تكييف النفايات المشعة الصلبة الناتجة من إزالة التلوث الاشعاعي باستخدام السمنت البورتلاندي الاعتيادي

الدكتور نزار علي عبود

هيئة الطاقة الذرية

Conditioning of solid radioactive waste produced from decontamination by using ordinary Portland cement.

Dr.Nazar Ali Abbood
Atomic Energy Authority

الخلاصة

يتناول البحث تكنولوجيا تكييف (سمنتة) النفايات المشعة الصلبة الناتجة من ازالة التلوث الاشعاعي في بعض المواقع الملوثة في جنوب العراق وهي عبارة عن تربة وقطع معدنية ملوثة باليورانيوم المنضب .
تم تكييف النفايات باستخدام السمنت البورتلاندي الاعتيادي لتسهيل تداولها ونقلها وخزنها او طمرها بشكل آمن وملائم .تم ايضا تحديد قيمة الجرعة الاشعاعية لكل نشاط وفترة التعرض الاشعاعي واجراء حسابات قيمة التعرض السنوي للعاملين ومقارنة النتائج مع معايير الوكالة الدولية للطاقة الذرية في حالة التشغيل الاعتيادي وفي حالة حصول الحوادث وذلك للمحافظة على سلامة العاملين والجمهور والبيئة.اظهرت النتائج بان الجرعة السنوية المستلمة في هذا النشاط اقل بكثير من الحدود المسموح بها دوليا (20mSv سنويا للعاملين ، 1.0mSv سنويا لعامة الجمهور) .

Abstract

This paper deals with the conditioning (cementation) technology of solid radioactive waste produced from the decontamination of some contaminated sites in southern Iraq, which are soil and metal parts contaminated with depleted uranium. Conditioning of radioactive waste by using ordinary Portland cement for safe transport, storage and safe disposal .The radiation dose rate and exposure time for this activity are determined, then calculated the annual dose rate for workers and comparison the result with the IAEA criteria in the normal operation and accident for protect human and environment during conditioning by using SAFRAN program. The results

showed that the annual dose rate for activity are less than the criteria limit (20mSv/y for worker and 1.0mSv/y for public).

الكلمات الدالة: النفايات المشعة، السمنتة ، التعرض الاشعاعي ، تقييم الاما

المقدمة

عملية تكييف (conditioning) النفايات المشعة من الطرق الشائعة لتهيئة النفايات فهي طريقة رخيصة لاحتواء انواع مختلفة من النفايات المشعة لضمان شكل امن ومناسب للخزن والنقل والطمر وتتم في درجات حرارة اعتيادية ويتميز المنتج باستقرار حراري وكيميائي [١] .

يتميز السمنت البورتلاندي الاعتيادي بالمعايير المقبولة في تصليد واحتواء النفايات المشعة وذلك بسبب كلفته المنخفضة وكثافته العالية وقوة التحمل وسهولة تقنيات استخدامة في المعاملة [٢]، تم دراسة استخدام السمنت البورتلاندي العراقي انتاج الشركة العامة للسمنت العراقية (معمل القائم) بنوعية السمنت البورتلاندي والسمنت المقاوم للاملاح في عملية السمنتة لتكييف النفايات المشعة ذات المستوى الاشعاعي الواطئ والمتوسط ، حضرت نماذج بنسب وزنية مختلفة (water/cement ratio : 0.62,0.55,0.44) بشكل مكعب طول ضلعة (50mm) وتم اضافة المحسنات الكيمياوية بنسب وزنية مختلفة (fly ash/ cement ratio :0.2,0.3,0.5) واظهرت النتائج ان اعلى مقاومة انضغاط بعد ٢٨ يوم من تاريخ تحضير النماذج هي عند استخدام السمنت البورتلاندي الاعتيادي مقارنة بالسمنت المقاوم للاملاح وان مقاومة الانضغاط تزداد باضافة المحسنات الكيمياوية . [٣] .

