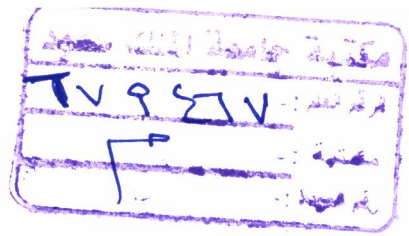
بدر

# مخلفات الصرف الصحي
## الخواص والمعالجة وإعادة الاستخدام

تأليف
**الدكتور / هجو محمد عبد الماجد**
الأستاذ بقسم التربة والمياه
كلية الزراعة والطب البيطري
فرع جامعة الملك سعود بالقصيم

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود
ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية


مكتبة جامعة الملك سعود
٦٧٩٤٧
م

ح جامعة الملك سعود، ١٤٢٢هـ (٢٠٠١م)

*فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر*

عبد الماجد، هجو محمد

مخلفات الصرف الصحي، الخواص والمعالجة وإعادة الاستخدام - الرياض.

٢٥٠ ص ١٧ × ٢٤سم

ردمك: × - ١٠٠ - ٣٧ - ٩٩٦٠

١ - الصرف الصحي ٢ - تنقية المياه أ - العنوان

ديوي ٦٢٨,٣ ٢١/٠٣٦٦

رقم الإيداع: ٢١ / ٠٣٦٦

ردمك: × - ١٠٠ - ٣٧ - ٩٩٦٠

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره - في اجتماعه السابع عشر للعام الدراسي ١٤١٩/١٤٢٠هـ، المعقود بتاريخ ١٤٢٠/٢/١هـ، الموافق ١٦/٥/١٩٩٩م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٢٢هـ

# مقدمة

في الوقت الذي يمر فيه العالم العربي بمرحلة متقدمة من التطور والتحديث ونقل التكنولوجيا لوضعها في خدمة الصالح العام دأبت الجامعات ممثلة في مجالس البحث العلمي ومراكز الترجمة على تشجيع تأليف الكتب العلمية وترجمتها، ووضعها في متناول يد الطالب والباحث والمواطن بلغة عربية مبسطة وسليمة، وإسهامًا مني في دعم المكتبة العلمية العربية تم تأليف هذا الكتاب نظرًا لحاجة المكتبة العربية إليه، وذلك لعدم توافر محتوياته باللغة العربية في المكتبات الجامعية حيث إن تلك المواد تتعلق بأكثر من مقرر يدرسه الطلاب مما يجعل مهمة الحصول على مراجع سهلة. كما أن هذا الكتاب يتضمن تذكيرًا بأهمية الماء في الوطن العربي الكبير حيث إن توفير الماء هو الشغل الشاغل الآن وقد عقدت من أجل توفيره والمحافظة عليه المؤتمرات، ولا تخلو وسيلة من وسائل التوعية الإعلامية في أجهزة التلفاز والمذياع والصحف اليومية عن التعرض إلى مشكلة الماء والحاجة إليه وترشيد استعماله. وتضم فصول هذا الكتاب مباديء وطرق جمع وخواص ومعالجة مياه الصرف الصحي والتخلص منها عن طريق استخدامها في الأغراض الزراعية دون أن تسبب مشكلة بيئية. وفي هذا الشأن يتعرض الكتاب إلى الممارسات والتجارب العلمية و العملية السائدة في البلدان المتقدمة والنامية، وبلدان الشرق الأوسط وأفريقيا والتي تم فيها الاستفادة من مياه الصرف الصحي كأحد مصادر المياه المهمة في عالم اليوم، وذلك بتوظيفها للصالح العام. وعموماً فقد اشتمل الكتاب على نظرة موضوعية اقتصادية وبيئية وإنسانية لعمليات

الجمع والمعالجة والاستفادة من مياه الصرف الصحي بالطرق العلمية والعملية البسيطة واستخدامها في البلاد التي تعاني من شح مصادر المياه.

وأرجو أن أكون قد وفقت في إضافة جهد متواضع إلى المكتبة العلمية العربية وللطالب والباحث والقاريء العربي. والحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على سيدنا محمد خاتم الأنبياء والمرسلين.

