نقل التكنولوجيا الغريبة ليس بالضرورة مناسباً للبلاد النامية

الأستاذ الدكتور/ ممدوح فتحى عبد الصبور
أستاذ البيئة – قسم بحوث الأراضى والمياه – مركز البحوث النووية – هيئة الطاقة الذرية المصرية – القاهرة

اخترت أن أكتب فى هذا الموضوع الحرج لأسباب عديدة :

أولاً : هناك فئة من متخذى القرار ومن الباحثين (فى أى موقع كان) يعتقدون أن نقل أي تكنولوجيا غريبة هو أسرع الطرق للنجاح .

ثانياً : العديد من الناس يعطون مهابة وتعظيم للأجهزة والمعدات المستوردة وفى المقابل الاستهانة بكل ما هو محلى أو ممكن تصنيعه وتركيبة محلياً ، فلابد أن يكون للجهاز كتالوج بلغة أجنبية ولابد لخبير أجنبى أن يقول أن هذا هو أحدث جهاز ومضمون نجاحه فى العمل المخصص لأدائه وأن أى فشل أو إخفاق يرجع للعاملين على الجهاز أو مستخدمى هذه التكنولوجيا .

ثالثاً : وهو الأخطر لأن مافيا المصالح التى ربطت مصالحها بالشركات الموردة بالخارج هى التى تحارب بكل شراسة ضد أى تكنولوجيا محلية وتدفع السوق دفعاً للاعتماد كلياً على كل ما هو مستورد مما أدى إلى إضعاف القدرات المحلية على التطوير . ومنذ عشر سنوات قامت الوكالة الدولية للطاقة الذرية بإنشاء مشروع تعاون علمى بين الدول النامية ومنها مصر ، وبعض البلاد العربية للتسويق لهذه التقنية وهى استخدام مصدر إشعاعى (جامى أو الكترونى) فى تعقيم مياه المجارى أو الحمأة والهدف الخبيث وراء ذلك هو تسويق المصادر الإشعاعية القديمة التى تم استخدامها فى تجارب سابقة بالدول المتقدمة على مدى الـ (٥٠ عاماً) والذين اشتركوا فى هذا المشروع من الباحثين الشبان فرحوا بفرص السفر المتتالية

للخارج لحضور الاجتماعات على مدار عشر سنوات والتى انتهت إلى لا شئ اللهم إلا تكرار وترديد ما تقوله النتائج السابقة والمنشورة فى شبكة المعلومات، ونظراً لأن هؤلاء الباحثين أصحاب مصلحة فى الاستمرار فإنهم الآن يضغطون على حكوماتهم وعلى المنظمات الأخرى مثل هيئة الطاقة الذرية المصرية والعربية لتطبيق هذه التقنية وسوف أناقش بأسلوب علمى خالى من التحيز أو التعصب هذا الموضوع فيما يلى :

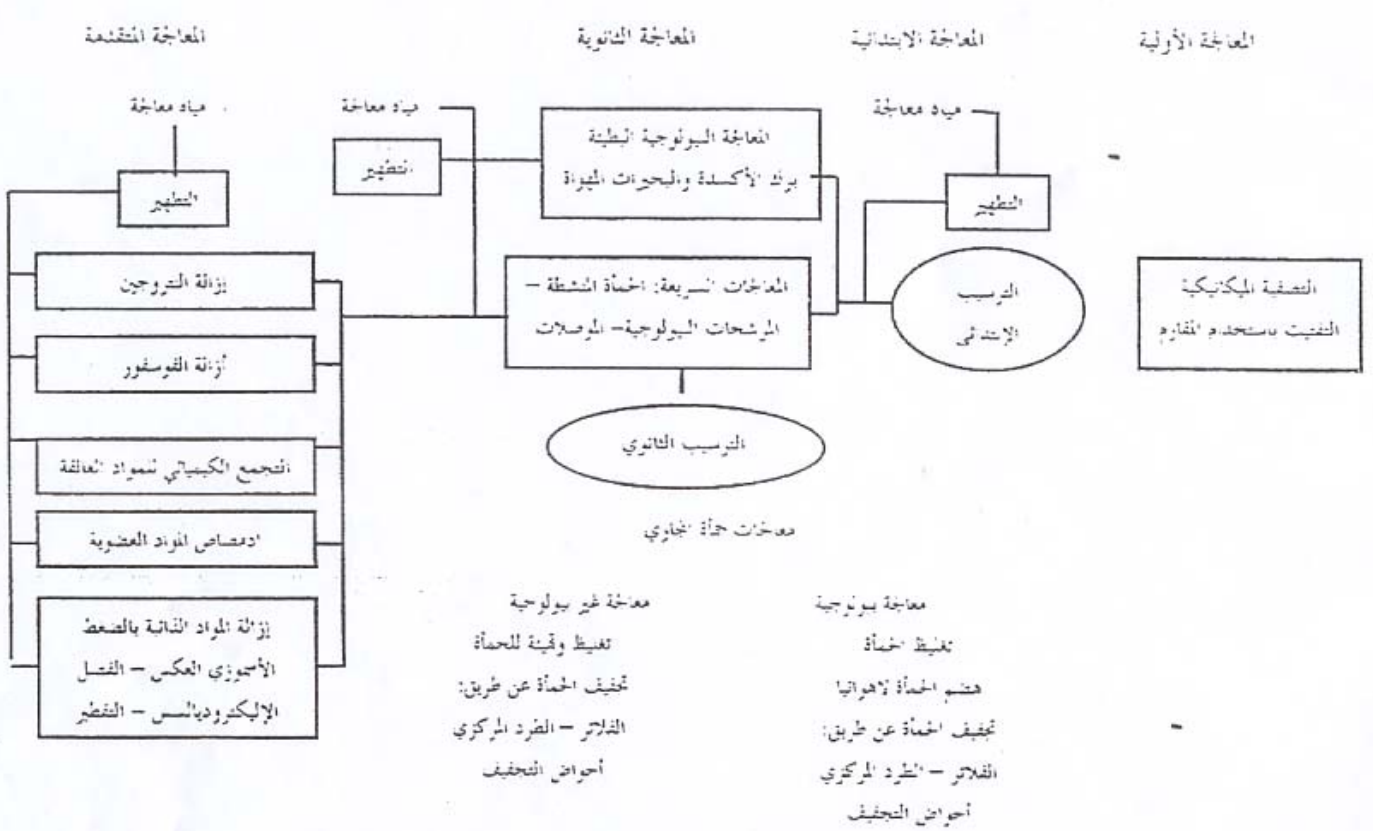
أولاً : كيف يتم معالجة مياه المجارى ؟ وما هى الطرق البديلة وكفاءتها تحت ظروف مصر ؟ تخضع مياه المجارى لعدد من المعالجات المختلفة التى تهدف جميعها إلى خفض محتواها من المواد الملوثة إلى الحدود المسموح بها محلياً وعالمياً وسوف نتكلم هنا باختصار شديد عن المعالجات والتى يمكن تقسيمها إلى ثلاث مراحل :

١- **معالجة أولية :** تجرى بهدف التخلص من المواد الصلبة الطافية والعالقة بالمياه .

٢- **معالجة ثانوية :** تجرى بهدف التخلص من المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجى .

٣- **معالجة ثلاثية أو متقدمة :** تجرى بهدف التخلص من المواد الغير قابلة للتحلل البيولوجى والمواد السامة ، وبعض المواد الغير عضوية (فسفور – أمونيا – نترات .. وغيرها) وقتل الميكروبات والمواد المسببة للأمراض ، ويبين الشكل (١) وصف مختصر للطرق المستخدمة فى مثل هذه المعالجات (تلوث البيئة وصحة الإنسان ٢٠٠٠) وإلى تقرير الكود المصرى باستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة (يوليو ٢٠٠٤) وطرق المعالجة الحديثة يجب أن تأخذ كذلك فى الاعتبار التخلص النهائى من المواد الملوثة المذابة من المياه علاوة على البكتريا والفيروسات فى المواد الناتجة .

