الوقاية من الاشعاع لمقتفيات الاثر الاشعاعي في الصناعة النفطية

اسامة سعود سلمان
وزارة التربية
osaud86@gmail.com

الخلاصة

تعد مقتفيات الاثر الاشعاعية من التقنيات الاشعاعية والتي تستخدم في الكثير من المجالات وخاصة المجالات الطبية وصناعة النفط والغاز حيث تقلل من تكلفة الحفر والانتاج النفطي ويتعرض العاملون فيها للاشعة المؤينة، مما يتطلب وجود برنامج وقاية من الاشعاع لغرض حماية العاملين من مخاطر التعرض الاشعاعي ولان المواد المشعة تصنف ضمن المواد الخطرة فمن الضروري وضع اجراءات عمل لغرض حماية العاملين في الحالات الاعتيادية وحتى في حالة الطوارىء الاشعاعية وتطرق هذا البحث لمناقشة سيناريو تعرض اشعاعي لاحد العاملين حيث افترض ان الجرعة الاشعاعية على بعد 50سم $235\ \mu Svh^{-1}$ وهي اكبر من الحدود المسموح بها دوليا والموصى بها والبالغة $10\ \mu Svh^{-1}$ مما يتطلب اتخاذ اجراءات وقائية للحد من تاثير التعرض الخارجي لتقليل الجرعة الاشعاعية من قبل مسؤول الوقاية من الاشعاع.

الكلمات المفتاحية :مقتفيات الاثر الاشعاعية ، التعرض الاشعاعي ، الجرعة الاشعاعية

Radiation protection for Radiotracers in oil industry

Osamah Saud Salman
Ministry of Education

Abstract

Radioactive tracers are radiological technologies that are used in many fields, especially the medical fields and the oil and gas industry, as they reduce the cost of drilling and oil production and workers are exposed to ionizing radiation, which requires the existence of a radiation protection program for the purpose of protecting workers from the risks of radiation exposure and because radioactive materials are classified among the hazardous materials, it is necessary to establish work procedures for the purpose of protecting workers in normal situations and even in case of radiological emergency. This research discussed a scenario of radiation exposure to one of the workers, as it was assumed that the radiation dose is 50 cm away from $235\ \mu Svh^{-1}$, which is greater than the internationally permitted and recommended limits. The amount of $10\mu Svh^{-1}$ which requires preventive measures to be taken to reduce the effect of external exposure to reduce the radiation dose by the radiation protection official.

Keywords: Radioactive tracers, Radiation exposure, Radiation dose

المقدمة

مقتفيات الأثر الإشعاعية عبارة عن نظائر مشعة توسم كيميائيا لتصبح مقتفية الاثر يتم تتبعه ورصده عن طريق النشاط الإشعاعي و تستعمل مقتفيات الأثر الإشعاعية مثل التريتيوم H^3 واليود H^{131} و الكربون C^{14}. تستعمل في علم المياه (الهيدرولوجيا) حيث تعمل مقتفيا ت الاثرعلى قياس معدل تدفق المياه، مستويات السوائل، كثافاتها في مكامن الاحتواء ومسامية الابار كذلك لدعم تحسين إنتاج النفط عن طريق رسم خرائط المكامن ومستودعات النفط، هذه الخرائط تكون أكثر دقة من الخرائط الزلزالية.[1][2]

تستخدم مقتفيات الأثر في صناعة النفط لغرضين أساسيين:

1- عملية تقييم المكامن والمستودعات تحت الأرض أو تحت البحر، وتشمل تتبع مسا رات النفط , كشف التصدعات والممرات بين المكامن والمستودعات, المساعدة في تحديد نوع المائع المتدفق و معرفة سائل الحقن المناسب.

2- عملية الرصد والقياس وتشمل عمليات التثبيت وكشف التسرب غير المرئي , مراقبة تحرك المياه الطينية وإعادة الإنتاج للآبار المستعملة.

في الشكل (1) منصة نفط نموذجية في بحر الشمال تستخدم مقتفيات الاثر المشعة لرسم خارطة لقاع البحر.

شكل (1) منصة نفط نموذجية تستخدم مقتفيات الاثر المشعة لرسم خارطة لقاع البحر

خطة العمل والاجراءات

التخطيط المسبق لاعمال استخدام مقتفيات الاثر الاشعاعية يؤدي الى انخفاض مخاطر التعرض الاشعاعي للمشغلين والجمهور أو البيئة. يجب الاخذ بنظر الاعتبار جميع المتطلبات التنظيمية (التسجيل والترخيص) وكذلك الإجراءات التشغيلية (بما فيها نقل وتخزين مقتفيات الأثر). يجب تقييم المخاطر وتحديد وسائل الوقاية الضرورية للتحكم بهذه المخاطر.