والله الموفـــق، ، ،

المـــؤلـــــف

# المحتويات


مقدمـــــة صفحـــة

**الفصل الأول: أعمال ومكونات المخلفات السائلة وخواصها**

أعمال الصرف الصحي للمخلفات السائلة ..... ١

مكونات المخلفات السائلة وخواصها ..... ٤

الاختبارات الطبيعية والكيميائية للمخلفات السائلة ..... ٦

قياسات الأكسجين في مياه المخلفات ومدلولاتها ..... ١٣

التحاليل والاختبارات التي تجرى عادة على مياه المخلفات السائلة ..... ٣٧

( أ ) التحاليل الطبيعيـة (الفيزيائية) والكيميائية لمياه المخلفـات ..... ٣٨

(ب) التحاليل البكتريولوجية (الميكروبيولوجية) لمياه المخلفات..... ٥٣

مقدمة عن الكائنات الحية الدقيقة ..... ٥٣

الخواص البكتريولوجية لمياه الصرف الصحي ..... ٥٨

الطرق المستخدمة في تقدير كثافة الميكروبات في المياه..... ٦٠

الاختبارات البكتريولوجية الروتينية للمياه ..... ٦٩

**الفصل الثاني: معالجة المخلفات السائلة**

طرق المعالجة ومراحلها ..... ٨٤

صفحة

مراحل معالجة المخلفات السائلة ..... ٨٦
المعالجة الابتدائية ..... ٨٦
المعالجة الثانوية أو المعالجة البيولوجية (الحيوية) ..... ٩٩
المعالجة النهائية (المعالجة الكيميائية) .....١١١

**الفصل الثالث: بحيرات الأكسدة، البحيرات المهواة، قنوات (خنادق) الأكسدة**
بحيرات (مستنقعات وبرك) الأكسدة .....١١٧
التفاعلات الهوائية واللاهوائية في البحيرات .....١١٩
تأثير درجات الحرارة على نشاط البكتيريا ..... ١٢٠
قيمة الأس الهيدروجيني ..... ١٢١
ظاهرة الطبقة في البحيرات..... ١٢٣
البحيرات المهواة .....١٢٩
إنشاء البحيرات المهواة ..... ١٣٠
تصميم البحيرات وطرق تشغيلها .....١٣١
أنواع البحيرات المهواة ..... ١٣٤
أهمية البحيرات المهواة ومميزاتها .....١٣٦
قنوات (خنادق) الأكسدة ..... ١٣٨
طرق التشغيل وأسس التصميم .....١٣٨

**الفصل الرابع: حمأة المجاري، طرق معالجتها والتخلص منها:**
تقدير حجم الحمأة ودليله .....١٤٣
طرق معالجة الحمأة .....١٤٥

صفحة

طرق التخلص من الحمأة ..... ١٥٣

**الفصل الخامس: استخدام مياه الصرف الصحي في التنمية الزراعية والصناعية**

الحاجة إلى الري بالمخلفات السائلة ..... ١٦٧
الاحتياطات الواجب مراعاتها في استخدامات مياه الصرف الصحي في التربة ..... ١٦٨
أسس تخطيط المزارع التي تروى بالمخلفات السائلة ..... ١٦٩
المحاصيل التي تروى بمياه المجاري ..... ١٧٢
تربية الأسماك في مياه الصرف الصحي المعالجة ..... ١٧٢

**الفصل السادس: نماذج تطبيقية لاستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري**

مشروعات الرياض التي تستخدم تلك المياه ..... ١٨٢
جودة المياه المعالجة ..... ١٨٣
طريقة معالجة مياه الصرف الصحي المستخدمة في الري ..... ١٨٦
توزيع المياه داخل المزرعة ..... ١٨٨

**الفصل السابع: استخدام حمأة المجارى كسماد**

الاعتبارات الخاصة باختيار مواقع إضافة الحمأة وإدارتها ..... ١٩٨
الاعتبارات الخاصة باختيارات المحاصيل التي تسمد بإضافة الحمأة ..... ٢٠٤
الاعتبارات الخاصة بالاحتياج للعناصر الغذائية للمحاصيل ..... ٢٠٤
الاعتبارات الخاصة بالفلزات الثقيلة ..... ٢٠٦
احتواء الحمأة على الكيميائيات الصناعية ..... ٢١١
العوامل التي تؤثر على تراكم الفلزات الثقيلة بالنبات ..... ٢١٢

صفحة

الاعتبارات القانونية الخاصة باستخدام مخلفات الصرف الصحي ..... ٢١٧

**المراجـــع**

أولاً: المراجع العربية ..... ٢١٩
ثانياً: المراجع الأجنبية ..... ٢٢١

**ثبت المصطلحات**

أولاً: عربي - إنجليزي ..... ٢٢٥
ثانياً: إنجليزي - عربي ..... ٢٣٧
**كشاف الموضوعات** ..... ٢٤٩

