د. عبدالرحمن ابراهيم العبدالعالي

مخلفات محطات تنقية مياه الشرب

ينتج عن عمليات تنقية مياه الشرب بمحطات التنقية مخلفات سائلة وصلبة تعتمد كمياتها وخصائصها ـ من موقع لأخر ـ على عدة عوامل هي نوعية المياه الخام المستخدمة ، وعمليات التنقية ، وطبيعة المواد الكيميائية المستخدمة . ويتم التخلص من هذه المخلفات إما في الأنهار والبحيرات المحيطة في حالة توفرها ، أو برميها في الأراضي المفتوحة في المناطق التي لا توجد بها أنهار أو بحيرات ، فد تطورت أساليب التخلص من مخلفات عمليات تنقية المياه خلال الثلاثين سنة الماضية نظراً لما قد تحدثه تلك المخلفات من أضرار للبيئة والكائنات الحية المحيطة ، والتي من أهمها تلوث التربة والمياه الجوفية ، فتلوث التربة يسبب تأثيراً على الغطاء النباتي يمنع من الاستخدامات المثلى للأراضي ، بينما تلوث المياه الجوفية ينتج عنه ازدياد ملوحة الأراضي وارتفاع تراكيز الملوثات فيها مما يؤدي إلى محدودية استعمالاتها والانتفاع بها .

تتناول هذه المقالة استعراضاً لمصادر وخصائص مخلفات محطات تنقية المياه الجوفية ، وطرق التخلص السليم منها ، مع عرض مختصر لطرق التخلص من المخلفات في بعض محطات التنقية بالمنطقة الوسطى من المملكة .

مصادر وخصائص المخلفات

تمثل المخلفات السائلة الجزء الأكبر من مخلفات محطات تنقية مياه الشرب ، وتحتوي عادة على المخلفات الصلبة . ويمكن استعراض مصادر المخلفات وخصائصها حسب عمليات التنقية المستخدمة على النحو التالي :-

● التهوية والتبريد

يتم استخدام الهواء في عملية التهوية والتبريد وذلك لتبريد المياه ، وإزالة الغازات الموجودة بها ، وأكسدة عناصر الحديد والمنجنيز . وتنتج عن هذه العملية مخلفات تتكون عادة من مركبات الحديد والمنجنيز ـ لونها أحمر أو بني ـ غير الذائبة في الماء التي توجد في حالة شبه صلبة (Slurry) ، يسهل ترسيبها ، وتعتمد كمياتها بدرجة كبيرة على تراكيز الحديد والمنجنيز في الماء الخام .

● التيسير

تعد عملية التيسير المصدر الرئيسي للمخلفات في محطات تنقية مياه الشرب نظراً لاستخدام مواد كيميائية عديدة ، بتراكيز عالية لخفض تراكيز العسر الموجود في الماء الخام . ومن المواد الكيميائية المستخدمة في عملية التيسير الجير ، ورماد الصودا ، والصودا الكاوية ، ومساعدات الترسيب (مثل ألومينات الصوديوم ، وكلوريد الحديديك ، والبوليمرات) و من أهم المخلفات الناتجة عن هذه العملية كربونات الكالسيوم ، وهيدروكسيد المغنيسيوم ذات اللون الأبيض ، وتختلف درجة ترسيبها تبعاً لنوع المفاعل (المرسب) المستخدم ، فعند استخدام مفاعلات التيسير التقليدية تكون المخلفات في صورة معجون ، وجيدة الترسيب ، ويبلغ محتواها من الماء حوالي ٩٥٪ . أما مفاعلات حبيبات الرمل فينتج عند استخدامها مخلفات صلبة ـ تتراوح أقطار حبيباتها بين واحد إلى ١,٥ ملم ـ تحتوي على نسبة ضئيلة من الماء .