برنامج SAFRAN هو تطبيق يتضمن منهجيات لتقييم الامان (safety assessment) ويتناول جميع انشطة ادارة النفايات المشعة ويحتوي على مهام رئيسية عديدة منها (معالجة النفايات المشعة وميزات التصميم الخاصة بها ، تحديد مسار معالجة النفايات المشعة waste stream بما في ذلك الخصائص الاشعاعية وغير الاشعاعية ذات الصلة والتغييرات التي تحصل خلال انشطة ادارة النفايات ، تحديد المتطلبات ذات الصلة من الهيئة الرقابية (criteria , endpoint) ، اجراء تقييم الامان لكل خطوة في ادارة النفايات المشعة قبل التخلص منها ، اجراء العمليات الحسابية للتحليل الكمي ، معرفة نقطة النهاية والمتمثلة بالجرع الاشعاعية التي يحصل عليها العاملين والجمهور (Endpoint , dose to worker and public) ، السيناريوهات التي تتعلق بنقاط النهاية ومعرفة خصائصها واحتمالاتها والاثار الناجمه من ذلك ويتم تقييم الامان لكل نقاط النهاية ذات الصلة بكل تأثير (Impacts) ، تحليل نتائج تقييم السلامة وتحديد التعديلات اللازمة ، تقديم التعليقات لتسهيل مراجعة وتطوير تقييم الامان)[٤,٥].

يهدف البحث الى تكييف النفايات المشعة الصلبة باستخدام السمنت البورتلاندي الاعتيادي واجراء تقييم الامان لهذا النشاط وذلك لحماية الناس والعاملين والبيئة من المخاطر الاشعاعية .

طريقة العمل

اولا : تكييف النفايات المشعة

قام فريق متخصص من مديرية معاملة وادارة النفايات المشعة بأجراء قياسات حقلية ومختبرية لغرض توصيف ومعرفة مدى انتشار الملوثات ومساحة المنطقة الملوثة وكمية الملوثات وتحديد احتياجات فريق العمل من معدات واليات وتجهيزات وقائية . تم اخذ القياسات الاشعاعية وكذلك صور للموقع الملوث تبين المناطق الملوثة وكذلك نتائج التحليلات المختبرية التي تم اجراءها باستخدام الجرمانيوم عالي النقاوة وتبين ان الموقع ملوث باليورانيوم المنضب ، تم فحص اجهزة القياس الاشعاعي (تلوث وتعرض) ومدى فعاليتها في العمل ، فحص ومعايرة الاجهزة على مصدر مشع نوع (^{137}Cs) واخذ الخلفية الاشعاعية خارج الموقع لعدة نقاط ولمعدل عشر قراءات وكانت :

B.G (av) Inspector 0.016 mR/hr

B.G (av) automess 0.052 Bq/cm^2

تم اخذ احداثيات الموقع باستخدام GPS وتقسيم الموقع الى مستطيلات (10*5) م^2 ومربعات (5*5) م^2 والتي بدورها قسمت الى (١*١) م^2 للموقع الملوث . تم ازالة التلوث الاشعاعي والذي تضمن تربة ملوثة وضعت في اكياس من النايلون بحجم معلوم وقطع حديدية ملوثة غلفت باكياس من النايلون ايضا وذلك لغرض تكييفها باستخدام السمنت البورتلاندي الاعتيادي .

المواد والمستلزمات المطلوبة في عملية السمنتة

- مادة الاسمنت : مادة الاسمنت لها خواص تلاصقية ومن خلال هذه الخاصية تتمكن من ربط الاجزاء او المكونات الاخرى للخلطة بكتلة صلبة ، التفاعل بين الماء والاسمنت وهو ما يسمى بعملية الاماهة يعطي الخواص التلاصقية لعجينة الاسمنت الناتجة من التفاعل .تم استخدام السمنت البورتلاندي الاعتيادي العراقي بموجب المواصفة العراقية رقم (٥) لسنة ١٩٨٤ المنتج من الشركة العامة للسمنت الجنوبية.

- ماء (R.O) : استخدام ماء R.O من مصدر جيد وتم اجراء فحوصات (TDS) له .- الركام (الحصى والرمل) : تم استخدام الحصى والرمل بعد اجراء الفحوصات الانشائية له في جامعة ذي قار المختبر الانشائي وقد اثبتت الفحوصات المختبرية نجاحها من حيث فحوصات التدرج والاملاح ، خواص الركام لها الدور الكبير في تحديد قوة ومتانة الخرسانة .

- خلاط اسمنت (خباطة) سعة ٣٥٠ لتر ، هزاز اسمنت يعمل بوقود الديزل او هزاز اسمنت كهربائي ، قوالب بلاستيكية : تم استخدام قوالب بلاستيكية اسطوانية الشكل، قطر الاسطوانة ٤٠ سم وطول الاسطوانة ١٠٠ سم ، حديد تسليح BRC .