إن الاحتياطات اللازمة عند استخدام مقتفي الأثر هي بشكل عام نفسها المستخدمة عند أي تعامل مع المصادر المشعة المغلقة أو المفتوحة.

إجراءات العمل

توصيف اشعاعي مسبق للعمل مكتوبا لغرض ملاحظته والالتزام به من قبل المشغلين لضمان مستوى عالي من السلامة الاشعاعية ويشمل التوصيف النقاط التالية:

- النقل.
- الخزن.
- التحكم بالنفاذ.
- التحكم بالمخاطر الإشعاعية.
- متطلبات المراقبة.
- نظام السجلات.
- اجراءات الطوارىء الاشعاعية.

النقل

يجب ان يتطابق سياقات نقل المواد المشعة مع تعليمات النقل الامن للمواد المشعة وفقا للمعايير الوطنية والدولية [3][4].

الخزن

تخزن مقتفيات الاثر عند استلامها في مخازن خاصة تلبي المتطلبات الاتية:

1. يكون معدل الجرعة الاشعاعية خارج المخزن مقبولا وفق ما تحدده الهيئة الرقابية الوطنية.
2. يكون المخزن مبنياً بشكل مؤمن وأن يكون مقفل لمنع دخول اي اشخاص غير مخولين. لا يجوز الدخول الى المخزن إلا من أجل أخذ مقتفيات الأثر لاستخدامها ، وكل ما عدا ذلك سوف يؤدي إلى تعرض إشعاعي غير ضروري.
3. توضع على المخزن إشارات تحذيرية مرئية واضحة تبين أن المخزن يحتوي على مصادر مشعة. (يجب أن يحتوي تصميم هذه الشارات على إشارة التحذير من الأشعة ثلاثية الوريقات مرفقة مع عبارة تحذيرية مثال " تحذير. هذا المخزن يحتوي على مواد مشعة").
4. يستخدم المخزن حصراً لتخزين المواد المشعة أو المعدات والأدوات الخاصة باستخدام هذه المواد مثل أدوات الحقن الخاصة بالمواد المشعة.[5]

التحكم بالمخاطر الإشعاعية ومتطلبات المراقبة

1. التدريع: يجب وجود تدريع يخفض الجرعة الاشعاعية الى مستوى يضمن ان جرعة العاملين لا تتجاوز الحد السنوي المحدد من قبل الهيئة الرقابية الوطنية.
2. التعامل عن بعد في التطبيقات الصناعية: حيث تستخدم عادة الملاقط الطويلة وهذا ينطبق على مقتفيات الاثر وحسب ما تحدد الهيئة الرقابية الوطنية.
3. رصد معدل الجرعة الاشعاعية: يجب على المشغل استخدام وسائل الرصد المناسبة لقياس معدل الجرعة الاشعاعية حول أماكن التعامل مع مقتفيات الأثر المشعة. يجب أن يقاس معدل الجرعة حول الحاوية وأداة الحقن والحواجز والنقاط الأخرى التي يحتمل أن تتجمع فيها مقتفيات الأثر المشعة وتؤدي لتعرض العاملين. يصدر العديد من متقفيات الأثر المشعة كلاً من أشعة بيتا وغاما. تكون المعدات المستخدمة في التطبيقات الصناعية عادة مدرعة بشكل جيد وبالتالي فإن الجرعة الناجمة عن التعرض لأشعة بيتا لا تسبب مشكلة.

معايرة الكواشف والاجهزة

يجب أن تجرى معايرة الأجهزة بوقت زمني تحدده الهيئة الرقابية الوطنية. يكون ذلك عادة كل 12 شهراً. يجب أن تخضع مقاييس الجرعة الالكترونية الشخصية للمعايرة والاختبار أيضاً.

يجب أن يتم إجراء اختبار الاستجابة يومياً قبل الاستخدام. ويتم ذلك إما بمقارنة القراءة اليومية باستخدام مصدر مشع عياري صغير، أو بكل بساطة عبر التحقق من معدل الجرعة على حاوية مصدر كاما. يجب على المشغل أن يحتفظ بسجل اختبار الاستجابة.[6]

وبعد كل عطل أو إصلاح أو تعديل قد يؤثر على استجابة الجهاز. يجب الاحتفاظ بسجلات الاجهزة التي تفرضها الهيئة الرقابية الوطنية. وكحد أدنى يجب أن يتضمن السجل في الأحوال العادية التفاصيل التالية:

- الرقم التسلسلي للجهاز والكواشف المرافقة.
- نوع الجهاز.