● الترشيح

تتم عملية الغسيل العكسي للمرشحات المستخدمة في ترشيح وتنقية المياه كل ٢٤ إلى ٧٢ ساعة من تشغيلها بهدف إزالة الرواسب والعوالق الموجودة في المياه الخام المرشحة وما تحمله من بقايا المعالجة الكيميائية ، وتمثل مياه غسيل المرشحات عادة حوالي ١ – ٥٪ من الإنتاج الكلي لمحطات التنقية . وتحتوي مياه الغسيل على عوالق دقيقة ضعيفة الترسيب . يتم في بعض محطات تنقية المياه إعادة تدوير جزء من مياه الغسيل بعد فصل المواد الصلبة في أحواض تصمم لهذا الغرض ، وبالتالي يمكن الإستفادة من تلك المياه المعادة .

● التبادل الأيوني

عند استخدام المبادلات الأيونية (راتنجات) لخفض العسر أو لإزالة الأيونات تهيئة لتنقية المياه فإنه يتم استخدام مواد لتنشيط راتنجات التبادل الأيوني تكون على شكل أملاح أو أحماض ، وتؤدي عملية تنشيط راتنجات التبادل الأيوني إلى إنتاج مخلفات تحتوى على المواد المستخدمة للتنشيط ، إضافة إلى تراكيز عالية للعناصر التي تم إزالتها من الماء الخام المعالجة مثل الكالسيوم ، والمغنيسيوم ، والبوتاسيوم ، والحديد ، والمنجنيز ، وغيرها .

● التناضح العكسي والديلزة

تنتج عمليتي التناضح العكسي والديلزة مخلفات سائلة تحتوى على تراكيز عالية للأملاح الذائبة وبعض المواد الكيميائية المستخدمة في عمليات التنقية

التمهيدية ، وعناصر أخرى موجودة في الماء الخام .

وتختلف كميات المخلفات تبعاً لنوعية الماء الخام والأغشية المستخدمة في عمليات التناضح والديلزة .

تخفيض ومعالجة المخلفات

يمكن خفض كميات المخلفات المصاحبة لعمليات التنقية باتخاذ عدة اجراءات محددة ، منها : إختيار مصادر المياه الخام ، وانتقاء عمليات التنقية ، والاختيار المناسب لنوعية المواد الكيميائية المستخدمة .

وتأتي هذه الاجراءات في مراحل التخطيط والتصميم للمشروع ، فمن ناحية مصدر الماء الخام ، فإن اختيار موقع محطة تنقية المياه يتم بعد إجراء الدراسات الاقتصادية والفنية . ويحدد مستوى تركيز الأملاح الذائبة والعسر الكلي الموقع المناسب والعمق الملائم لحفر الآبار لتغذية المحطة . وبالنسبة لإختيار عمليات التنقية فإنه لابد أن يؤخذ في الحسبان تكلفة التخلص من المخلفات التي تمثل جزءًا كبيراً من تكلفة الإنشاء والتشغيل ، فهناك عمليات تنقية منخفضة التكلفة إلا أن تكاليف التخلص من مخلفاتها يفوق أحياناً التكاليف المترتبة على العملية نفسها . ومن عمليات التنقية المناسبة عمليات التهوية والتيسير ، حيث يمكن في عملية التهوية أكسدة الحديد والمنجنيز باستخدام أبراج تهوية تستخدم الفقاعات الهوائية بدلاً من إستخدام أبراج بشلالات تتسبب في نمو البكتيريا التي تعمل على زيادة المخلفات وزيادة التكلفة في الصيانة ، وفي عملية التيسير .

يمكن استخدام مفاعلات الحبيبات الرملية بدلاً من المفاعلات التقليدية التي تنتج مخلفات تحتاج إلى عمليات إضافية للتخلص منها ، كما وإن لاختيار نوعية المواد الكيميائية في عملية التيسير دور في تحديد نوعية وكمية المخلفات الناتجة ، فيمكن اختيار الصودا الكاوية بدلاً من الجير ورماد الصودا عندما يتلاءم ذلك مع نوعية عسر الماء الخام . كذلك تلعب مساعدات الترسيب (ألومينات الصوديوم ، كلوريد الحديديك ، البوليمرات) دوراً في حجم ونوعية المخلفات المنتجة ، وبالتالي يجب اختيار المناسب منها الذي يحقق الغرض المطلوب وينتج مخلفات يسهل التخلص منها .

