

الفصل السابع
طرائق التخلص من الحياة والمواد
الصلبة الملوثة اشعاعيا

٧ - ١ مقدمة

الكمية الكبيرة المتولدة من الماء المنتج تخضع إلى عملية الخزن والمعاملة أولاً كطريقة عملية لطرح هذه المياه استناداً إلى المستويات التي تضعها السلطة الرقابية للتعامل مع المواد غير المشعة مثل الهيدروكربونات الذائبة. يعد الماء المنتج نتيجة لحفر الآبار النفطية أحد النفايات المشعة الناجمة عن الصناعة النفطية، ويمكن أن يحوي تراكيز مرتفعة نسبياً من المواد المشعة الطبيعية. الكمية الكبيرة المتولدة من الماء المنتج تخضع إلى عملية الخزن والمعاملة أولاً كطريقة عملية لطرح هذه المياه استناداً إلى المستويات التي وضعتها السلطة الرقابية للتعامل مع المواد غير المشعة مثل الهيدروكربونات الذائبة.

٧ - ٢ طرق التخلص من الماء المنتج:

من أهم طرق التخلص من المياه الملوثة الناتجة عن صناعة النفط والغاز هي:

١ - إعادة حقن الماء في أحد الآبار القديمة:

للتخلص من الماء المنتج طرائق عديدة ، و قد تكون أهم هذه الطرائق هي إعادة حقن المياه في إحدى الآبار العميقة. يعتمد اختيار هذه الطريقة على توفر الآبار المناسبة للحقن .

إعادة حقن الماء إلى البئر الذي جاء منه أو في أحد الآبار الناضبة الأخرى من الخطوات العملية المقبولة في حالة منشآت الإنتاج النفطية أو الغاز في اليابسة والبحر . هذه الطريقة بسيطة ولا تؤدي إلى إضافة في المخاطر الإشعاعية حيث أن الماء المنتج يعود بنفس التركيز أو أقل للمكونات التي نشأ منها.

٢ - طرح الماء إلى البحار والمحيطات:

معظم منشآت الإنتاج النفطية القريبة من السواحل تطرح الماء المنتج إلى البحار أو المحيطات. وإن متطلبات الطرح تختلف من دولة إلى أخرى. ففي بعض الحالات

لا توجد أي متطلبات وي طرح الماء مباشرة وفي بلدان أخرى يتطلب الترخيص بالطرح إذا كان النشاط الإشعاعي أكثر من الحدود الموضوعية من قبل تلك الدولة. وطرح هذه المياه يخضع إلى المعاهدات الدولية لحفظ الكائنات البحرية مثل معاهدة لندن عام 1972 ومعاهدة حفظ الكائنات البحرية لشمال شرق الأطلنطي عام 1992 (معاهدة OSPAR).

٣- معالجة المياه :

يتم معالجة الماء لفصل نظائر الراديوم بالترسيب أو المرشحات، ثم استخدام هذه المياه في الزراعة. بعد ان يتم قياس النشاط الإشعاعي للملوثات في تلك المياه.

٤ - الطرح إلى البحيرات الصناعية (Discharge into seepage ponds):

في قسم كبير من المواقع النفطية البحرية يطرح الماء المنتج إلى بحيرات صناعية (Lagoons) شكل (٧ - ١) لكي يتبخر وتترسب المواد المشعة على التربة ، و هذا يؤدي إلى تلوث التربة بالمواد المشعة وقد يصل التلوث إلى المياه الجوفية. ولمنع تلوث التربة والمياه الجوفية تبطن البحيرات ببطانة بلاستيكية تمنع تسرب المياه إلى التربة والمياه الجوفية ، و بعد التبخير يمكن تجميع البطانة البلاستيكية و إرسالها إلى مخزن المواد المشعة للتخلص منها.