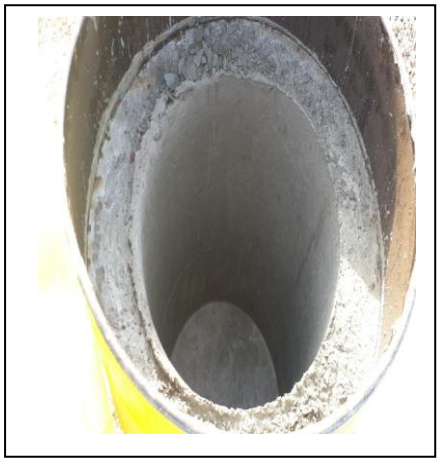
مكونات الخلطة الاسمنتية :

مكونات الخلطة الاساسية هي السمنت البورتلاندي الاعتيادي وماء RO والركام الناعم والخشن (الحصى والرمل) وفي حالات اخرى يمكن ان يكون لدينا مضافات كيمياوية لغرض تحسين مواصفات الاسمنت. تم خلط المكونات على اساس النسبة بالحجم حيث تم الخلط بنسبة (١ : ١ : ٢) اي ان الاسمنت :١ ، الرمل :

١، الحصى : ٢ وتسمى هذه بالخلطة الغنية ذات المقاومة العالية ، اما بالنسبة للماء يضاف على هيئة نسبة من الاسمنت بالوزن حيث استخدمت النسبة (water/cement = 0.5) اي ان الكيس الواحد من الاسمنت يحتاج الى ٢٥ لتر من ماء R.O وهذا يعطي انسيابية مقبولة للخلطة الخرسانية .

عملية السمنتة :

- تهيئة المواد الاولية (السمنت + الماء+ الحصى والرمل)، تهيئة البراميل سعة ٢٢٠ لتر .
- يتم خلط المزيج (السمنت + الماء+ الحصى والرمل) بالنسب المحددة بواسطة الخباطة اليدوية وتستمر عملية الخلط لمدة (٥-١٠) دقائق على الاقل .
- ينقل المزيج الى البراميل ويتم استخدام الهزاز لطرد الفقاعات الهوائية .
- يتم عمل كبسولة من الاسمنت داخل البراميل بحجم ٨٠ لتر الشكل رقم (١).
- يتم نقل النفايات الاشعاعية المغلفة باكياس النايلون الى داخل الكبسولة بعد وزنها وقياس الجرعة الاشعاعية لها ويتم اضافة الخرسانه اليها الشكل رقم (٢).
- يترك البرميل مدة ٢٨ يوم من تأريخ السمنتة وذلك لغرض التصلب بشكل كامل حيث يتحقق باستخدام هذه الطريقة برميل مهيأ لعملية الخزن والنقل والطمر .