ومن الإجراءات الأخرى المناسبة للتخلص السليم والآمن من مخلفات محطات التنقية تجميع هذه المخلفات وخلطها وتركيزها ومعالجتها ليتم التخلص النهائي منها . وهناك عمليات عديدة لتركيز المخلفات تتراوح بين البسيطة (مثل البرك ، وأحواض التجفيف ، والتركيز بالجاذبية) إلى المعقدة والمكلفة جداً (مثل التجميد ، والإذابة ، والطرد المركزي) ، ويتم اختيار الطريقة المناسبة لتركيز ومعالجة تلك المخلفات تبعاً لنوعياتها وكمياتها والأنظمة المعمول بها .

التخلص النهائي من المخلفات

تعتمد طريقة التخلص النهائي من مخلفات محطات تنقية المياه على نوعية المحطة وذلك كما يلي :

● محطات التقنية التقليدية

تتمثل عملية التخلص من مخلفات محطات التنقية التقليدية في خلط المخلفات السائلة والصلبة ، وقذفها للمنطقة المحيطة بها بإحدى طريقتين هما :

* **رمي المخلفات :** حيث يتم معالجة المخلفات وتركيزها ليصبح محتواها الصلب لايقل عن ٢٥٪ من تلك المخلفات ، ثم يتم فردها على الأرض وتغطيتها بطبقة من التربة .

* **شبكة الصرف الصحي :** وهنا لابد من إجراء الدراسات اللازمة للتعرف على التأثيرات المحتملة خاصة وأن تلك المخلفات تختلف في الخصائص والمحتوى . ومن الضروري استخدام خزانات موازنة لتثبيت معدل تدفق المخلفات للشبكة ، وكذلك معالجتها بحيث يكون محتواها من المواد الصلبة حوالي ٥٪ ، وقد تُسبب المخلفات الملقاة في شبكة الصرف الصحي زيادة في تركيز المواد الصلبة ، مما يؤثر بدوره على أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي . الأمر الذي قد يتطلب إضافة عمليات معالجة إضافية .

● محطات تنقية بإزالة الأملاح

يتم التخلص من مخلفات محطات تنقية المياه التي تحتوي على عمليات إزالة الأملاح حسب نوع المخلفات وذلك كما يلي :

* **مخلفات صلبة :** وتنتج عادة عن عمليات تيسير المياه ، ويتم التخلص منها في مواقع رمي المخلفات .

* **مخلفات سائلة :** وهي عبارة عن خليط لرجيع وحدات إزالة الأملاح (تمثل نسبة كبيرة من المخلفات) وتتراوح تكلفة التخلص منها بين ٥٪ إلى ٣٣٪ من التكلفة الإجمالية لإنشاء المحطة) ، ومياه غسيل المرشحات وغيرها . ويمكن تقليل كميات المخلفات السائلة عن طريق اختيار نوعية من الأغشية قادرة على إزالة أكبر قدر من الأملاح ، أو إضافة وحدات أخرى لمعالجة مياه الرجيع ، بينما يتم التخلص منها المخلفات السائلة بثلاث طرق هي :

- **شبكة مياه الصرف الصحي :** حيث يتم تعديل الرقم الهيدروهجيني لتلك المخلفات لأنها غالباً ما تكون منخفضة الرقم الهيدروجيني (حامضية) ، وبالتالي تتسبب في تآكل خطوط نقل المياه ، وتذويب بعض العناصر الضارة (مثل الرصاص) التي قد تدخل ضمن تركيب معدن الأنابيب.

- **الحقن في آبار عميقة :** ويتم ذلك بحفر بئر اختبارية لتحديد الخصائص الجيولوجية للمنطقة ، ويشترط عند استخدام طريقة الحقن للتخلص من المخلفات السائلة أن يكون التكوين الجيولوجي مانعاً لانتقال تلك المخلفات إلى المياه الجوفية أو إلى سطح الأرض .