يعتمد مدى قبول هذه الطريقة على التأثير الإشعاعي على المياه السطحية والمياه الجوفية ومخاطر تجمع المواد المشعة على البيئة النباتية . تعتمد هذه المخاطر على العوامل التالية:

أ-النشاط الإشعاعي للنويدات المشعة.

ب-نسبة النشاط الإشعاعي المترسب.

ج-درجة التخفيف إلى المياه السطحية المحلية أو المياه الجوفية.

د-الحجم الناتج.

شكل (٧ - ١) البحيرة الصناعية لغرض ترسيب المواد المشعة طبيعيا



تعتبر هذه الطريقة كطريقة للتركيز والاحتواء (concentrate and contain) لمعاملة النفايات المشعة حيث أن النويدات المشعة المذابة تتحول إلى ترسبات صلبة والتي يمكن جمعها مع التربة الملوثة. وعند استخدام هذه الطريقة يجب اخذ الأمور التالية بنظر الاعتبار.

- ١-اختبار الموقع المناسب للبحيرات الصناعية.
- ٢-السيطرة لمنع الدخول إلى هذه المناطق.
- ٣-تعميم المخاطر الإشعاعية للإنسان والبيئة على أمد طويل والناتج عن تلوث التربة، المياه السطحية والمياه الجوفية.
- ٤-تطبيق نظام تأكيد الجودة وفتح سجلات خاصة بالموقع.
- ٥-تقييم التنظيف والإعادة لموقع البحيرات لغرض التخلص من المواد المشعة والاستفادة من الأرض (Remediation). شكل (٧ - ٢)
- ٦-طرح المواد المشعة الصلبة كنفايات صلبة مشعة.

شكل (٧ - ٢) إعادة اصلاح ارض (Remediation)



٧ - ٣ طرائق التخلص من المواد المشعة الطبيعية الصلبة والأوخال:

المواد المترسبة الصلبة. والأوخال تحتوي على مدى واسع من النشاط الإشعاعي للعناصر الطبيعية والتي تختلف في عمر نصفها. تكون هذه المواد بكميات مختلفة خلال الفترة التشغيلية لمنشآت النفط والغاز. و تجري حالياً في العالم عمليات لتطوير التنظيمات الخاصة بالتخلص من المواد المشعة الطبيعية الناجمة عن صناعة النفط.

يوجد تنظيمات عديدة للتخلص من المواد المشعة عالمياً صادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية و غيرها من الوكالات الدولية وقد اهتمت هذه المنظمات في السنوات الخمسة الأخيرة بموضوع المواد المشعة الطبيعية الناتجة عن صناعة النفط وعقدت من اجل ذلك وبتنظيم الوكالة الدولية للطاقة الذرية عدة مؤتمرات ودورات حول الموضوع ولازال هذا النشاط مستمراً

يمكن تقسيم نفايات المواد المشعة الطبيعية الناجمة عن هذه الصناعة إلى ثلاث فئات

هي:

١ - المواد المشعة الطبيعية الحرة غير المتماسكة كالرواسب، و الأوحال ، و التربة الملوثة.

٢ - الأنابيب الملوثة.

٣ - التجهيزات الملوثة مثل أجهزة الفصل والخزانات والصمامات و غيرها.
توجد عدة طرق للتخلص من هذه المواد مطبقة عملياً من عدة دول بشكل روتيني وتخضع إلى المعاهدات الدولية للحفاظ على الكائنات البحرية و سنذكر هنا بعض طرائق التخلص المأمون من هذه النفايات، و المقترحة من قبل العديد من الباحثين العاملين في هذا المجال في العالم.
من أهم هذه الطرق:

١)الطرح إلى مياه البحار:

تقوم بعض الدول بطرح المواد المشعة الطبيعية (NORM) الصلبة إلى مياه البحار بعد الحصول على إذن من السلطات الرقابية في البلد. ولكن هذه الطريقة تؤدي إلى تراكم المواد الصلبة المشعة طبيعياً حول الحقول البرية على مدى عدة سنوات من الطرح. ويجب اخذ العوامل التالية بنظر الاعتبار.