ويجب أن تستخدم طرق رخيصة وفعالة لمعالجة مياه المجارى قبل تصريفها فى المياه المستقبلة لها أو إعادة استخدامها والغرض من معالج مياه المجارى هذه أساساً الإقلال من كميات المواد الصلبة المعلقة ، والقضاء على البكتريا المرضية والمواد المستهلكة للأكسجين فى المياه العادمة وبالرغم من تطور تقنيات معاملة المياه العادمة إلا أنه مازالت هناك حاجة ملحة علي طرق تزيل كميات أكبر من الملوثات كالمواد غير العضوية الذائبة (مثل أملاح المعادن الثقيلة وأملاح الصوديوم والمنجنيز) .



شكل (٢) :شكل تخطيطي لنظم معالجة مياه الصرف الصحى

ما هى الأسس التى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار عند اختيار طريقة المعالجة ؟

يعتمد اختيار طريقة المعالجة على مجموعة من العوامل التى سوف يتم دراستها وهى كالتالى :

١- عدد السكان المخدومين .

٢- كمية ونوعية مياه الصرف الصحى وهل هى مياه صرف صحى فقط أم مياه صرف صحى مخلوط بمياه صرف صحى صناعى .

٣- تصرف المخلفات السائلة الصناعية بالنسبة للتصرفات فى شبكة الصرف .

٤- أسلوب التخلص من المياه المعالجة والحمأة .

٥- مدى الاحتياج لإعادة استخدام المياه المعالجة والحمأة الناتجة فى الزراعة والرى .

٦- حماية الأراضى والمياه القديمة والمالحة فى الأنهار والبحار .

٧- مدى الحاجة لحماية البيئة المحلية .

٨- الحصول على خواص معينة للمياه المعالجة .

٩- العوامل المناخية ، درجة الحرارة ، سطوع الشمس ، سقوط الأمطار والرياح .

١٠- تكاليف الأرض .

١١- مدى توافر العمالة الماهرة للتشغيل والصيانة وتكاليفها .

١٢- مدى مطابقة الشروط الصحية .

١٣- الأمان والمعرفة لطريقة المعالجة .

١٤- مدى توافر الاعتمادات المالية .

ما هى الشروط الفنية الواجب مراعاتها فى اختيار النظم العامة للمعالجة ؟

هناك بعض الأسس المقترح مراعاتها عند اختيار السلوك المناسب للمعالجة ومنها :

١- مراعاة النواحى الهندسية والبيئية شاملة تفاصيل التنفيذ والتشغيل مع الربط بين أجزاء مراحل التشغيل مع الربط بين أجزاء مراحل تشغيل وحدات المعالجة للحصول على نظام إقتصادى مناسب .

٢- أن يكون التصميم على أقصى أحمال يومية .

٣- مراجعة أسس التصميم لكل وحدة معالجة للتأكد من أنه فى الحدود المقبولة .

٤- لابد من دراسة تحليلية اقتصادية قبل اختيار نظام المعالجة شاملة رأس المال وتكاليف التشغيل والصيانة ومدى تأثير النظام على الطرق الأخرى .

٥- مراعاة الاقتصاد فى التنفيذ والإنشاء والتشطيبات المعمارية .

٦- التشغيل المركزى لأعمال المعالجة .

٧- الحصول على أفضل عدد وحجم للمعدات المستعملة .

اختيار وأنسب طرق للمعالجة البيولوجية التى تناسب الظروف فى مصر و هى :

١- الوحدات النقالى .

٢- طريقة الحمأة المنشطة .

٣- المرشحات الزلطية .

٤- طريقة الحمأة بالتهوية الممتدة مثل نظام قنوات الأكسدة .

٥- البرك المهواه .

٦- برك التثبيت (الأكسدة) الطبيعية تحتوى على خزان لاهوائى .

٧- برك التثبيت (الأكسدة) الطبيعية لا تحتوى على خزان لاهوائى .

وهناك العديد من الطرق التى لم تذكر هنا حيث أن الطرق التى تم ذكرها هى طرق يمكن استخدامها فى مصر حيث أنها تلائم التصرفات المتاحة ومدى تلوث البيئة والمناخ السائد وحتى يكون الاختيار صحيحاً سوف يتم عمل مقارنة بين هذه الطرق من حيث :

١- قدرة المحطة على إزالة المواد العضوية (BOD_5) .

٢- قدرة المحطة على إزالة الميكروبات المسببة للأمراض .

٣- قدرة المحطة على إزالة المواد الصلبة العالقة (S.S) .

٤- قدرة المحطة على إزالة الديدان المعوية .

٥- قدرة المحطة على إزالة الفيروسات .

٦- إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة .

٧- إمكانية الاستفادة من مياه الصرف الصحى المعالجة فى رى الأشجار والمزروعات وتربية الأسماك .

٨- طريقة الإنشاء بتكلفة بسيطة .

٩- مساحة الأرض المطلوبة للإنشاء .

١٠- تكلفة وسهولة التشغيل .

١١- تكلفة الطاقة المطلوبة لإدارة المحطة .

١٢- تقليل كمية الحمأة المطلوب إزالتها وكذلك معالجاتها .

والجدول رقم (١) يوضح المقارنة بين الطرق المختلفة لمعالجة المختلفة لمعالجة المخلفات السائلة ومدى كفائتها فى التخلص من الملوثات المختلفة ، ويتضح تفوق طرق برك الأكسدة والمعالجة بالحمأة المنشطة فى التخلص من البكتريا الممرضة والفيروسات والطفيليات وخفض BOD_5 ، وهذه الطرق تطبق بنجاح فى مصر .وتؤدى جميع هذه العمليات إلى خفض كبير فى تركيز المواد العضوية فى الفضلات السائلة كما يتضح من الجدول التالى :

طريقة المعالجة		نسبة المعالجة %	
	أكسجين جوى مستهلك	مواد عالقة	بكتريا
حجر بالمصافى	٥ - ١٠	٢ - ١٠	١٠ - ٢٠
ترسيب ابتدائى	٢٥ - ٤٠	٤٠ - ٧	٢٥ - ٧٥
مرشحات حصى عادية	٨٥ - ٩٥	٨٠ - ٩٠	٩٠ - ٩٥
مرشحات حصى سريعة	٧٠ - ٨٥	٧٠ - ٨٥	٨٥ - ٩٠
حمأة منشطة	٨٥ - ٩٥	٨٥ - ٩٥	٩٠ - ٩٨

ما هى التصرفات الحالية والمتوقعة لمياه الصرف الصحى فى مصر ؟

يوضح الجدول رقم (٢) تصرفات محطات معالجة مياه الصرف الصحى حالياً والتى يمكن الاستفادة من مياهها المعالجة لأغراض الزراعة ، كما يوضح التصرفات المتوقعة بعد الانتهاء من المشروعات الجارى تنفيذها والتوسعات المستقبلية .