- **المعالجة في أحواض تبخير :** ويتم تصميمها وإنشاؤها بحيث تكون مبطنة بمادة عازلة تمنع تسرب تلك المخلفات إلى المياه الجوفية والتربة . ويتم تحديد مساحة الأحواض المطلوبة حسب كميات المخلفات المنتجة ، ومعدل البخر للمنطقة .

مخلفات محطات المنطقة الوسطى

يوجد في المنطقة الوسطى من المملكة ثلاث عشرة محطة رئيسية لتنقية المياه الجوفية تتراوح طاقتها الإنتاجية ما بين ٦٧٠٠ إلى ٢٢١,٠٠٠م٣ /يوم . وتتم عمليات تيسير المياه في كافة المحطات ما

عدا ثلاث محطات هي بريدة ، والزلفي ، والقويعية ، كذلك تتم عمليات إزالة الأملاح في كافة المحطات ما عدا محطتين هما الوسيع ، وبريدة ، وتنتج المخلفات الصلبة من عمليات التيسير ، أما المخلفات السائلة فتنتج بشكل رئيس من وحدات إزالة الأملاح (التناضح العكسي والديلزة)

وحتى الآن فإنه لاتتوفر معلومات دقيقة عن كميات المخلفات الصلبة المنتجة من تلك المحطات ، ولكنها تعادل على أقل تقدير كميات المواد الكيميائية المستخدمة في عمليات التيسير والتي تصل إلى ٤٧٢٠٠ طن سنوياً . ويوضح الجدول (١) سعة محطات تنقية المياه في المنطقة الوسطى ، ونوعية وكمية المواد الكيميائية المستخدمة فيها .

يتم تركيز المخلفات الصلبة الناتجة عن عملية التيسير في محطات مدينة الرياض ومحطتي الرس والمجمعة في برك عن طريق التبخير الطبيعي لمحتواها من المياه ، ثم يتم التخلص منها - بعد تجفيفها - برميها في المناطق الصحراوية البعيدة عن التجمعات السكانية . وبالنسبة لمحطة عنيزة فإن استخدام مفاعلات حبيبات الرمل ينتج عنها مخلفات صلبة تحتوي على نسبة ضئيلة جداً من المياه ، ويتم التخلص منها بنفس الأسلوب السابق عن طريق رميها في المناطق الصحراوية البعيدة .

المحطة	انتاج المحطة (م٣/يوم)	كميات الرجيع (م٣/يوم)	مجموعة الأملاح الذائبة لمياه الرجيع (ملجم/لتر)
الرياض			
- بويب	٢٧٤٠٠	١٧٨١	١٠٨٠٠
- صلبوخ	٣٦٦٠٠	٤٤٥٥	٦٩٢٠
- الشميسي	٤٠٨٠٠	١١٩٤	٨٥٦٠
- منفوحة - ١	٢٥٣٤٠	٢٤٤٨	٨٨٠٠
- منفوحة - ٢	٢٨٣٦٠	٣٢٠٦	٧٣٦٠
- الملز *	١٤٤٠٠	١٩٧٥	٨٦٧٠
عنيزة	٤٧٥٨٠	١٩٢٠	٤٢٠٠
الرس*	٢٨٣٣٤	٣١٤٨	٩٠٤٣
الزلفي	١٠٧٦٦	٢٤٢٧	٥٢٤٠
المجمعة - ١	٤٤٨٣	٩٦٠	٥٩٦٠
المجمعة - ٢	٢٢٠٩	٥٠٤	٩٤٨٠
القويعية	٤٦٥٠	٧٠٠	٨٩٣٠

* عام ١٩٩٤م

● جدول (٢) : كمية ونوعية مياه رجيع وحدات إزالة الأملاح في المحطات الرئيسية بالمنطقة الوسطى من المملكة عام ١٩٩٣م .

