Separator)، والذى يستخدم كذلك للغرض نفسه.

تحتوى المياه الخارجة من جهاز فصل الزيت بالجاذبية على ٥-٣٥ ملجرام/لتر من الزيت المتبقى، ويكون أساسا فى شكل مستحلب.



شكل (٤/١) جهاز مطور لفصل الأجسام العالقة والطافية بالأسطح المائلة

بعض تكنولوجيات فصل الزيت، والتى تعتبر مؤثرة فى خفض المواد الصلبة العالقة، وما تحمله من ملوثات تشمل الطفو بالهواء والمرشحات باستخدام الرخام كوسط ترشيحى. الأول واسع الانتشار فى الاستخدام وعادة يدعم بإضافة كمياويات للمساعدة فى الترويب مثل أملاح الألومنيوم والحديد زائد البولى إليكتروليت العضوى. يستخدم الطفو عادة يليه الفصل بالجاذبية لتحقيق التنقية الإضافية، تستخدم المرشحات عادة قرب نهاية مراحل التقنية؛ حيث تلى عملية الحمأة المنشطة أو أى معالجة بيولوجية أو كيماوية أخرى.

المعالجة البيولوجية بالحمأه المنشطة يمكنها إزالة من ٨٠ إلى ٩٠% من الأكسجين الحيوى المطلوب (BOD_5) والزيت، رغم أن التفاعلات أبطأ من مياه الصرف الصحى. يلزم زيادة تركيز المواد العالقة فى السائل المخلوط (Mixed Liquor) حيث يكون من ١٥٠٠ إلى ٣٠٠٠ ملجرام/لتر يكون زمن المكوث أطول. المرشحات الزلطية وأحواض التهوية أو برك الأكسدة تستخدم كذلك فى المعالجة البيولوجية لمياه صرف تكرير البترول.

يتم تكسير مستحلب الزيت مع المعالجة البيولوجية النهائية لمياه الصرف. فى بعض الحالات تكون الإضافات الكيماويات أكثر ملاءمة؛ حيث إنها تسمح باستعادة مشتقات بترولية معينة عند المصدر. المعالجة بالحامض عادية رغم استخدام كيماويات أخرى، والتى تكون مفضلة فى عمليات معينة. التسخين رغم ارتفاع تكلفته، فإنه يستخدم للمشتقات ذات درجة الغليان المرتفعة فى الخزانات المجهزة بمواسير بخار (Steam Coils).

د-معالجة مياه الصرف من الصناعات الورقية:

للحد من أحمال مياه الصرف يتم التدوير وإعادة الاستخدام مع استعادة الشعيرات، بالإضافة إلى خفض التسرب من الطلمبات، وخفض استخدام

obeikandl.com

مياه التبريد والمياه النقية، وهذه الاجراءات تتم داخل المصنع. بالنسبة لمعالجة مياه الصرف الخارجة من المصنع، فتتم باستخدام المصافى المروقات الميكانيكية، أحواض الترسيب، الطفو بالهواء المذاب. أكثر الطرق استخداما هى أحواض الترسيب الميكانيكية للتنظيف ذات قطر من ٣٠ إلى ٣٥٠ قدما مربعا، معدل تحميل سطحى من ٣٩٠ إلى ٢٠٠٠ جالون – القدم المربع فى اليوم. زمن المكوث ٤ ساعات. التصميم الجيد والتشغيل الجيد لأحواض الترسيب الميكانيكية (المروقات) يزيل ٩٥% من المواد الصلبة العالقة القابلة للترسيب، ٢٠-٣٠% من الأكسجين الحيوى المطلوب (BOD_5) كما يمكن عمل خفض إضافى فى الأكسجين المطلوب بالمعالجة البيولوجية فى أحواض أكسدة ضخمة وأحواض تهوية وتثبيت، ولكن الحمأة المنشطة والمرسخات الزلطية أقل.