- النظير المشع المستخدم للمعايرة.
- دقة الجهاز التي تم تحديدها في الاختبار.
- تاريخ الاختبار.
- توقيع الشخص المشرف على الاختبار.
- سلسلة المعايرة إلى معايير أولية أو ثانوية.

نظام السجلات

أ. السجلات وثائق رسمية للوقاية والأمان. ويجب أن يكون السجل في صورة دفتر مقاوم للتلف، وأن ترتب صفحاته وترقم وتختم بالخاتم الرسمي بحيث تكون غير قابلة للتبديل أو الحذف أو الإضافة. وتدون بيانات السجل بواسطة مسؤول الوقاية من الاشعاع أو الخبير المؤهل أولا بأول، وتعتمد من المرخّص له خلال فترات متقاربة.

ب. يحتفظ المرخّص له بجميع السجلات التفصيلية لمدة لا تقل عن15 عاما، وبالسجلات المختصرة لمدة لا تقل عن 30 عاما. وبالنسبة للسجلات الخاصة بالتعرضات المهنية أو الطبية فيتم الاحتفاظ بها لمدة لا تقل عن 30 عاماً أو حتى بلوغ العامل أوالمريض سن 75 (أيهما أكبر)، مالم تحدد الهيئة الرقابية الوطنية غير ذلك.

ت. يحق للهيئة الرقابية الوطنية الاطلاع على جميع السجلات الخاصة بالوقاية والأمان، كما يحق لها تصويرها والحصول على نسخ منها. كذلك يحق للعامل أن يطلع على سجلاته الشخصية دون غيرها وأن يحصل على صورة منها عند تركه العمل. ويحق للممارس الطبي وللأخصائي الصحي الاطلاع على سجلات العاملين لغرض المتابعة الطبية دون غيرها.[7]

اجراءات الطوارىء الاشعاعية

الحادث الإشعاعي هو أنه كل حدث أو حادث غير مقصود بما في ذلك الحدث أو الحادث الناتج عن خطأ في تشغيل المعدة أو المصدر المشع أو حدوث عطل فيها أو أي خلل آخر، تترتب عليه عواقب خطيرة لا يمكن إهمالها من وجهة نظر الوقاية والأمان، ويمكن أن تؤدي إلى تعرضات إشعاعية كامنة أو لظروف تعرض غير عادية.[8][9]

وخطة الطوارىء الاشعاعية هي مجموعة الإجراءات والأفعال والخطوات المتعاقبة التى ينبغي تنفيذها بمجرد وقوع الحادث الإشعاعي المعين أو بمجرد اكتشافه. وتتضمن الخطة توفير الاحتياجات البشرية والفنية اللازمة للمواجهة والتدريب العملي على تنفيذ كافة الإجراءات والخطوات وعلى استخدام معدات المواجهة. [9]

الحوادث

يجب تحديد الخطوات اللازمة الحوادث المرتبطة بمقتفيات الأثر الاشعاعية كجزء من تقييم الأمان الذي يرفق بطلب التسجيل أو الترخيص. يجب أن تكون هذه الخطوات مدونة ضمن إجراءات التشغيل المكتوبة. تصنف أغلب الحوادث المحتمل حصولها مع مقتفيات الاثر الاشعاعية في الفئتين التاليتين:

- ارتفاع معدل الجرعة نتيجة سقوط المصدر المشع خارج حاوية التدريع.
- حصول تلوث إشعاعي نتيجة انسكاب أو إطلاق غير مسيطر للمادة المشعة.

يتطلب التعامل مع هذين النوعين من الحوادث ضرورة توفر المواد التالية كحد أدنى:

- شريط أو حبل لتوسيع الحواجز حول منطقة العمل في التطبيقات الصناعية.
- ملاقط طويلة للتعامل مع المواد عندما تكون معدلات الجرعة لليدين عالية.
- مواد امتصاص لجمع مقتفيات الأثر المشعة إذا كانت سائلة.
- أدوات مناسبة لجمع مقتفيات الأثر المشعة إذا كانت على شكل مسحوق (يمكن أن تكون هذه الأدوات بكل ببساطة فرشاة ورفش أو مكنسة كهربائية بداخلها فلتر عالي الفعالية).
- ملابس وقاية شخصية يتم ارتداءها خلال التعامل مع الحوادث ويمكن أن تكون قفازات

متينة وأغطية أحذية وأقنعة تنفس /أقنعة غبار مناسبة.