جدول رقم (٢) : إجمالي المشروعات المنفذة والجارية التنفيذ بمحافظات الجمهورية

المحافظة	إجمالى التصرفات ألف م٣ / يوم	
	مشروعات منفذه	مشروعات جارى تنفيذها
دمياط	٢١٥	١٢٧
كفر الشيخ	١٥٨	١٨٥
الدقهلية	٤٧٥	١٣٨
الشرقية	٣٧٢	١٣٨
القليوبية	٢١٧	٢٩٠
المنوفية	٢٧١	٢٠٥

(تابع) جدول رقم (٢) : إجمالي المشروعات المنفذة والجارية التنفيذ بمحافظات الجمهورية

المحافظة	إجمالى التصرفات ألف م٣ / يوم	
	مشروعات منفذه	مشروعات جارى تنفيذها
مدن القناة (الإسماعيلية – السويس)	٥٠٥	٤٧٥
بور سعيد	–	–
الجيزة	٦٠	٦٠
الفيوم	١٣٢	٩٢
بنى سويف	١١٠	١٠
المنيا	١٨٢	١٦٢
سوهاج	٣٠٠	٢٧٨
قنا	١٩٢	١٧٩
أسيوط	٢٤٥	١٨٥
أسوان	٧٨	٣٥
البحر الأحمر	٦٠	٦٠
مطروح	٤٠	٢٥

ونظراً لضخامة مدينة القاهرة والكثافة السكانية المرتفعة بها حيث بلغت ١٥ مليون نسمة وتنمو المدينة بخطوات متسارعة مما يشكل حمل كبير على نظام الصرف الصحى والحاجة المستمرة لمشاريع عملاقة لتغطية كافة مناطق المدينة وتحسين الشبكة الحالية ومنذ أواخر الثمانينات بدأت الحكومة فى إقامة محطات للصرف الصحى فى مدينة القاهرة الكبرى (جدول ٣) .

جدول رقم (٣) : سعة محطات معالجة المياه العادمة بالقاهرة الكبرى ونوع المعالجة

محطات المعالجة	السعة متر مكعب / يوم	نوع المعالجة		الكمية المنتجة من الرواسب الجافة (طن/عام)
		رواسب	مجارى	
الجبل الأصفر	١,٠٠٠,٠٠٠	Digestion, pell pro	أولية وثانوية	٩٢,٠٠٠
البركة	٦٠٠,٠٠٠	Raw, drying-bed	أولية وثانوية	٧٩,٠٠٠
شبرا الخيمة	٦٠٠,٠٠٠	Raw, drying- bed	أولية وثانوية	٨٢,٠٠٠
أبو رواش	٤٠٠,٠٠٠	Raw, lagoon	أولية وثانوية	٤٢,٠٠٠
حلوان	٣٥٠,٠٠٠	Raw, drying-bed	أولية وثانوية	٤٠,٠٠٠
زنين	٣٣٠,٠٠٠	Raw, lagoon	أولية وثانوية	٥١,٠٠٠
الإجمالى	٣,٢٨٠,٠٠٠		–	٣٨٦,٠٠٠

وتعد محطة الجبل الأصفر هي أكبر محطات معالجة والتى تم افتتاح مرحلته الأولى والثانية فى التسعينات وسوف يصبح من أضخم المحطات عالمياً بعد افتتاح المرحلة الثالثة فى ٢٠٠٦ ، فى التسعينات وفى جميع محطات المعالجة يتم معالجة مياه الصرف الصحى أولياً وثانوياً (ما عدا أبو رواش) ، ويتم إنتاج الخبث المجفف هوائياً air-derived lagoon ، وفى محطة المعالجة بالجبل الأصفر سوف يتم إنتاج الغاز الحيوى والخبث المهضوم digested sludge ، ويتم تجميع وهضم sludge من محطة البركة ومحطة شبرا الخيمة أيضاً ، حيث تتوافر الإمكانية (السعة) بالجبل الأصفر ويوجد فى محطة زنين محطة معالجة بالهضم ونزع الماء من الـ sludge على مستوى pilot للتدريب واكتساب خبرة الإدارة فى هذا المجال وتعتبر هذه المحطة من أكفأ محطات المعالجة حيث تستقبل ٣٣٠ ألف م^{٣} / يوم من مياه المجارى وقد تم تحسينه وتطويره وافتتاحه فى عام ١٩٩٠ وفيه يتم المعالجة الأولية والثانوية والتعقيم بواسطة الكلور (حوالى ٨-١٠ مليجرام كلور/لتر) وزمن احتجاز من ٢٥-٣٠ دقيقة وتبلغ كفاءة المعالجة ٩٥% للـ BOD ، والأملاح الذائبة حيث تبلغ قيمتها ٢٠ مليجرام / لتر للأكسجين الحيوى و ١,٦ مليجرام /لتر للأملاح الذائبة . أما محطة أبو رواش فهى تستقبل ٤٠٠ ألف م^{٣}/يومياً من مدينة الجيزة وتستقبل ٢٨ ألف م^{٣} خبث سائل بتركيز ٠,٤-٠,٦% من محطة زنين والتى تقدر بحوالى ٥١ ألف طن/سنة ، ويتم خفض قيمة BOD من ٢٥٠-٥٠٠ ملجم/لتر فى المياه غير المعالجة إلى ٧٠-١٥٠مليجرام/لتر فى المياه المعالجة . وهذه التصرفات الضخمة والمتزايدة لا تستطيع وحدات التشعيع الجامى والالكترونى أن تتعامل معها . وحتى يمكن تحقيق التعقيم المرغوب يجب إمرار فيلم رقيق من الحمأة والخبث السائل فلا تستطيع أن تتعامل مع أكثر من ١٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠م٣/يوم .

والسؤال الذى يطرح نفسه الآن هل هناك حاجة لتعقيم مياه المجارى المعالجة ؟

من المعروف أن مياه الصرف الصحى تحتوى على أغلب طوائف الميكروبات والمسببات المرضية المعروفة ، مثل الميكروبات المسببة لحمى التيفود والنزلات المعوية والدوسنتاريا وأمراض الجهاز التنفسى ، وجميع الأمراض المتوطنة مثل البلهارسيا والإسكارس وغيرها . وتتراوح نسب وجودها بين ١٠^{٥} خلية فى كل لتر إلى ١٠^{٧} أو أكثر فى اللتر ، وعمليات المعالجة التقليدية يمكنها تخفيض المحتوى الميكروبى بنسب عالية تتراوح بين ٩٠-