تنتج المخلفات السائلة من مثخن حمأة عملية التيسير في جميع المحطات (ما عدا أربع محطات هي بريدة ، وعنيزة ، والزلفي ، والقويعية) من مياه غسيل المرشحات ، ورجيع وحدات إزالة الأملاح . يتم تدوير جزء من المخلفات السائلة من مثخن عملية التيسير في محطات الرياض ، والرس ، والمجمعة . أما مخلفات غسيل المرشحات في محطتي الزلفي والقويعية فيتم التخلص منها مع المخلفات السائلة الأخرى . وبالنسبة لمخلفات غسيل المرشحات في محطة بريدة والتي تقدر بحوالي ٢٠٠٠ مترمكعب / يوم فيتم التخلص منها بتصريفها في قناة إلى موقع مفتوح خارج المحطة .

تعتمد كميات ونوعيات رجيع وحدات إزالة الأملاح على كميات المياه المعالجة ونوعيتها ونوعية الأغشية المستخدمة وكفاءتها ، وهي تمثل نسبة كبيرة من المخلفات السائلة للمحطات .

ويوضح الجدول (٢) كميات ومحتوى المخلفات السائلة الناتجة من محطات التقنية التي توجد بها عمليات إزالة الأملاح . تتراوح كميات الرجيع المنتجة ما بين ٢,٩ إلى ٢٢,٥ ٪ من إجمالي المياه المنتجة من تلك المحطات . وفي المتوسط تصل تلك المخلفات إلى ٢٤٢٨٠ متر مكعب/يوم ، وتحتوي على تركيز للأملاح الذائبة يتراوح ما بين ٤٢٠٠ إلى ١٠,٨٠٠

يتم تعديل الرقم الهيدروجيني في ثلاث محطات بمدينة الرياض (منفوحة ، الشميسي ، الملز) ثم بعد ذلك يتم التخلص من المخلفات السائلة فيها عن طريق ضخها في شبكة الصرف الصحي .

كما يتم التخلص من مخلفات محطتي « "بويب وصلبوخ » بإلقائها في أرض مفتوحة غير مبطنة . وفضلاً عن ذلك تستخدم أحواض التبخير المبطنة للتخلص من المخلفات السائلة في خمس محطات (عنيزة ، والرس ، والزلفي ، والمجمعة والقويعية) حيث تتراوح مساحة تلك الأحواض ما بين ١٣٦٠٠٠ إلى ٣٤٢٣٩٠ متر مربع بعمق يصل إلى متر واحد .

المحطة	المواد الكيميائية المستخدمة وكمياتها (طن/سنة)						
	الطاقة الانتاجية القصوى (م٣/يوم)	هيدروكسيد الكالسيوم	كربونات الكالسيوم	هيدروكسيد الصوديوم	ألومينات الصوديوم	كلوريد الحديديك	بوليمر
الرياض							
- الوسيع	٢٢١٠٠٠	١٢٦٨٤	٢٥٧٤٠	-	١٢٦٧	٣٢٤	١٨,٧
- منفوحة ٢,١	٨٦٤٠٠			-			
- صلبوخ	٦٦٧٢٠			-			
- بويب	٦٦٠٠			-			
- الشميسي	٥٧٦٠٠			-			
- الملز	٢٨٨٠٠			-			
بريدة	٩٦٠٠٠	-	-	-	-	-	-
عنيزة	٥١٠٠٠	-	-	٢٢٥٥	-	-	-
الرس	٥١٠٠٠	-	١٩٢٣	٦٩٣	١٤٢	٧١	-
الزلفي	١٨٠٠٠	-	-	-	-	-	١,٤
المجمعة	٨٤٠٠	٦٧٣	١٢٣٨	١٦٥	-	-	١,٣
القويعية	٦٧٠٠	-	-	-	-	-	-

● جدول (١) : سعة محطات التنقية الرئيسية بالمنطقة الوسطى من المملكة ونوعية وكمية المواد الكيميائية المستخدمة في عملية التيسير .