أحواض التثبيت المهواة تستخدم هكتار/مليون جالون فى اليوم وزمن مكث ٥-١٥ يوما، يلزم إضافة النيتروجين وأحيانا الفوسفور، أجهزة تهوية تربينية أو أجهزة البثق الهوائى، والتى تعمل عند ٥٠-٢٠٠ ملجرام/لتر من السائل المخلوط بالمواد الصلبة العالق (MLSS)، من المشاكلات الكبيرة هى تخفيف الحمأة من الماء والتخلص منها؛ حيث يمكن أن تكون أكثر تكلفة من المعالجة نفسها. استخدمت عمليات تخلص أخرى لمياه الصرف الصناعى للورق، ولب الورق هى صرف المخلفات على الأرض لتحسين التربة وللرى، وكذلك إزالة اللون بالترسيب بالجير والكربون المنشط.

أفضل تكنولوجيا هى التحكم الداخلى بخفض الملوثات زائد خفض المواد الصلبة باستخدام المصافى، أحواض أرضية للترسيب، الترويق الميكانيكى وإزالة الحمأة، الطفو بالهواء المذاب. يتم خفض الأكسجين

المطلوب باستخدام الحمأة المنشطة، أحواض تثبيت هوائـــى، أحـــواض أكسدة طبيعية بعد المعالجة البيولجية.

هـــ-معالجة مياه الصرف من صناعة المنسوجات:

تستخدم صناعة المنسوجات كميات كبيرة من المياه حوالى ٩٠% منـــها فى عمليات الغسيل والتنظيف والصقل والصباغة والطباعة والتبييـــض والتشطيب.. كل هذه العمليات تنتج مياه صرف تحتاج إلـــى المعالجـــة. توجد ثلاثة أنواع رئيسية من المنسوجات، وهـــى: الصـــوف، القطـــن، الخيوط الصناعية. خطوات التصنيع لمختلف المنسوجات متشابهة، ولكن أحمال التلوث مختلفة.

يتم استعادة شحوم الصوف بإضافة حامض إلى شحنة الصوف لتكســـير المستحلب وتحرير الشحوم. بعد استخلاص الشحوم بالطرد المركزى يتم التخلص من المجال المائى، أو بالتبخير لاستعادة الشحوم.

تستخدم المصافى لإزالة المواد من الشعيرات. المصافى يمكن أن تكـــون دوراة أو ثابتة أو هزازة، وكذلك يمكن استخدام المصافى الثابتـــة. ثـــم تستخدم تجهيزات الترسيب بأحواض الترسيب؛ حيث يمكن أن يضـــاف البولى إليكتروليت لتحسين فصل المواد الصلبة العالقة عادة بالتوازى مع البولى إليكتروليت أو بعد عملية الترويب. الفصـــل باســـتخدام الـــهواء المضغوط يزيل المواد الصلبة، الزيوت، الشحوم، الشـــعيرات، ولكـــن لايزيل المواد المذابة مثل الصبغات.

عملية الطرد المركزى والترشيح هى عمليات قياسية، تســـتخدم لإزالـــة واستعادة المواد الصلبة من مياه صرف الصناعـــات النســـيجية. عـــادة تضاف مواد كيماوية مثل كبريتات الحديدوز، الجير المطفى أو الشـــبه إلى مياه الصرف؛ لتكوين الزغبات صغيرة الحجم وترويبـــها، وكذلـــك المواد الهلاميه كبيرة لتحسين فصل المواد الصلبة العالقة.

يتم الترسيب الكيماوى للمواد المذابة فى أحواض الترسيب (Lagoons)؛ حيث تضاف الكيماويات إلى مياه الصرف لترسيب المواد المذابة.

أحيانا تكون مياه الصرف من صناعة المنسوجات قلوية، وذلك رغم وجود بعض تدفقات مياه صرف حامضية. لذلك يكون من الضرورى عمل عملية التعادل بإضافة مواد حامضية أو قلوية لحماية عمليات المعالجة التالية، ولتتطابق مع معايير الصرف. عملية التسوية (Equalization) هى كذلك ضرورية لتسوية الأحمال الهيدروليكية والأحمال العضوية.

استخدم الادمصاص بالكربون المنشط لإزالة اللون. الأكسدة البيولوجية هى آخر مراحل المعالجة، والتى يمكن أن تتم فى المصنع، وعادة يتم صرف المياه إلى محطة معالجة الصرف الصحى.

لإزالة الصبغات تستخدم الأكسدة الكيماوية بالكلور، مع الهواء وكذلك لقتل الكائنات الدقيقة.