# قائمة الأشكال


| رقم الشكل | | صفحة |
|---|---|---|
| ١ | دورة النتروجين في الطبيعة (مختصرة) | ١١ |
| ٢ | التحولات الميكروبية للمادة العضوية النتروجينية المضافة للتربة تحت الأحوال الملائمة | ١٢ |
| ٣ | تجهيز اختبار الأكسجين الحيوي المستهلك | ٢٣ |
| ٤ أ | جهاز المانومتر لقياس الأكسجين الحيوي المستهلك | ٣٠ |
| ٤ ب | يبين منحنى قراءات الأكسجين الحيوي المستهلك | ٣٣ |
| ٤ جـ | نموذج لنوعية مياه الصرف الصحي الداخلة إلى المعالجة والخارجة بعدها من محطة معالجة مياه الصرف الصحي الحالية بمدينة بريدة | ٣٣ |
| ٥ | رسم تخطيطي لخلية بكتيرية مع الغشاء المخاطي | ٥٦ |
| ٦ | التخفيف العشري المتسلسل والعد بالأطباق | ٧٠ |
| ٧ أ | اختبار بكتيريا القولون باستخدام أنبوبة التخمير المحتوية على مرق اللاكتوز | ٧٣ |
| ٧ ب | الخطوات المتبعة للكشف عن بكتيريا القولون في الأغذية والمياه | ٧٤ |
| ٨ أ | قطاع عرضي لحوض تحلل مخلفات المجاري المنزلية | ٨٦ |
| ٨ب | الشكل العام لنظام المجارى المنزلية محتويًا على خط الأنابيب، حوض التحلل، غرفة التوزيع ومنطقة امتصاص المياه | ٨٧ |
| ٩ | قطاع عرضي لمهد البخر - نتح | ٨٨ |
| ١٠أ | الخطوات الرئيسية في معالجة المخلفات السائلة | ٨٩ |

**رقم الشكل** **صفحة**


١٠ب جهاز سحق وتكسير المواد الصلبة وحجزها ثم ترسيبها ..... ٩٠
١٠جـ حوض التهوية الصناعية للمياه في المعالجة الابتدائية ..... ٩٠
١٠د حوض ابتدائي ..... ٩١
١٠هـ حوض للمعالجة الثانوية أو الحيوية ..... ٩١
١٠و إضافة الكلور للمياه المنسابة من الحوض الثانوي تمهيدًا للتخلص منها .....٩٢
١٠ز مصب المياه المعالجة بالكلور ..... ٩٣
١١ جهاز الرج في فحوصات الأوعية ..... ٩٨
١٢أ الموزعات الدوارة لرش المخلفات على سطح الزلط .....١٠٢
١٢ب توزيع مياه المخلفات على مرشحات الزلط .....١٠٢
١٢جـ طبقة المواد الهلامية التي تحتوي على الكائنات الحية الدقيقة .....١٠٣
١٢د حوض الحمأة المنشطة محملاً بالمخلفات السائلة في المعالجة الحيوية .....١٠٥
١٣ منحنى تفاعل افتراضي لمتطلب الأكسجين الحيوي يوضح تفاعلات الكربنة والنترتة .....١٠٩
١٤ منحنى راسب الكلور موضحًا فيه نقطة الانكسار .....١١٣
١٥ نشاط الطحالب والبكتيريا في بحيرات الأكسدة .....١١٩
١٦ العلاقة بين لوغاريتم الأكسجين الحيوي والوقت .....١٣٣
١٧ طريقة التشغيل المستمر في معالجة المخلفات السائلة في قنوات الأكسدة ..... ١٤٠
١٨أ مخروط ايمهوف.....١٤٤
١٨ب رسم تخطيطي يوضح استخدام وعاء الترسيب في اختبار دليل حجم الحمأة .....١٤٥
١٩ حوض تثبيت (أو تخمير) الحمأة .....١٤٦
٢٠ رسم تخطيطي يوضح النتائج التي ربما تترتب على إضافة مخلفات ذات مستوى أكسيجين حيوي عالٍ وأخرى ذات مستوى أكسيجين حيوي مناسب إلى التربة .....١٩٣