٩٩% ولكن الأمور لا تقاس بهذه النسب ، فهى تعطى انطباعاً خاطئاً وتضلل القارئ ، لذا فمن الأفضل والأدق اتباع طرق استخدام التركيز عن اتباع طريقة النسبة المئوية فى وصف المحتوى الميكروبى وعند إعادة استخدام مياه المجارى المعالجة فى الرى فإن العديد من المسببات المرضية يستمر نشاطها وتستمر حياتها عدة أسابيع وقد تستمر فى بعض الأحيان مثل بيض الإسكارس وبعض أنواع الجراثيم إلى أكثر من عام كامل فى التربة ، وعلى الرغم من أن مدة بقاء المسببات المرضية فى المحاصيل تعتبر قصيرة إلا أنها قد تمتد عدة أيام بل وعدة أسابيع فى حالة الزراعات المحمية وزراعات الخضروات ولا يتوقف انتشار المسببات المرضية فى التربة فقط بل يمتد إلى المحاصيل ذاتها ليظهر فى أسواق الاستهلاك . ومن الأمثلة المشهورة التى تؤكد خطر استخدام الصرف الصحى دون تخفيض للمخاطر الصحية فى الرى والزراعة ما حدث فى صيف ١٩٧٠ فى القدس عندما انتشرت الكوليرا وأصبحت ظاهرة وبائية ومنذ ظهورها فقد تم اكتشاف ٢٥٠ حالة كوليرا خلال ستة أسابيع فقط منذ ظهورها ، وعند فحص مياه الشرب وجد أنها آمنة وخالية من أى أثر للميكروب المسبب للمرض ، وعند فحص المحاصيل الخضرية التى تم ريها بمياه الصرف الصحي وجد أنها غير مطابقة للمواصفات المعمول بها هنالك ، كما وجد أنها السبب المرجح فى عمليات الانتشار السريعة للكوليرا التى قدمت إلى البلد بشكل فردى من الخارج وبدأ الانتشار من خلال مياه الصرف الصحى إلى الخضروات فى المنطقة التى انتشر فيها الوباء والتي أكدتها الاختبارات المعملية على عينات من التربة وفي الخضروات عن وجود ميكروب الكوليرا بهما . ولوحظ فى الهند انتشار الانكلستوما والأمراض المعوية المختلفة بين العاملين الزراعيين فى المزارع التى تروى بمياه صرف صحى آمن ، وقد كان لعادة السير بدون أحذية دورها الهام فى توسع وانتشار تلك الأمراض الطفيلية بين العمال . وعند إعادة استخدام مياه الصرف الصحى دون تخفيض لمخاطرها الصحية فى الأعشاب فى المناطق الشعبية الصالحة لتربية الماشية وللرعي بوجه عام فإن عدداً من المشاكل الصحية تطل برؤسها من جراء هذا الاستخدام غير السليم فقد حدث فى الدنمارك عام ١٩٥٢ انتشار لمرض المارة الحيوانية بين قطعان الماشية التى كانت ترعى على عشب تم ريه بمياه صرف صحى غير معالجة صحياً . وعند إعادة استخدام مياه الصرف الصحى دون معالجة فى مزارع تربية الأسماك ، ظهر أيضاً العديد من المخاطر الصحية ، فمن الزاوية الميكروبيولوجية هناك أمران مرتبطان تمام الارتباط وهما :

الأول : إمكانيـة انتقـال مسـببات المـرض مـن جلـود الأسـماك وقشـورها إلـى داخـل مطـابخ المستهلكين .

الثانى : وجود القواقع التي تقوم بدور العائل الوسيط . الذى يؤدى إلى انتقال التلوث إلى الإنسان وإصابته بالمرض .

وبالتالى فإن إعادة استخدام مياه الصرف الصحى دون معالجة صحية هو أمر شديد الخطورة على الصحة العامة وبالتالى على المجتمع ككل ، وفى نفس الوقت فإن التخلص من مياه الصرف الصحى دون أى شكل من أشكال الاستفادة منها يعتبر تبديداً لموارد هامة، فمياه الصرف الصحى تحتوى على العديد من العناصر الغذائية الصالحة والمناسبة فى الزراعة ويمكن فى حالة استخدامها تحسين الإنتاجية الزراعية أو توفير بعض الأسمدة أو الأثنين معاً . وهناك طوائف عديدة من الفيروسات تسبب الأمراض للإنسان والحيوان والنبات ومن أبرز تلك الطوائف فيروسات الجهاز الهضمى وهى تصيب الإنسان بالعدوى المرضية وتخرج من البراز وتعود فتصيب الإنسان عن طريق التنفس أو الفم .

إن جراماً واحداً من براز الإنسان يحتوى على 10^9 من الفيروسات المعوية بعضها يصيب الإنسان بالأمراض وهذه الفيروسات لا تستطيع التكاثر إلا فى خلايا مناسبة ويمكنها البقاء بمفردها دون عائل مناسب لعدة أسابيع عديدة فى البيئة خاصة إذا كانت درجة الحرارة أقل من ١٥ درجة مئوية . وعند قياس تركيزات الفيروسات المعوية فى مياه الصرف الصحى الخام وجد أنها تبلغ حوالى ١٠ فيروس معوى لكل لتر من مياه الصرف الصحى ، هذا وقد تم فصل العديد من الفيروسات المسببة للأمراض من تربة تعرضت للبراز الآدمى . ويمكن تقسيم الفيروسات التى تخرج من البراز وتسبب أمراضاً للإنسان إلى عدة أنواع والجدول رقم (٤) يوضح أنواع الفيروسات المعدية وآثارها على الإنسان ، وقد وجد أن شلل الأطفال فى العالم كله يحدث بنسبة ١ : ١٠٠٠ حالة من الإصابة بالفيروس ومعظم الحالات المصابة بالشلل تنتمى إلى الدول النامية . وتسبب فيروسات الأسكو والكوكسالى أمراضاً عديدة مصحوبة بأعراض متنوعة بدءً من الحمى البسيطة الالتهاب السحائى وأمراض التنفس والشلل وإنتهاءً بأمراض القلب . كما أن فيروسات الروتا وجدت فى براز عدد كبير من الأطفال المصابين بالإسهال ، وهى تمثل مجموعة مهمة من الفيروسات المعوية ، ويعتبر دورها فى حدوث

الأمراض غير محدد ولكنها مسئولة عن نسبة كبيرة من الإسهال بين الأطفال . أما فيروس الالتهاب الكبدى (أ) فهو يؤدى إلى ظهور الصفراء .

جدول رقم (٤) : يوضح أهم مجموعات الفيروسات التى يمكن أن تتواجد فى مياه الصرف الصحى

مجموعة الفيروسات	الأمراض التى تسببها
فيروسات الغدد (أدينوفيروس)	أمراض الجهاز التنفسى والتهاب العين
الفيروسات المعوية	شلل الأطفال – الشلل – أمراض أخرى
فيروس شلل الأطفال	الالتهاب السحائى – إسهال – أمراض جهاز تنفسى
الأيكوفيروس	الالتهاب السحائى – إسهال
الكوكساكى فيروس	الالتهاب السحائى – إسهال
فيروس الالتهاب الكبدى	مرض الصفراء أو الالتهاب الكبدى
الروتافيروس وأنواع أخرى	الإسهال

جدول رقم (٥) : يوضح أهم مجموعات البكتريا المسببة للأمراض والتى يمكن تواجدها فى مياه الصرف الصحى والأمراض التى تسببها

مجموعة البكتريا	الأمراض التى تسببها
مجموعة القولون المرضية	الإسهال
مجموعة السالمونيلا	الإسهال
سالمونيلا تيفى	حمى التيفود
سالمونيلا الباراتيفى	حمى الباراتيفود
أنواع أخرى	التسمم الغذائى والدوسنتاريا الباسيلية
مجموعة الشيجيلا	دوسنتاريا
أنواع أخرى	الإسهال
بكتريا القولون E-Coli	الإسهال
أنواع أخرى	الكوليرا

وهناك أنواع عديدة من البروتوزوا تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان (جدول رقم ٦) .

جدول رقم (٦) : يوضح أهم الكائنات الحيوانية وحيدة الخلية (البرتوزوا) التى يمكن تواجدها فى مياه الصرف الصحى

نوع الكائن وحيد الخلية	الأمراض التى تسببها
البالنتيديوم كولاى	الإسهال – الدوسنتاريا – قرحة الأمعاء
الأنتاميبا هيستوليتيكا	قرحة الأمعاء – الدوسنتاريا الأميبية – خراج الكبد
الجيارديا لامبليا	الإسهال – سوء الهضم

الديدان الطفيلية :

هناك العديد من الديدان الطفيلية تعتمد على الإنسان كعائل أساسى لها ، وبعض هذه الديدان تصيب الإنسان بأمراض متباينة فى خطورتها (جدول رقم ٧) .