١-يحتاج إلى تقييم الإضرار المؤثرة على الإنسان والبيئة.

٢-تقييم لجرع التعرض المهني ووضع برنامج للوقاية الإشعاعية لبعض النشاطات لغرض السيطرة على التعرض وتقليل انتشار المواد المشعة.

٣-يحتاج إلى برنامج جيد لتوكيد الجودة ووجود سجلات لمعرفة كميات النفايات المشعة ومداخلها.

٢)الحقن في البئر وطريقة التمزيق الهيدروليكي:

استخدمت هذه الطريقة للتخلص من المواد الصلبة المشعة طبيعياً والناجمة عن الصناعات النفطية في خليج مكسيكو للحقول البرية حيث تم حقن الأوحال و الرواسب الصلبة الحاوية لمواد مشعة طبيعية في المكمن النفطي، أو بطريقة التمزق

الهيدروليكي في حوض مفصول جيولوجياً و ميكانيكياً عن مصادر المياه الجوفية المستخدمة للشرب. تخطط هذه المواد بالطين أو الإسمنت في تجهيزات خاصة بالخلط، ثم تحقن النفايات المشعة (غير المنحلة في الماء) مع كمية كبيرة من الماء فتتحرك كلها معاً في الممكن النفطي.

ويجب اخذ النقاط التالية بنظر الاعتبار:

- أ- اختبار الموقع نسبة إلى الاستقرار على المدى البعيد للمكونات الجيولوجية المحيطة بالبئر والعمق اللازم لذلك.
- ب- الحاجة إلى تغليف هذه المواد بالإسمنت.
- ج- تقييم الأضرار على الإنسان والبيئة.

٣) الطرح في الآبار المهجورة وغير المستخدمة:

يعد البئر الذي استُفِدَتْ فرص استثماره مكاناً جيداً للتخلص من المواد المشعة الطبيعية، و ذلك بعد موافقة السلطة الرقابية للوقاية من الإشعاع المختصة في البلد المعني. يتضمن الطرح في الآبار المهجورة خلط المواد المشعة الطبيعية الصلبة بالإسمنت وتكون بين سدادين (plugs) داخل البئر.

خضعت هذه الطريقة إلى تقييم للجرع الإشعاعية الناتجة عنها وبرهنت بأن هذه الطريقة هي الطريقة المفضلة لطرح الترسبات الصلبة من الحقول البحرية وكذلك الأحوال الحاوية على الزئبق، تتميز هذه الطريقة بصعوبة عزل المواد غير المشعة لأنها لا تتحلل إشعاعياً. من أهم النقاط التي يجب أخذها بنظر الاعتبار هي:

- ١ - البئر المختار يضمن استقراراً لسنوات طويلة للمكونات الجيولوجية المحيطة به وعلى أساس أطول عمر نصف للنظائر المشعة (مثل الراديوم-٢٢٦ عمر نصفه ١٦٠٠).

ب - ضرورة مزج الملوثات وإحاطتها بالإسمنت والأخذ بنظر الاعتبار الكلفة المادية لذلك.

ت- تقيم للمخاطر الإشعاعية لتحديد المخاطر على الإنسان والبيئة لفترة طويلة والنواتج عن تلوث المياه الجوفية.

ث - الحاجة إلى تقيم للتعرض المهني ووضع برنامج للرقابة الإشعاعية لغرض السيطرة على التعرض وتقليل انتشار الملوثات إلى الجمهور.

ح - وضع برنامج لضبط الجودة وفتح سجلات للنفايات المشعة الداخلة.

٤) الطرح السطحي (surface disposal):

الأراضي السطحية غير العميقة (shallow) احد الطرائق للتخلص من النفايات المشعة الطبيعية وقد أجريت كثير من الدراسات لتطوير هذه الطريقة في الولايات المتحدة الأمريكية ومشاكل (Remediation) ووجود الترسبات الصلبة والأحوال. من مساوئ هذه الطريقة وجود العناصر غير المشعة في الأحوال يجعل هذه الطريقة غير عملية للطرح .