- أكياس بلاستيكية لجمع المواد الملوثة. تتوفر مادة بلاستيكية لتغطية أرضية المناطق المحاذية منعاً من انتشار التلوث وكذلك لتغليف الأشياء الملوثة.
- إمكانية الحصول على براميل خاصة لوضع المواد الملوثة المجمعة.

ويتم تحديد ادوار المشاركين بخطة الطوارىء الاشعاعية والاجهزة المستخدمة والتجهيزات الاخرى كافة وتقدم للهيئة الرقابية الوطنية من اجل المصادقة عليها واجراء تمارين طوارىء اشعاعية لغرض التدريب.[10]

المراقبة الشخصية

العاملين الذين يعملون مع مقتفيات الأثر المشعة من العمال المتعرضين مهنياً وبالتالي يجب تقييم الجرعات الاشعاعية ويتم تجهيز العاملين إما فيلم بادج أو مقياس TLD تصدر وتقاس من قبل مختبر المراقبة الشخصية المعتمد لدى الهيئة الرقابية الوطنية كما موضحة بالشكل(2).

شكل (2) TLD

في بعض الاحيان يضطر المشغّل إلى معالجة تجهيزات بالقرب من مقتفيات الأثر المشعة مدرّعة كانت أو غير مدرّعة، وبالتالي قد تتلقى يداه جرعات عالية. يمكن في هذه الحال حمل مقاييس TLD على الإصبع أو على الرسغ لتقييم تعرضات موضعية لا يمكن قياسها بـ TLD محمول على الجسم كما في الشكل (3).

شكل (3) مقياس TLD محمول

يتم استخدام الفلم بادج أو الـ TLDs لفترة محددة، تتم عملية القياس بعد انقضاء شهرين أو ثلاثة من العمل ويتم سحب الفلم باج أو الـ TLDs لغرض قياس التعرض الاشعاعي. الجرعات المتلقاة قرب مواقع العمل مقتفيات الأثر المشعة قد تكون عالية فينصح بامتلاك وسائط قراءة مباشرة للجرعة الشخصية باستخدام مقاييس جرعة فردية الكترونية آنية. المقاييس تكون مزودة بمنبّه صوتي ينطلق عند معدل جرعة محدد أو عند جرعة تجميعية محددة. يعد التنبيه الصوتي وسيلة جيدة لإبقاء جرعات العاملين غير المتوقعة عند أدنى حد ممكن كما في الشكل (4).

شكل (4) قياس التعرض الاشعاعي

سيناريو تعرض اشعاعي لاحد العاملين

التعرض الإشعاعي الرئيسي للمشغل من معدل الجرعة الاشعاعية الصادرة عن مقتفيات الأثر المشعة أثناء وجودها في حاويتها وأثناء عملية الحقن. يمكن تقدير ذلك بحساب معدل الجرعة الناجمة عن مقتفيات الأثر المشعة غير المدرعة، حسب التدريع والمسافة التي تفصل بين المصدر والمشغل.

Dose = Dose rate × time [11][12]

Dose: الجرعة الاشعاعية.

Dose rate: معدل الجرعة الاشعاعية.

Time: الزمن

السيناريو: فيما يلي القيم الافتراضية التي استخدمت في سيناريو التعرض الاشعاعي لاحد العاملين خلال تنفيذه الاختبار التالي باستخدام مقتفيات الاثر المشعة.

- استخدمت قيمة افتراضية للفعالية الاشعاعية قدرها 3.7 GBq من النظير Iridium-192.[13]
- المادة المشعة موضوعة في حاوية رصاصية قطرها 5 سم وسماكة جدارها 2 سم.
- جسم المشغل موجود على مسافة نصف متر من الحاوية الرصاصية خلال عملية الحقن، وتستخدم ملاقط لإبقاء اليدين على مسافة 0.2 متر من الحاوية.
- تتطلب عملية حقن مادة تقفي الأثر المشعة بقاء المشغل في جوار الحاوية 30 ثانية.
- تحقن متقفية الأثر المشعة في تجهيزات النظام وتنتقل فوراً مع مواد العملية بشكل شبة آني.

الاستنتاجات

- ثابت غاما النوعي للإيريديوم (Ir-192): 1.59 x 10^2 $\mu Svh^{-1}GBq^{-1}$ على بعد 1 متر (نفترض أن المصدر المشع نقطي للتسهيل).[11]
- قيمة لطبقة العشرية (tenth value layer) من الرصاص للإيريديوم−192 هي 20 سم.