جدول رقم (٧) : أهم الديدان الطفيلية التى يمكن تواجدها فى مياه الصرف الصحى

نوع الدودة الطفيلية	الأسم الشائع	المرض الذى تسببه	دورة الانتقال
إنكلستوما الإثنى عشر	الإنكلستوما	الإنكلستوما	الإنسان – التربة – الإنسان
الأسكارس الخرطومية	ثعبان البطن	الإسكارس	الإنسان – التربة – النبات
الدودة الدبوسية	الدبوسية	الدبوسية	الإنسان – الإنسان
التنياساجناتا	الدودة الشريطية	الشريطيات	الإنسان – البقرة – الإنسان
التنياسوليم	الدودة الوحيدة	الشريطيات	الإنسان – الخنزير – الإنسان
الترايكيورس ترايكيورا	الدودة السوطية	السوطيات	الإنسان – التربة – الإنسان
الشستوسوما	دودة البلهارسيا	البلهارسيا	الإنسان – القوقع – المياه الإنسان

مدة استمرار تأثير المسببات المرضية :

منذ خروج المسببات المرضية مع فضلات الإنسان تبدأ أعداد الكائنات المسببة للأمراض (المسببات المرضية) فى الانخفاض نتيجة للموت أو للمنافسة بين بعضها البعض على الغذاء أو لغير ذلك من الأسباب وتبدأ الفيروسات والبروتوزوا فى الانخفاض مباشرة أما البكتريا فقد يحدث لها أحياناً زيادة فى العدد والتركيز عندما لا تكون هناك منافسة على غذائها ، وأيضاً عندما يكون الوسط مناسباً من أغلب الوجوه .ويوضح الجدول رقم (٨) مدة استمرار تأثير المسببات المرضية فى المياه النقية ومياه الصرف الصحى .

جدول (٨): يوضح مدة بقاء بعض المسببات المرضية فى كل من الماء النقى ومياه الصرف الصحى

نوع المسبب المرضى	مدة البقاء فى الماء النقى أو مياه الصرف الصحى
الفيروسات	تصل إلى ١٢٠ يوم وعادة لا يزيد عن ٥٠ يوماً
البكتريا	
مجموعة القولون	تصل إلى ٦٠ يوم وعادة لا يزيد عن ٣٠ يوماً
السالمونيلا	تصل إلى ٦٠ يوم وعادة لا يزيد عن ٣٠ يوماً
الشيجلا	تصل إلى ٣٠ يوم وعادة لا يزيد عن ١٠ يوماً
الكوليرا	تصل إلى ٣٠ يوم وعادة لا يزيد عن ١٠ يوماً
البروتوزوا نوع الأنتاميبا هيستولوتيكا	تصل إلى ٣٠ يوم وعادة لا يزيد عن ١٥ يوماً
بيض الأسكارس	عدة أشهر

طرق إزالة الميكروبات باستخدام طرق معالجة مياه الصرف الصحى :

ويتم ذلك عن طريق كل فى المعالجات الأولية والثانوية كما هو موضح بجدول رقم (٩) .

جدول رقم (٩) : يوضح نسبة إزالة الكائنات الدقيقة عن طريق المعالجة التقليدية لمياه الصرف الصحى

الوسيط المعدى	نسبة الإزالة عن طريق المعالجة الابتدائية (%)	نسبة الإزالة للوسيط المعدى المتبقى عن طريق المعالجات الثانوية	
		الحمأة المنشطة (%)	المرشحات الزلطية (%)
فيكال كوليفورم (*)	١٠ >	٠ – ٩٩	٨٥ – ٩٩
سلمونيلا	٠ – ١٥	٧٠ – ٩٩	٨٥ – ٩٩
بكتيريا السل الرئوى	٤٠ – ٦٠	٥ – ٩٠	٦٥ – ٩٩
الشيجلا	١٥	٨٠ – ٩٠	٨٥ – ٩٩
انتاميبا هوستلوتيكا	٠ – ٥٠	محدودة	محدودة
بويضات الديدان	٥٠ – ٩٨	محدودة	٦٠ – ٧٥
الفيروسات	محدودة	٧٥ – ٩٩	٠ – ٨٥

(*) تحتوى مياه الصرف الصحى الخام على أعداد حوالى ٨ × ١٠^٦ وحدة لكل ١٠٠ ملليلتر.

وتعتبر عملية التطهير disinfection هي أهم عملية للقضاء على الكائنات الدقيقة الممرضة فى مياه الصرف الصحى وتتم بعد المعالجة الثانوية في معظم الحالات . وعلى مستوى جمهورية مصر العربية فإن الكلور هى المادة الأكثر شيوعاً فى الاستخدام فى عملية التطهير سواء لمياه الشرب أو مياه الصرف الصحى المعالجة وعلى الرغم من أن الأوزن والأشعة فوق البنفسجية تستخدم عالمياً فى تعقيم مياه الصرف الصحى المعالجة إلا أنها لم تستخدم فى هذا

المجال فى مصر . وقد نصت المادة الخامسة من اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ بشأن حماية نهر النيل والمجارى المائية . " على أنه يجب تعقيم المخلفات بعد المعالجة وقبل صرفها إلى مجارى المياه العذبة ويفضل الأوزون وفى حالة استخدام الكلور ومشتقاته يجب ألا يقل الكلور المتبقى بعد عشرين دقيقة من إضافته عن ٠,٥ مليجرام/لتر ولا يزيد عن ١ مليجرام/لتر " . كما نصت المادة رقم ٦٧ من ذات اللائحة " على أنه فى حالة صرف مياه الصرف الصحى أو مخلفات صناعية سائلة مختلطة بمياه الصرف الصحى إلى مسطحات المياه الغير عذبة يجب بناء على طلب الجهة الصحية المختصة معالجة المياه المنصرفة بالكلور لتطهيرها قبل صرفها بحيث لا يقل الكلور المتبقى بعد عشرين دقيقة من إضافته عن ٠,٥ مليجرام/لتر وبحيث تكون أجهزة ومواد التطهير متوفرة وجاهزة للعمل بصفة مستمرة لإنجاز هذه المعالجة عند طلب إجرائها " .

ومن أهم العوامل لتقييم جدوى البدائل المستخدمة فى عملية تطهير المياه ما يلى :

١- الكفاءة فى التخلص من الكائنات الممرضة .

٢- التكلفة الإنشائية .

٣- التكلفة الدورية للتشغيل والصيانة .

٤- سهولة تداول المادة وتخزينها .

٥- طرق الإضافة والتحكم والأمان .

٦- التأثيرات المضادة المحتملة والأخطار التى قد تتعرض لها الأحياء المائية أو الإنسان نتيجة تكوين مواد سامة أو مسرطنة .

المواد المستخدمة فى تطهير مياه الصرف الصحي المعالجة :

أولاً : الكلور :

يتم تعبئة غاز الكلور المسيل فى اسطوانات تحت ضغط عال ويتم تخزينها فى مواقع محطات المعالجة مع اتخاذ كافة احتياطات الأمان اللازمة والكمية المخزنة ، ولا يجب أن تزيد عن احتياج المحطة لمدة شهر واحد .