ولقد أوصت وكالة حماية البيئة أن مياه صرف صناعة الغسيل يمكن أن تعالج بالمعالجة الأولية والثنائية لمياه الصرف، كما أوصت أنه يمكن أن يكون الصرف صفرا، وذلك بخفض كمية المياه المستخدمة خلال التدوير، واستخدام المعالجة البيولوجية.

و-دباغة الجلود:

دباغة الجلود هى عملية تحويل جلد الحيوان إلى جلود مصنعة، بمعالجة الشعيرات البروتينية بمواد مثل أملاح الكروم أو الشبه أو التانين (Tannin).

تشمل طرق خفض مياه الصرف لعمليات الدباغة الاقتصاد فى استخدامات المياه، واستعادة المحاليل لاستخدامها، ومعالجة مكونات معينة فى مياه الصرف.

obeikandl.com

مخلفات الصرف من دباغة الجلود، تتم لها المعالجة السبقة لزيادة توافقها للصرف على محطات المعالجة لمياه الصرف الصحى. تتكون عمليات المعالجة المسبقة من واحد أو أكثر من عمليات متعددة أو منها جميعا. وهذه تشمل استخدام المصافى، التسوية للتدفقات، الترسيب الحر، الترسيب باستخدام الشبه، الجير، أملاح الحديد، البلمرات، الكربنة، ضبط الرقم الهيدروجينى والتخلص من الحمأة.

استخدام المصافى الدقيقة يزيل الأجسام الدقيقة من الشعر، الصوف، اللحم، قطع الجلود الصغيرة الناتجة عن التهذيب. وتتطلب تسوية التدفقات وضبط الرقم الهيدروجينى زمن مكوث عادة أقل من يوم واحد.

يقلل الترسيب الحر من المواد الصلبة العالقة بتركيز من ٤٠-٩٠%، الأكسجين المطلوب بنسبة ٣٠-٦٠%، الكروم الكلى بنسبة ٥٣%، القلوية الكلية (مقيمة ككربونات كالسيوم) بحوالى ٢٧%، الدهون بنسبة ٩٠%. يمكن أن تؤثر المعالجة الكيماوية فى إزالة المواد الصلبة العالقة بنسبة من ٥٠% إلى أكثر من ٩٥%، إزالة السلفيد (Sulphides) والكروم بنسبة حتى ٩٠%، إزالة اللون بنسبة ٩٣-٩٩%.

تستخدم الكربنة لمعالجة مياه الصرف القلوية، ويمكن أن تزيل المواد الصلبة بنسبة ٩٥%، الأكسجين الحيوى بنسبة ٨٠%، إزالة القلوية الزائدة.

تداول الحمأة والتخلص منها يشمل أحواض الحمأة، الحفر لدفن المخلفات، النشر على سطح الأرض. المعالجة الثنائية المستخدمة لمعالجة مياه الصرف من دباغة الجلود تشمل نظم المرشحات الزلطية، حيث تزال من ٨٠-٩٥% من الأكسجين الحيوى، أحواض التهوية يمكنها إزالة ٩٢% من (BOD)، ٦٤% من (COD)، ٧٥% من النتروجين، التدمير الكامل للكبريتيد.

نظام الأحواض اللاهوائية يحقق إزالة ٨٧% من (BOD)، ٧٤% من المواد الصلبة العالقة، ٦٨% من (COD) ٢٤% من السلفيد، ٣٣% من النيتروجين الكلى. محطات الحمأه المنشطة لمعالجة مياه الصرف من دباغة الجلود هى مصدر إزعاج يسبب متاعب التشغيل.

لقد أوصت وكالة حماية البيئة الدولية أن أفضل تقنية هى المعالجة المسبقة باستخدام المحافظة على الماء، التدوير لمحاليل الدباغة، تجميع وأكسدة السلفيد، المصافى الدقيقة، التسوية الترسيب الأولى لإزالة الزيوت والشحوم وترسيب الكروم، ضبط الرقم الهيدروجينى، تداول الحمأة والتخلص منها. المعالجة الكاملة فى الموقع تستخدم كل ما سبق زائد التهوية والترسيب والترشيح بالوسط العميق بالمواد المختلطة والكلور والصرف على المسطح المائى. كما أضيفت التهوية لنترجة (Nitrify) المواد العضوية ونيتروجين الأمونيا.