# قائمة الجداول


| رقم الجدول | | صفحة |
|---|---|---|
| ١ | مخطط يوضح التحلل الميكروبي للمواد العضوية الموجودة في مخلفات المجاري .... | ٧ |
| ٢ | إشباع الأكسجين الذائب في الماء عند درجات الحـرارة المختلفـة ..... | ٢٧ |
| ٣ أ | يوضح كفاءة معالجة مياه الصرف الصحي في محطة مدينة عنيزة بالقصيم ..... | ٣٤ |
| ٣ ب | كفاءة معالجة مياه الصرف الصحي في محطة مدينة بريدة بالقصيم ..... | ٣٤ |
| ٤ | خطوات التحاليل التي تجرى عادةً على المخلفات السائلة ..... | ٣٧ |
| ٥ | نماذج لبعض تحاليل مياه المجاري المنزليـة ..... | ٣٨ |
| ٦ | يبين تصنيف صلاحية المياه للري بناءً على مستوى التوصيل الكهربـائـي ..... | ٤٥ |
| ٧ | يوضح التصنيف المقترح لتحديد صلاحية المياه للري (Clark *et al* 1963) ..... | ٤٦ |
| ٨ | الاختلافات الرئيسية بين الكائنات الحية حقيقية النواة وبدائية النـواة ..... | ٥٤ |
| ٩ أ | يبين أهم أجناس البكتيريا الممرضة الموجودة في مياه المخلفات وأنواعها ..... | ٥٩ |
| ٩ ب | يبين أنواعًا أخرى من البكتيريا الممرضة في ميـاه المخلفـات ..... | ٥٩ |
| ١٠ | يوضح الفيروسات التي ربما توجد في مياه المخلفـات ..... | ٦٠ |
| ١١ | جدول العدد الأقرب احتمـالاً للاستخدام مع خمسة أنابيب اختبار لكل تخفيف عشري ..... | ٦٣ |
| ١٢ | يوضح عوامل حساب حدود الائتمان للعدد الأقرب احتمالاً ..... | ٦٥ |

رقم صفحة

الجدول

١٣ تقدير العدد الأقرب احتمالاً لثلاثة أنابيب ..... ٦٧
١٤ جدول العدد الأقرب احتمالاً للاستخدام مع عشرة أنابيب اختبار لكل تخفيف عشري ..... ٦٨
١٥ اختبارات التفرقة بين الـ *E. coli* و *E. aerogenes* ..... ٧٧
١٦ كفاءة الطرق المختلفة لمعالجة المخلفات السائلة ..... ١٠٠
١٧ تحولات الملوثات بعد معالجة المخلفات السائلة ..... ١٠٨
١٨ الإرشادات الخاصة بتوضيح الآثار المترتبة على نوعية مياه الري ..... ١٥٦
١٩ التركيب النموذجي لمياه الصرف الصحي قبل المعالجة وبعدها ..... ١٥٧
٢٠ الحد الأعلى الموصى به لتركيز العناصر الصغرى في مياه الري ..... ١٥٩
٢١ فترة بقاء البكتيريا في التربة ..... ١٦٢
٢٢ فترة بقاء الكائنات الحية الدقيقة الممرضة في التربة والنبات ..... ١٦٢
٢٣ فترة بقاء البكتيريا على المحاصيل ..... ١٦٣
٢٤ مدة بقاء الكائنات الحية الدقيقة الممرضة في التربة والنبات ..... ١٦٤
٢٥ فترة بقاء بعض الميكروبات الممرضة في مياه المخلفات والتربة والمحاصيل ..... ١٦٥
٢٦ البكتيريا والفيروسات والبروتوزوا والديدان الممرضة التي يخشى من خطورتها بوجودها في مياه المجاري ..... ١٦٦
٢٧ الطلب على المياه في دول الخليج العربي والنسبة المئوية للمياه الجوفية من المياه المتوافرة للاستهلاك ..... ١٧٩
٢٨ كميات المياه الجوفيه في بعض دول الخليج العربي ..... ١٧٩
٢٩ كمية المياه المستعملة في الزراعة في دول الخليج العربي ..... ١٨٠

رقم الجدول | صفحة

٣٠ مواصفات المياه المعالجة لاستخدامها في الأراضي الزراعية بالمملكة العربية السعودية ..... ١٨٢
٣١ مقارنة بين الخصائص الكيميائية والطبيعية للمياه الجوفية ومياه الصرف الصحي المعالجة في مزرعتي ديراب والدرعية بالقرب من مدينة الرياض ..... ١٨٤
٣٢ الحد الأقصى لمحتوى المعادن الثقيلة في الخليط العضوي المخمر المصنع من النفايات الصلبة ..... ١٩٦
٣٣ الحد الأعلى للمعادن التي يمكن تطبيقها على الأراضي دون حدوث مشكلات تذكر عند تفاعل تربة = ٦,٥ أو أعلى ..... ٢٠١
٣٤ التركيزات الكلية العادية والمحتملة من بعض العناصر الثقيلة التي يمكن إضافتها للأرض الزراعية ..... ٢٠٧
٣٥ التركيزات النموذجية المطلوبة لبعض العناصر في حمأة المجاري ..... ٢٠٨
٣٦ محتوى الحمأة وسماد نفايات المدن من المعادن الثقيلة بالمقارنة مع المستوى المسموح به ..... ٢١٥
٣٧ التحاليل البكتريولوجية قبل عملية التخمير ..... ٢١٥
٣٨ الظروف والخواص التي تؤثر على بعض الميكروبات الممرضة والطفيليات بالحمأة ..... ٢١٦
٣٩ إنتاج الذرة السكرية في التربة المعاملة بالسماد الخليط ..... ٢١٧