تتأثر جرعة الكلور المستخدمة فى تطهير مياه الصرف الصحى المعالجة للمستوى المطلوب بصورة كبيرة على المكونات الموجودة بمياه الصرف الصحى فوجود المكونات العضوية يستهلك

نسبة من جزيئات مادة التطهير وهذا يحمى جزيئات الكائنات الدقيقة المراد التخلص منها من تأثير المادة المطهرة وتتفاعل الأمونيا بمياه الصرف الصحى مع الكلور لتكون الكلورامين والذى يعتبر نوع من المطهرات أقل كفاءة من الكلور الحر . وعمليات جرعة الكلور المضاف تحدد من الخبرة استناداً إلى كمية الكلور المتبقى المطلوبة ومواصفات المياه المعالجة المطلوبة والكلور الذى يعتبر فى تركيزاتة المنخفضة سام لعديد من الكائنات المائية يمكن التحكم فيه بسهولة فى مياه الاستصلاح عن طريق عملية إزالة الكلور باستخدام ثانى أكسيد الكبريت . وفيما يلى بيان مجموعة الكلور المستخدمة حسب درجة المعالجة

نوع المعالجة	جرعة الكلور من الخبرة العملية
المعالجة الابتدائية	من ١٨ – ٢٤ ملليجرام/لتر
المعالجة الثانوية	من ٨ – ١٢ ملليجرام / لتر

وتعتمد كفاءة عملية الكلورة على درجة حرارة المياه والأس الهيدروجينى ودرجة الخلط ومدة التفاعل ووجود مواد أخرى قد تدخل فى التفاعل وتركيز الكلور وطبيعة تركيز الكائنات الصغيرة المراد القضاء عليها وعادة فإن البكتريا أقل مقاومة للكلور من الفيروسات التي بدورها أقل مقاومة للكلور من الطفيليات وبويضات الديدان ويجب تحديد جرعة الكلور المضافة بدقة تجنباً لتفاعل الكلور مع المواد العضوية لتكون مواد مسرطنة أو سامة.

ثانياً : هيبوكلوريت الصوديوم :

يوجد فى صورة محلول بتركيز حوالى ٣% وعليه ترتفع تكلفة نقله وتخزينه بالإضافة إلي قابليته للتحلل عند تحضيره لتركيزات مرتفعة ويتأثر هيبوكلوريت الصوديوم بالتعرض للضوء والحرارة ، لذا يجب تخزينه بمواقع باردة وخزانات مقاومة للتآكل ولا يستخدم محلول هيبوكلوريت الصوديوم فى تطهيره لمياه الصرف الصحى فى مصر على الرغم من أنه لا يحتاج لاحتياطات أمان فى نقله وتخزينه بمواقع المحطات .

ثالثاً : الأوزون :

الأوزون (O_3) وسيط مطهر قوى للغاية ومؤكسد كيمائى قوى فى كل من التفاعلات العضوية والغير عضوية ونظراً لعدم اتزان غاز الأوزون فى الطبيعة فيجب توليده فى الموقع

من الهواء أو حاويات غاز الأكسجين . ويدمر الأوزون البكتريا والفيروسات عن طريق الأكسدة السريعة لكتل البروتين ويحدث تطهير المياه فى دقائق معدودة .

ومن عيوب استخدام الأوزون فى التطهير ارتفاع التكلفة واستهلاك الطاقة ويعتبر نظام التطهير بالأوزون أكثر تعقيداً فى التشغيل والصيانة من نظام الكلورة ، كما أنه لا يكون له أثر متبقى فى المياه المعالجة . والأوزون ذو كفاءة عالية كمطهر فى المحطات التى تستخدم مستويات المعالجة المتقدمة مما يزيل اللون تماماً ويزيد من الأكسجين المذاب فى المياه المعالجة .

رابعاً : الأشعة فوق البنفسجية (UV) :

الأشعة فوق البنفسجية هى وسيط فيزيائى مطهر ولها إشعاع بطول موجى قدره ٢٥٤ نانوميتر ، حيث تخترق الأشعة جدار الخلايا ويتم امتصاصها بواسطة الحامض النووى للخلايا الأمر الذى يمنع انقسام الخلايا ويتسبب فى موتها .

وتلقى الأشعة الفوق بنفسجية اهتماماً متزايداً كمطهر للمياه المعالجة التى تستخدم فى الزراعة لأنها فى بعض الأحيان تكون أقل تكلفة من التطهير بالكلور بالإضافة على أنها أكثر أماناً فى الاستخدام والتداول من غاز الكلور ولا تتسبب فى تكوين هيدروكربونات مكلوره ، كما يحدث فى حالة التطهير باستخدام الكلور . وتستخدم الأشعة فوق البنفسجية في تطهير مياه الصرف الصحى المعالجة على نطاق واسع عالمياً وخاصة فى الولايات المتحدة الأمريكية .ويعبر الجدول رقم (١٠) عن كفاءة التخلص من الكوليفورم البرازى باستخدام جرعات مختلفة من الأشعة فوق البنفسجية .

الجرعات بالميكروواط ثانية/سم^2	محتوى الكوليفورم البرازى
٦٠	٢٣ وحدة لكل ١٠٠ ملليلتر
٩٧	٢،٢ وحدة لكل ١٠٠ ملليلتر

والآن لماذا فكرت الدول المتقدمة فى تجربة استخدام أسلوب التعقيم باستخدام الإشعاع ؟ طبعاً وبكل بساطة لعدة أسباب نوردها فيما يلى :

١- عدم توافر ساعات سطوع الشمس الكافية أغلب أيام السنة وبالتالى توقف أو بطء العمليات البيولوجية بل وتنخفض كفاءتها كثيراً خاصة من انخفاض درجات الحرارة وظروف تجمد المياه وبالتالى يتعذر إتمام المعالجات السابقة الإشارة إليها .

٢- سقوط الأمطار بغزارة موسمياً والجريان السطحى فى الوديان لا يسمح بتوفير أراضى كافية لعمليات المعالجة مثل برك الأكسدة والتهوية وعدم توافر الأراضى التى يمكن تخصصها لمثل هذه المعالجات .

٣- معظم هذه البلدان متقدم نووياً وتقوم بتصنيع وتركيب هذه المنشآت النووية مثل المفاعلات النووية والمنتجة للمصادر الإشعاعية المستخدمة فى التعقيم على الخصوص Co^{60} والـ Cs^{137} ومثل إنتاج المسارعات ووحدات إنتاج التيار الالكترونى وخلافة .

٤- إن المياه المعالجة فى معظم الأحيان يعاد ضخها فى خزانات جوفية مخصصة ولابد من ضمان عدم تلوث هذه الخزانات ، وهناك قيود ومعايير صارمة بيئية على كل خطوات المعالجة أو التصرف فى هذه الكميات الهائلة من المياه .

٥-نجاح أسلوب استخدام الإشعاع فى تعقيم الأغذية والمواد الطبية والأدوية على مقياس صناعى وتجارى ، وهناك العديد من الدراسات فى مركز تكنولوجيا الإشعاع بمصر على ذلك .

والسؤال التالى : لماذا إذا لم تنتشر هذه التكنولوجيا بالرغم من قدمها ؟

بالرغم من أن التجارب بدأت منذ ٥٠ عاماً مضى فى الولايات المتحدة ، ألمانيا ، أوكرانيا ، بولندا ، المكسيك ، البرازيل والهند ، وعلى مستوى Biolt plant إلا أنها انتهت إلى بعض دراسات تقييم وتم إغلاقها فى التسعينات ما عدا الوحدة الموجودة فى الهند فهى الوحيدة التى مازالت تعمل باستخدام مصدر إشعاعى Cs^{137} والهند دولة نووية يمكنها توفير هذه المصادر لنفسها . وسبب إغلاق هذه الوحدات أنها باهظة التكلفة وعند إنشاء الوحدة سوف يبلغ إجمالى التكاليف فى المتوسط ٦ مليون دولار أمريكى والمصاريف الجارية السنوية للتشغيل حوالى ٧٥٠ ألف دولار سنوياً ، هذا بخلاف عقود الصيانة والمتابعة والرقابة الدولية والمستجدات على الساحة الدولية ومشاكلها . ويبلغ تكلفة المتر المكعب من مياه المجارى من ١,٥ - ٣ دولار ، أما إذا كان سيجرى عملية التعقيم على الحمأة فإن الطن الواحد سوف

يتكلف أكثر من ٨٥ دولار وحيث أن المنتج النهائى منخفض القيمة الاقتصادية بالطبيعة فلا يمكن أن يكون لهذا المشروع أية جدوى اقتصادية ، ولذلك يتم التوجه إلى الطرق التقليدية .