اهم الخطوات الواجب استخدامها عند الطرح السطحي :

١ - اختيار الموقع المناسب بأقل عمق ممكن وهذا الاختبار يركز على تقليل تأثير هذه الملوثات واستقراريتها لفترة طويلة وعلى الكلفة الاقتصادية لنقل هذه المواد. ان العوامل الأساسية الواجب تطبيقها عند اختيار الموقع وحسب توصيات الوكالة الدولية للطاقة الذرية هي:

- - العوامل المناخية والجوية. يكون الموقع باتجاه معاكس للرياح السائدة
- - المياه واحتمال الفيضانات. يكون الموقع بعيدا عن السدود ومواقع السيول.
- - الزلازل والبراكين. من المتطلبات الاساسية لاختيار الموقع جمع المعلومات التاريخية عن الزلازل والبراكين وكذلك القياسات والخرائط الزلزالية.
- - عدم تأثير الموقع على الثروة المعدنية واستخراجها.
- - استغلال الأرض.
- - النبات. لا يؤثر الموقع على نمو النبات والبساتين والمزارع.

• قرب الموقع من شبكة المواصلات البرية او البحرية لتسهيل نقل الملوثات

ب - الاستقرار طويل الأمد للموقع.

ت- تقييم للمخاطر الإشعاعية لتحديد المخاطر على الإنسان والبيئة لأمد طويل والنواتج عن تلوث المياه الجوفية.

٥) نشر المواد المشعة على الأرض أو دفنها:

يمكن التخلص من المواد المشعة الطبيعية الحرة (الرواسب، الوحل ، التربة الملوثة) بنثرها على الأرض و خلطها بتربة نظيفة. و لكن تحتاج مثل هذه الطرائق إلى دراسات معمقة لتقدير خطر انتقال المواد المشعة إلى الإنسان. حيث أن طريقة نشر المواد المشعة بعد التخفيف أو بدونه وصفت بأنها من الطرق المهمة في الصناعة النفطية. ولكن قبول هذه لطريقة للتخلص من المواد الصلبة المشعة تحيط به الشكوك نتيجة لوجود العناصر الثقيلة والهيدروكربونات السامة.

٦) الطرح في الطبقات العميقة داخل الأرض (Deep underground):

طرح المواد المشعة في الطبقات العميقة من الأرض قد تم دراستها بشكل كبير واستخدامها للتخلص من النفايات المشعة ذات النشاط الإشعاعي العالي والمتوسط والنتيجة عن دورة الوقود النووي. التخلص من النفايات المشعة طبيعياً (NORM) والنتيجة عن الصناعات النفطية بهذه الطريقة يعتبر فعالاً. وخاصة التخلص منها بطمرها في مناجم المعادن العميقة والغير مستخدمة وقريباً من المنشآت النفطية لغرض التقليل من الكلفة الاقتصادية للنقل وعند استخدام هذه الطريقة يجب الأخذ بالاعتبارات التالية:

أ-كلفة تشغيل واختبار مثل هذه المواقع للطمر مقارنة بالمواقع الأخرى.

ب- موقع الطمر نسبة إلى مواقع إنتاج النفط والغاز.

ج- معاملة النفايات والتعامل معها ورزمها.

د- كلفة النقل وخضوعه إلى متطلبات النقل الأمن للمواد المشعة.