ز-الصناعات الكيماوية:

الصناعات الكيماوية شديدة التعقيد، وهى تتكون من المواد العضوية والمواد غير العضوية، وذلك رغم وجود تطابق بينهما. الصناعات الكيماوية هى من أكبر الصناعات المستخدمة للمياه، حيث يستخدم حوالى ٦٥% من المياه فى عمليات التبريد، والباقى يستخدم فى إعداد المنتجات. تستخدم المياه للإذابة، كعامل للنقل (بما فيه البخار)، للتبريد بالالتصاق المباشر، ونظافة المعدات.

تتراوح مياه صرف الصناعات الكيماوية ما بين غير الضارة إلى الشديدة السمية، وتشمل معالجة مياه الصرف العمليات الآتية:

- المعالجة فى المصنع لاستعادة المواد الثمينة، واعادة استخدام المياه والمادة فى الإنتاج.
- فصل الزيت عن الماء بالطفو بالمواد المذاب، باستخدام جهاز فصل الزيت (API).
- فصل المواد الصلبة بالترويب والترسيب والترشيح.

- التعادل فى حالة وجود المياه حامضية أو قلوية أو كليهما.
- التسوية (Equalization) وهى ضرورية أحيانا لتسوية التدفقات المختلفة مثل عمليات التعادل أو المعالجة البيولوجية.
- المعالجة البيولوجية: وهى أساسية كخطوة تلميع لمياه صرف الصناعات العضوية. تستخدم الأحواض المهواة، إحدى صور الحمأة المنشطة، أو المرشحات البيولوجية.
- الأكسدة: باستخدام الكلور معالجة المخلفات الدوائية وإزالة المذاق والرائحة الكيماوية فى كثير من الصناعات. الأوزون أكثر تأثيرا أحيانا، ولكن استخدامه محدود نظرا للتكلفة العالية.
- من الممكن الوصول إلى معدل صرف لمياه الصرف الصناعى ليكون صفرا، وذلك بتطوير تكنولوجيا الصناعات الكيماوية؛ حيث تشمل فصل المخلفات من كل عملية ومن مياه التبريد، وتدوير المياه، وفصل السوائل من المواد.

ح-معالجة مياه صرف صناعة المعليات الغذائية:

الصناعات الغذائية هى صناعات موسمية. تتكون مياه الصرف أساسا من مياه الغسيل المحملة بمواد التربة والأوراق النباتية وقطع من المنتجات والخامات، ومياه التبريد.. إلخ. مخاطر مياه الصرف هو نتيجة التحلل للمواد الصلبة العضوية العالقة. تحتوى مياه الصرف على مواد عالقة ومواد هلامية ومواد عضوية مذابة، وبها حمل عضوى من ٣٠٠ إلى ٤٠٠٠ (BOD_5).

عند صرف هذه المياه إلى المجارى المائية، فإنها تسبب رائحة كريهة، وخفضا فى الأكسجين المذاب، وتغيرا فى الرقم الهيدروجينى. وتشمل عمليات المعالجة استخدام المصافى، الترسيب الكيماوى، المعالجة البيولوجية فى برك الأكسدة، استخدام المياه فى الرى، المواد الصلبة يمكن استخدامها فى غذاء الحيوان. تكون المصافى المستخدمة ذات

فتحات ١,٥ مليمتر. يستخدم الترسيب الكيماوى على نطاق واسع لمعالجة مياه الصرف؛ حيث يستخدم كلوريد الحديدك، وكبريتات الحديدوز، والشبه، وكلوريد الزنك. قبل الترسيب يتم ضبط الرقم الهيدروجينى عند (١٠) بإضافة لبن الجير، ويتم إضافة المروب على مراحل مع الخلط الجيد. فى حالة مخلفات الطماطم، يتم المعالجة باستخدام ٣٠٠ جزء فى المليون من الجير المطفى، يليه ٨٠٠ جزء فى المليون من كبريتات الحديدوز. ينخفض الحمل العضوى بنسبة ٣٥%. وفى هذه العملية يلزم ٢٠ دقيقة لتغذية الكيماويات والخلط والتزغيب، ساعتين للترسيب، ١,٥ ساعة لسحب الحمأة على طبقة من الرمال، وصرف المياه المعالجة. تستخدم بحيرات الأكسدة أو تستخدم المياه فى الرى، ويلزم استخدام المصافى والترسيب السريع قبل الترشيحى.