مشكلة أخرى بديهية هي أن قدرة أى وحدة تشعيع محدودة للحاجة إلى تكوين فيلم رقيق من مياه المجارى أو من الحمأة المعالجة لضمان كفاءة التعقيم بالتشعيع مما يؤدى إلى قلة قدرة الوحدة على التعامل مع الكميات الضخمة المنتجة يومياً . وكما نعلم أن محطة الجبل الأصفر تستقبل مليون م^{3} يومياً وأصغر محطة فى حلوان تستقبل ٣٠٠,٠٠٠م^{3} يومياً فكيف يمكن استخدام مثل هذه التقنية عندنا !!

وقد أوضحت الشركات المنتجة لهذه الوحدات بأنه يمكن استخدام هذه الإمكانية لتعقيم مخلفات المستشفيات أو المجمعات الصحية أو فى المدن الصغيرة والتى لا يتوفر عندها أراضى لمعالجة وتخزين الحمأة .

وسؤال هام : ما هى الخبرات المصرية أو العربية لاستخدام التشعيع فى تعقيم مياه المجارى ؟

نظراً لعدم وجود أى وحدة تشعيع مركبة على محطة معالجة فعلية أو تجريبية فإن القائمين على مشاريع بحثية مقدمه من الوكالة الدولية (عشرة سنوات) أو من هيئة الطاقة الذرية العربية (٣ سنوات) يقومون بتشعيع كيس أو أكثر يحتوى كيلو جرامات من الحمأة ومنها تخرج الأبحاث التقليدية المعروف نتيجتها مقدماً ولا تمثل الوضع الواقعى وظروف التشغيل فى محطة المعالجة الفعلية .

أما الخبرات المصرية فى طرق المعالجة التقليدية البيولوجية والمستخدمة فى جميع محطات المعالجة بمصر فهى خبرات ممتازة ومتطورة وتحقق نتائج ناجحة على مدار السنين وهناك العديد من دراسات التقييم وتقدير الكفاءة تنتشر دورياً نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر كما يلى :

تم تقييم استخدام نظام برك الأكسدة المهواه لمعالجة مياه الصرف الصحى فى مدينة الإسماعيلية – مصر ، حيث تم التقييم بالنسبة لتحديد كفاءة النظام فى التخلص من الحويصلات والبويضات الطفيلية ، بكتريا القولون البرازية ، الحمل العضوى ، المغذيات غير العضوية والعناصر الثقيلة . وقد تم إجراء التجارب خلال الفترة من أكتوبر ١٩٩٨ حتى ديسمبر ١٩٩٩ ، وذلك من أجل تحديد معدلات التحميل لمختلف العوامل وتحديد قدرة النظام

على التخلص منها تحت ظروف التشغيل الطبيعية . وكانت الكفاءة الكلية للنظام للتخلص من بويضات الديدان الطفيلية وحويصلات وحيدات الخلية هى على الترتيب ٩,٢ ، ٩٨,١% ، بينما كانت الكفاءة الكلية للتخلص من بكتريا القولون البرازية هى ٩٩,٥٧% وبالنسبة للأكسجين الحيوى المستهلك ، الأكسجين الكيماوى المستهلك ، المواد الصلبة العالقة والمواد الصلبة المتطايرة كانت كفاءة التخلص هى على الترتيب ٦٩% ، ٧٤%، ٨٨% ، ٨٧% وكانت الكفاءة الكلية للنظام للتخلص من العناصر الثقيلة (الكادميوم الكروميوم والزئبق) هى على الترتيب ٣٣,٣ ، ١٠٠% ، ٦٦,٧% ، على العكس لم تكن هناك كفاءة للنظام للتخلص من العناصر الثقيلة الأخرى (النيكل، الرصاص، النحاس، الزنك، والكوبلت) كما لم تكن هناك كفاءة بالنسبة للتخلص من الأمونيا والفوسفات .

القوانين المنظمة لإعادة استخدام المياه المعالجة ؟

القوانين المصرية المنظمة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة تبدأ بالقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة والقانون رقم ١٢ لسنة ١٩٨٤ بشأن إصدار قانون الرى والصرف ، والقانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ فى شأن حماة النيل والمجارى المائية ، ثم قانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ فى شأن حماية البيئة (المادة التاسعة عشر والعشرون) وأخيراً القرار الوزارى رقم ٢٨٨ لسنة ٢٠٠٠ ورقم ٣٢٩ لسنة ٢٠٠١ وتشكيل اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصرى لاستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة والحمأة الناتجة من محطات الصرف حيث أعدت اللجنة الكود المصرى بالكامل فى يوليو ٢٠٠٤ وبصدد اعتماده رسمياً فى القنوات الشرعية .

والسؤال الأخير الذى يطرح نفسه كيف نتعامل مع الحمأة المتولدة بعد المعالجة ؟

طبقاً لتقرير الأستشاريون والشركة الأمريكية البريطانية المنفذة لمشاريع مجارى القاهرة الكبرى (١٩٨٩) فإن كمية الحمأة التى سوف تنتج فى القاهرة الكبرى وحدها سوف يبلغ مقدارها ٣٦٦٨ طن/يوم بحلول سنة ٢٠١٠ فإذا علم أن المتولد من الحمأة فى سنة ١٩٩٥ كان ١٨٧٥ طن/يوم فيمكن التنبؤ بأنه بحلول عام ٢٠١٠ سوف ينتج ما يزيد عن ١,٣٤ مليون طن مادة جافة وهذا الكم الهائل من الحمأة المتولدة ليس فى القاهرة وحدها وينتج كميات كبيرة من كل محطة معالجة على مستوى الجمهورية . والحمأة غير الملوثة بالمخلفات الصناعية يمكن استخدامها وإعادة تدويرها كمصلحات للتربة الرملية والجيرية وكسماد عضوى مصنع بالعديد من الطرق المعروفة والتى نجح تطبيقها فى مصر فى العديد من الدراسات (على الدين ١٩٩٣ ، عبد الصبور ٢٠٠٠ ، بهجت ١٩٨٩ ، سهير وآخرون) وسوف نشير باختصار على أساليب معالجة الحمأة والتى تتلائم مع ظروفنا المصرية وتنقسم إلى قسمين :

أولاً : المعالجة الهوائية وتشمل :

١- طريقة الكمر المزدوج للحمأة مع مخلفات عضوية أخرى .
٢- طريقة استخدام بعض المواد الكيميائية مثل الجير الحى أو تراب الأسمنت .
٣- طريقة استخدام بعض الطحالب البحرية .

ثانياً : المعالجة اللاهوائية وتشمل :

١- إنتاج الغاز الحيوى والسماد العضوى من مخلفات الحمأة منفردة .
٢- إنتاج الغاز الحيوى والسماد العضوى من مخلفات الحمأة بعد إجرائها بإضافة مواد عضوية بنسب معينة .
٣- إنتاج الغاز الحيوى والسماد العضوى تحت نظام الحرارة المرتفعة ٥٥مْ
٤- إنتاج الغاز الحيوى والسماد العضوى باستخدام تكنولوجيا فصل المرحلة الحامضية ومرحلة التخمر الميثانى .

وكل هذه الطرق ذات كفاءة عالية فى القضاء على البكتريا الممرضة والطفيليات المختلفة والتى يتركز وجودها بكثافة عالية فى حمأة المجارى والسماد العضوى الناتج يشبه السماد البلدى المتحلل فى مظهره مع خلوه من بذور الحشائش ومسببات الأمراض البكتيرية والفيروسين أو بويضات الطفيلات (أنظر قائمة المراجع) مع ارتفاع قيمته السمادية .