٧) التدوير بالصهر Recycling by melting :

تعتبر هذه الطريقة من الطرق المهمة للتخلص من المواد المشعة الطبيعية وتعتبر كذلك طريقة لإزالة التلوث عن الأنابيب الملوثة. حيث يمكن صهر الأنابيب و التجهيزات الحاوية لمواد مشعة طبيعية فتتراكم هذه المواد بالدرجة الأولى في الخبث الذي يمكن أن ينقل إلى مخزن مرخص له في التخلص من المواد المشعة. توجد دراسات متقدمة لعملية صهر المعدات والأنابيب الملوثة بالمواد المشعة. وتوصلت هذه الدراسات إلى أن تكون عملية الصهر اختياراً قابلاً للتطبيق في حالة الأنابيب الملوثة و المعدات الأخرى عندما توافق عليها السلطة الرقابية.

الملوثات المشعة الطبيعية تتركز في الأوحال تتم هذه الطريقة بصهر المعدات الملوثة مع معدات أخرى غير ملوثة كثيرة. أن إضافة المعدات غير الملوثة مع الحديد يؤدي إلى تخفيف جيد لمعدات السكرا ب الملوثة بحيث أن النشاط الإشعاعي للمواد المشعة طبيعياً في الوحل أو في الغازات المشعة المطروحة إلى البيئة (مثل Pb^{210} ، Po^{210}) تكون قليلة. من أهم المخاطر الإشعاعية لهذه الطريقة هي الجرعة التي يتعرض لها العاملين أثناء تقطيع معدات السكرا ب إلى أجزاء صغيرة لكي تتلاءم مع حجم أفران الصهر.

إن إعادة تدوير السكرا ب الملوث بالمواد المشعة قد تم تحديده في السنوات الأخيرة وذلك لأمر قانونية تتعلق بتجارة السكرا ب. حيث أن هذه المواد ومنشآت الصهر لها يتم مسحها إشعاعياً باستخدام الأجهزة المحمولة لغرض رفض السكرا ب الملوث

٧ - ٤ مخازن المواد المشعة الطبيعية الصلبة و المعدات الملوثة .

توجد في حقول النفط أجهزة عديدة تتركز فيها المواد المشعة الطبيعية كالأنابيب والمضخات و المرشحات و غيرها. توجد حاجة ضرورية لجمع وتخزين المواد الصلبة المشعة طبيعياً (NORM) مثل والأنابيب والأجهزة الملوثة قبل اتخاذ أي إجراء لغرض التخلص من هذه الملوثات و ترخص مواقع التخزين من السلطة

الرقابية. من الضروري اخراج هذه التجهيزات من منشأة الإنتاج أو موقع المحطة بين فترة وأخرى، لتخزينها في موقع مركزي قبل صيانتها أو إزالة التلوث عنها، أو التخلص النهائي منها، و ذلك لتفادي تعرض العاملين الى الإشعاع لهذا لا بد من وجود مخزن مركزي، لكل شركة نفط أو كل حقل تظهر فيه مشكلة المواد المشعة الطبيعية، تخزن فيه هذه التجهيزات. و سنذكر هنا الإجراءات العملية اللازمة لخزن هذه المواد لتلافي أي تعرض إشعاعي عال للعاملين في المخزن و من حوله. شكل (٧ -

من أهم متطلبات مخازن المواد الصلبة المشعة طبيعياً (NORM):

- ١- توفر علامات واضحة لتوضيح الغرض من الموقع .
- ٢ - توفر علامات تحذيرية من الإشعاع.
- ٣- يجب أن تخزن الحاويات والتجهيزات الحاوية لمواد مشعة طبيعية في مخازن مأمونة و ذات تهوية مناسبة لمنع تراكم غاز الرادون .و يحدد دخول الأشخاص إليها.
- ٤- أن تكون أبعاد المخزن المواد المشعة يكون بحيث لا يزيد مستوى الإشعاع في محيطه الخارجي على $0.5 \mu\text{Sv/h}$ (أو أي حد تضعه الجهة الرقابية في البلد المعني).
- ٥ - يجب أن تخزن المواد ذات النشاط الإشعاعي المرتفع في مركز المخزن و ذلك لتقليل مستوى الإشعاع إلى الحد الأدنى في محيط المخزن.
- ٦ - الدخول إلى المخزن محكوم بضوابط.و يحدد دخول الأشخاص إليه .
- ٧ - يجب التأكد بأن التجهيزات و حاويات المواد المشعة في موقع التخزين مأمونة وموثقة في سجلات خاصة.