ط-معالجة مياه الصرف من الصناعات الدوائية:

تحتوى المستحضرات الدوائية عادة على مواد غذائية، مخلفات عضوية من عمليات التخمير، مذيبات، عوامل تثبيط الرغاوى ومركبات عضوية ذات درجات مختلفة من القابلية للتحليل البيولوجى، ومن السمية فى ميله الصرف. مياه الصرف من إنتاج البنسلين والإستربتوميسين ومستحضرات طبية أخرى بها نسبة عالية من المواد الصلبة العالقة، المواد العضوية المذابة وأحمال عضوية عالية. عند صرف هذه المياه على المجارى المائية، فإنها تسبب عكارة ومذاقًا ورائحة وخفضًا فى الأكسجين المذاب فى الماء. يمكن معالجة هذه المياه فى محطات معالجة مياه الصرف الصحى. وفى حالة عدم إمكان ذلك، فإنه يمكن المعالجة بالتهوية ثم المعالجة بالمرشحات البيولوجية. من المفضل معالجة مياه الصرف هذه فى برك الأكسدة الميكانيكية؛ نظرًا لأن التهوية هى أفضل الطرق. حفر الأكسدة تعمل على خفض المواد الصلبة العالقة والخفض للحمل العضوى إلى ٣٠٠ ملجرام/لتر، بما يمكن صرف هذه المياه على شبكة الصرف الصحى. فى بعض الحالات يمكن معالجة هذه المياه فى المرشحات الزلطية.

ى-معالجة مخلفات المنتجات الإشعاعية:

مخلفات المنتجات الاشعاعية تكون من المستشفيات، المعامل، المفاعلات، مياه التبريد لمحطات إنتاج الطاقة النووية. المخلفات ذات طبيعة حامضية وساخنة. وفى حالة صرف هذه المخلفات مباشرة إلى المجارى المائية، فإنها تتلف الأنسجة الحية، عدسات العين، الدم، الجلد.. إلخ. بعض المواد فى هذه المخلفات ذات طبيعة حيث تحللها سريع جدًا، بحيث تصبح غير ضارة فى وقت قصير. ولكن بعض المواد تستغرق سنين، قبل أن تصبح آمنة. طرق المعالجة والتخلص للمخلفات المشعة تشمل التركيز (لخفض الأحجام) والتخزين لمدة طويلة (لتوفير التحلل السريع لمخلفات المفاعل)، والتخفيف فى المياه السطحية (كما فى حالة المخلفات المعملية)، الدفن فى التربة.

يمكن كذلك تركيز هذه الملوثات بالتركيز، الترويب مع الترسيب، التبادل الأيونى، الفصل الكهروكيميائى وطرق أخرى.. إلخ. التخلص بالتخفيف غير آمن نظرًا لاستهلاكه لأحجام ضخمة من المياه. المخلفات المشعة ذات أكثر من ١٠٠ ميكروكورى فى اللتر لا يسمح بصرفها فى شبكات الصرف.

الجدول الآتى يوضح خواص بعض المواد المشعة.

المادة المشعة Isotopes	نصف العمر	أجزاء الجسم التى تتأثر	أقصى تركيز مسموح به ميكروكورى/سم^3
Iodine I^{131}	٨ أيام	الغدة الدرقية	٣×١٠^{-٥}
Strontium Sr^{89}	٥٣ يومًا	العظام	٧×١٠^{-٥}
Sesium Cs^{137}	٣٣ يومًا	العضلات	$١,٥ \times ١٠^{-٣}$
Uranuim U^{238}	$٤,٥ \times ١٠^{٩}$ سنة	العظام	٨×١٠^{-٥}
Raduim Ra^{226}	$١,٦ \times ١٠^{٣}$ عام	العظام	٤×١٠^{-٨}
Strontium Sr^{90}	٢٥ عامًا	العظام	٨×١٠^{-٧}
Phosphorus P^{32}	١٤ يومًا	العظام	٢×١٠^{-٤}
Soduim Na^{24}	١٥ ساعة	كل الجسم	٨×١٠^{-٣}

Openkandi.com