ومن الجدير بالذكر أن هذه الطرق توفر عمالة واستثمارات محلية ولا تحتاج لتدخل أجنبى أو رقابة دولية ، كما فى حالة لو أدخلنا طريقة تعقيم الحمأة بالإشعاع بالإضافة إلى أن الطن لا يتكلف أكثر من ١٠٠-١٥٠ جنيه مصرى فى أن استخدام الإشعاع يرفع التكلفة إلى ٨٥ - ١٧٠ دولار أمريكى/طن .

المراجـــع :

١- المعالجة الفعالة للحمأة لإنتاج الطاقة والسماد العضوى - رسالة دكتوراه - زراعة جامعة القاهرة - دكتور/ على الدين أحمد عامر .

٢- تلوث البيئة وصحة الإنسان (٢٠٠٠) أ.د / ممدوح فتحى عبد الصبور - مكتبة النهضة المصرية - القاهرة .

٣- تقرير لجنة إعداد الكود المصرى لإعادة استخدام مياه الصرف الصحى (٢٠٠٤) وزارة الإسكان .

٤- تدوير المخلفات الزراعية ، مجالات التكامل للاستفادة منها المؤتمر القومى الأول لإعادة استخدام تدوير المخلفات ، أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا ، أ.د / أيمن النواوى (١٩٩٦) .

5-M.F. Abdel-Sabour, W. Sanad, M.A. Massoud and A.F. El-Kholi, (1988). Study of soil and plant pollution with some heavy metals, Proc. 1st National Conf. On Environmental Studies and Research Institute of. Studies and Res., Ain Shams Univ. volume 2:679-689 .

6-M. F. Abdel-Sabour, A.S. Ismail and H. Abou Naga, (1996). Environmental impact of Cairo sewage effluent on El-Gabal El-Asfer farm, *Egypt J*.soil Sci. 36:329-342 .

7-A.S. Ismail, M.F. Abdel-Sabour and H. Abou Naga, (1996). Accumulation of heavy metals by plants as affected by application of organic wastes, *Egypt J*.soil Sci. 36:99-107 .

8-M. F. Abdel-Sabour, F.H. Rabie and S.A. Hassan, (1998). Impact . Impact of industrial wastewater disposal on surface water bodies in Mostord area north greater Cairo, proc 4th Inter. Symposium on Environ. Geotechno., and Global Sustainable Development, Boston, Mass. USA .

9-M. F. Abdel-Sabour, and A.R.A.G. Mohamed, (1995). Net aboveground dry-matter production, seed yield and heavy metals accumulation of mize grown on sewage sludge amended Sandy soil . Egyption J. Agronomy 20:47-60 .

10-M. F. Abdel-Sabour, (1996) . Residual effects of organic waste compost application on clover : 1. Accumulation and recoveries of heavy metals in amended sandy soil., Proc. Confy. Food Borne Contamination Egyptian `s Health, Mansoura Univ. pp. 227-236 .

11-M. F. Abdel-Sabour T. Mosalem and S.A. El- Raies, (1996). Heavy metals accumulation in corn plants grown on sandy soil amended with industrial waste and/or residential sewage sludges, Proc. Food Borne Contamination & Egyptian`s Health, Mansoura Univ. pp. 26-27 .

**12-AbdelSabour, M.E., M.A. Abo El-Seoud, (1996). Effect of organic waste compost addition on sesame, yield and chemical composition, Agric Ecosy. And Environ .
60 : 157-164 .**

13-S. Abdel-Haleem, M.F. Abdel-Sabour, A. El-Shershaby and N. Walley El-Dine (1997). Assessment of uranium and thorium in corn sesame seeds due to organic waste application to sandy soil. Nuclear Sci. J. Vol. 34-436.

14-M.E. Abdel-Sabour (1997). Transport of trace elements in organic compost systems in dryland agriculture, Assiut Univ. center for Environmental Studies (AUCES) OVERVIEW SERIES No. 4 (1997) .

15-M.F. Abdel Sabour, 1997. Fate of heavy metals in sewage sludge amended sandy soils, Egypt. J. Soil. 37, No. 1, pp. 123-138 .

16- M.F. Abdel-Sabour, C.B. Ogden and R.W. El-Gendi (1997), Conditioning effect of organic waste composts on hydro-physical properties of Inshas sandy soils., Egypt. J. Soil Sci. 37, No. 3,pp. 1-11 .

17- M.A. Abo El-Seoud, M.F. Abdel-Sabour, and E.A. Omer (1997). Productivity of addition to sandy soil., Environmental Protection Engineering, (in press) .

18-Soheir S. Fahmy, M.F. Abdel-Sabour, M. El-Housseini (1997). Evaluation of some organic fertilizers in respect to their maturity and suitability as soil amendment., 9th Conf. Microbio;igy, 25-27 March, Soc. Applied Microbiology Cairo, Egypt.

19- Abdel Sabour, M.F., M.A. Abo El-Seoud and M.A. Rizk (1997). Physiological and chemcial response of sunflower to previous organic waste composts

application to sandy soil. Environmental Management and Health Vol. 8/4, pp. 128-132 .

20-M.H. Rabie, A.Y. Negm, and M.F. Abdel-Sebour, (1997) . Influence of two sewage sludge sources on Faba bean and sorghum plants growth and elements uptake Egypt. J. Soil Sci. 37 : 425-435 .

21- M.F. Abdel-Sabour, A.S. Abdel-Haleem, A. Sroor, N. Abdel -Baset and R.A Zaghloul (1998). Accumulation of heavy metals in two crop seeds due to soilcontamination as determined by neutron activation analysis techniques. J. of Environmental Sci. Vol. 10 : 245-251 .

22-El-gamal I.M., H.I. Abdel-Shafy and KiT. Hindy, " impact of lead pollution on the contamination of water, soil and plants " inlterna. L. J. environ. Management health, 4 (1) : 21-25, (1993) .

23- I.M. El-gamal and H.I. abdel-shafy, first national conference on environmental studies and research, Cairo, Egypt, P. 481-497, (1988) .

24- National Academy of Science. National Academy of Engineering, Water Quality Criteria (1972). Environmental protection Agency, Washington DC .

25-Kobata-Pendias, A. and H. Pendias, (1992). In Trace Elements in Soils and Plants. 2nd Ed. Lewis pub. Inc .

26-Standerd methods for the examination of water and wastewater, 17th ed., (1984), APHA, AWWA, WPCF., USY.

27-El-gamal, I.M and Abdel-Shafy, H.I " role of land irrigation by liquid sewage in the uptake of metake of metals and nutrient elements by citrus Plants. Biomass and Bio- energy Journal, 1992 .

28- Abdel-shafy, H.I., cooper, W.J., Handley-raven, I.I. and gasey, I.S., " Short-term fate of heavy metals in the gravel-ned hydroponics wastewter treatment " environment protection engineering, Vol. 12, No. 2, 1986, pp. 61-79.

29- Ryan, J.A. (1980). Manual for composting sewage sludge by the Beltsvilla Aerated-Pile Method, National Technical information service, Spring Field Virginia, 22161 .

30- Borrely, S.I.; Craz; N.L. Mastro; M.H.O.SAMPO and E.S.Somessari (1998) Radiation processing of sewage and sludge. A Review, progress in Nuclear Energy, Vol. 33, No 1/2 p.p. 3021 .

31- Swinwood, J.F. and F.M. Fraser (1993) . Envioronmental application fo gamma technology update on the Canadian sludge irradiator, Radiat. Phys. Chem. Vol 42, pp. 683-687 .