٥- ٧ تصفية (Decommission) منشأة النفط والغاز:

عند نضوب مكامن النفط أو الغاز إلى المدى الذي يكون فيه الاكتشاف غير اقتصادي فإن الآبار تهجر وتفكك منظومات الإنتاج والنقل لإزالة تلوثها. وكذلك فإن مخازن ومنشآت معاملة النفايات المشعة لأتعود لها حاجة فيزال تلوثها وتفكك كذلك. يتطلب من مالك البئر الطلب من السلطات الرقابية لإنهاء رخصة استخدام المواد المشعة. من المهم بأن عملية تصفية المنشآت النفطية تأخذ بنظر الاعتبار قبل فترة طويلة من تنفيذها لغرض:

شكل (٧-٣) حاويات حديدية Container تستخدم كمخازن لخرن المواد المشعة طبيعياً (NORM)



- ١- تقليل كميات النفايات المشعة المتولدة.
- ٢- تحديد المساحات اللازمة لغرض التصفية.
- ٣- اختبار الطرائق المناسبة والأمنية والاقتصادية لغرض التصفية.
- ٤- تقليل الجرع للعاملين والجمهور.

المالك المرخص يكون مسئولاً عن أن جميع البنايات، الأرض، الأجهزة يمكن استخدامها بدون أي محاذير بعد إزالة تلوثها السطحي.

والمطلوب من المرخص عمل ما يلي:

١- القيام بالمسح الإشعاعي.

٢- رسم الخارطة الإشعاعية وتعيين النقاط الذي يكون مستوى نشاطها الإشعاعي كبير.

٣- إرسال جميع هذه المعلومات إلى السلطة الرقابية.

١ - إستراتيجية التصفية:

إن الإستراتيجية المفضلة لعملية التصفية تتضمن النقاط التالية:

١- إزالة التلوث الإشعاعي من الأجهزة والمعدات الملوثة إلى المستوى الذي تحدده السلطة الرقابية.

٢- جميع المنشآت والأجهزة والمناطق المزال تلوثها يمكن استخدامها من قبل الجمهور بدون محددات أي اعتبارها مستثناة من الترخيص.

٣- التخلص من النفايات المشعة وبقية المعدات الملوثة.

٢ - فعاليات تصفية المنشآت:

تصفية المنشآت تتضمن عدة نشاطات أهمها:

١- تطوير خطط وإستراتيجيات التصفية وبرنامج توكيد الجودة وعمليات التفكيك بغرض تقليل كمية الملوثات المشعة المتولدة.

٢- تقييم الأضرار التي يتعرض لها العاملين والجمهور والبيئة خلال وبعد نشاطات التصفية.

٣- إرسال جميع الخطط، الاستراتيجيات، السجلات، التقارير ونتائج المسح الإشعاعي إلى السلطات الرقابية لغرض المصادقة عليها.

٤- تحديد المعدات والمناطق المزال تلوثها وكمية وصفات الملوثات الخطرة.

- ٥- القيام بمسح إشعاعي لتقييم مستوى معدل جرعة جاما، ألفا وبيتا في السطوح الملوثة.
- ٦- وضع برنامج مناسب للوقاية الإشعاعي للعاملين، الجمهور والبيئة، والتخلص من جميع النفايات المشعة في منشآت مرخصة.
- ٧- الاهتمام بفعالية إزالة التلوث من الأرض (remediation).
- ٨- نقل المواد المشعة حسب تعليمات الوكالة الدولية للطاقة الذرية.
- ٩- إجراء مسح إشعاعي نهائي بعد التفكيك ورفع المواد وإصلاح الأرض.