Dose rate = gamma factor × source activity / $(distance)^2$

Gamma factor: معدل الجرعة الممتصة بوحدة Svh^{-1} على بعد متر من GBq من نويدة مشعة (radionuclide).

Source activity: النشاط الاشعاعي للمصدر بوحدة GBq.

$(Distance)^2$: بوحدة المترمن المصدر الى نقطة القياس.[14]

إن معدل الجرعة على بعد متر واحد من مصدر غير مدرع يصبح كالآتي:

$$3.7 \times 1.59 \times 10^{2} = 588\ \mu Svh^{-1}$$

معدل الجرعة على بعد متر واحد من مصدر ضمن حاوية رصاصية سماكة جدرانها 2 سم(قيمة الطبقة العشرية) وفقا لما ورد اعلاه هي:

$$588 \times \frac{1}{10} = 58.8\ \mu Svh^{-1}$$

فاذا كان جسم المشغل يبعد 50 سم عن الحاوية الرصاصية 50 سم، وباستخدام قانون التربيع العكسي يصبح معدل الجرعة في تلك النقطة:

$$\frac{58.8}{(0.5)^{2}} = 235\ \mu Svh^{-1}$$

الاندخال (intake)هي عملية ادخال النويدات المشعة الى داخل جسم الانسان عن طريق الاستنشاق أوالابتلاع أو عبر الجلد.[5][6]

لا يفترض لأن يحدث اندخال لمقتفيات الأثر المشعة للعاملين خلال الاعمال اليومية. يجب الأخذ بعين الاعتبار مرحلة التخطيط لضمان أن إجراءات الأمان جيدة بما فيه الكفاية لخفض خطر حدوث الاندخال للمادة المشعة في اجسام العاملين.

- الجرعة الاشعاعية السنوية هي $20\ mSvh^{-1}$ المقرة من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) [6]

والجرعة الاشعاعية تكون $10\ \mu Svh^{-1}$ وبالمقارنة بالجرعة الاشعاعية على بعد 50 سم هي $235\ \mu Svh^{-1}$ اي 23 ضعف ونصف مما يتطلب وجود مسؤول الوقاية من الاشعاع في الموقع لغرض تقليل الجرعة الاشعاعية الخارجية للمشغل ويتم عن بواسطة:

1. زيادة المسافة عن المصدر.
2. وجود صدرية رصاصية يرتديها المشغل.
3. تقليل زمن التعرض الاشعاعي للمصدر.

المصادر

1. The Atomic and Development Bulletin The Arab Atomic Energy Authority,volume 28, the second Number, Tunisia ,2016. www.aaea.org.tn
2. IAEA Bulletin, Vienna, Austria, September 2015. www.iaea.org/bulletin
3. IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material Vienna, Austria, (2012).
4. International Atomic Energy Agency series of safety standards issued by the International Agency in Vienna,Issue No. GS-R-3,2011.
5. IAEA Safety Reports Series No. 19, “Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substance to the Environment”,2001.
6. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment General Safety Guide No. GSG-7 ,Occupational Radiation Protection , IAEA, VIENNA, 2018.
7. IAEA ,GSR-part 3, Vienna, 2015.
8. IAEA , RADIATION PROTECTION AND THE MANAGEMENT OF RADIOACTIVE WASTE IN THE OIL AND GAS INDUSTRY IAEA, VIENNA, 2010 TRAINING COURSE SERIES No. 40 ,ISSN 1018-5518 © IAEA, 2010
9. IAEA ,Preparing, conducting, and evaluating nuclear or radiological emergency preparedness test exercises ,VIENNA,2010.
10. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Planning and Preparedness for Emergency Response to Transport Accidents Involving Radioactive Material, Safety Standards Series, Safety Guide No. TS-G-1.2 (ST-3), IAEA, Vienna (2002).
11. IAEA,PRODUCTION TECHNIQUES AND QUALITY CONTROL OF SEALED RADIOACTIVE SOURCES OF PALLADIUM-103, IODINE-125, IRIDIUM-192 AND YTTERBIUM-169 IAEA, VIENNA, 2006.
12. Radiation protection and applications ,Mustafa Majali ,Amman-Jordan ,2005.
13. Chinese Physics C Vol. 41, No. 3 (2017) 030001-
14. The Health Physics And Radiological Health Hand Book , revised Edition , edited by Bernard Shleien ,1992.