الشكل رقم (١) كبسولة الاسمنت داخل البراميل

الشكل (٢) نقل النفايات داخل الكبسولة واضافة الخرسانة

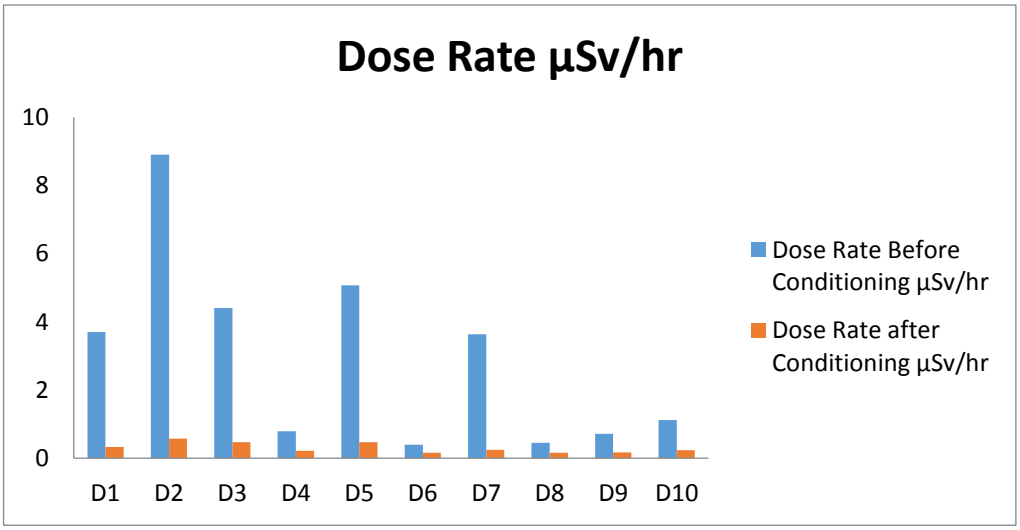
ثانيا : تقييم الامان Safety Assessment

ومن اجل المحافظة على سلامة العاملين اثناء عملية التكييف للنفايات المشعة كان لابد من اجراء حسابات تقييم السلامة باستخدام برنامج (SAFRAN) لمعرفة قيمة الجرعة الاشعاعية المستلمة لكل عامل اثناء جميع الانشطة التي يقوم بها العاملين خلال عملية التكييف.

النتائج والمناقشة :

الشكل رقم (٣) يبين مقدار الجرعة الاشعاعية قبل وبعد عملية التكييف باستخدام السمنت البورتلاندي الاعتيادي لعدد من البراميل تحوي نفايات مشعة (حديد او تربة) ذات جرع اشعاعية مختلفة حيث يقل مقدار الجرعة ويصل في بعض الاحيان الى مستوى الخلفية الاشعاعية (0.16µSv/hr) عند اجراء عملية السمنتة لها . الجدول رقم (١) يوضح زمن التعرض والجرعة الاشعاعية لكل نشاط في عملية تكييف النفايات المشعة وقد تم اعتماد اعلى قيمة للجرعة الاشعاعية (6.2E-006 Sv/hr) في حسابات برنامج SAFRAN ، تضمنت المدخلات الاساسية في برنامج SAFRAN وزن النفايات المشعة (Total mass of waste) ، ونوع الحاوية المستخدمة (Type of container 200L drum) ، وقيمة النشاط الاشعاعي (Mass concentration Bq/Kg) الذي تم حسابة باستخدام جهاز الجرمانيوم عالي النقاوة

.



الشكل رقم (٣) معدل الجرعة الاشعاعية قبل وبعد عملية التكييف للنفايات المشعة

الجدول رقم (١) زمن التعرض والجرعة الاشعاعية لكل نشاط في عملية التكييف

ACTIVITY	DESCRIPTION	EXPOSURE TIME (hr)	Dose rate Sv/hr
segregation	Exposure of operator during segregation of solid waste	30	6.2E-006
handling of waste	Exposure of opertator during the handling of solid waste	11.5	6.2E-006
slurry injection	Exposure of operator during the injection of cément in drums .	34.5	6.2E-006
vibration	Exposure of operator during the vibration of cement in drums .	11.5	6.2E-006
handling of 200 L cemented drum	Exposure of operator during the handling of 200 L cemented drum.	17.25	6.2E-006
Radiation measurement	Exposure of operator during the radiation measurement .	30	6.2E-006

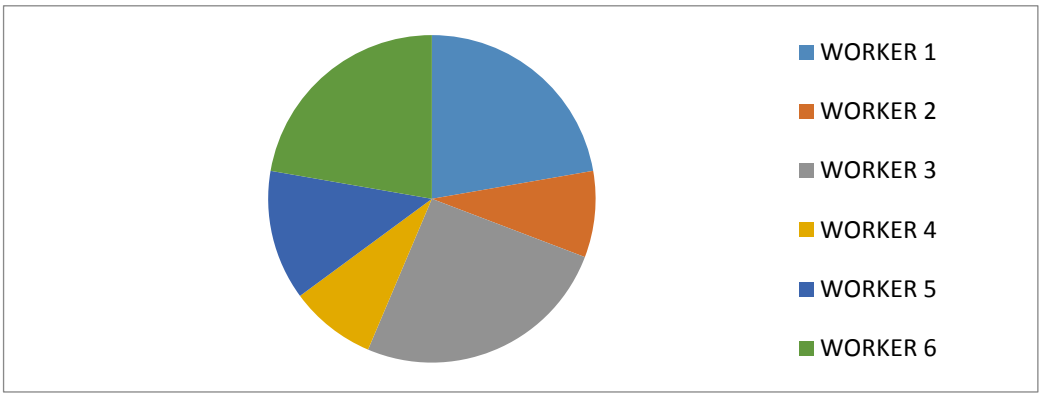
تقييم الامان في حالة التشغيل الاعتيادي (Normal Operation) :

تم ادخال قيمة الجرعة الاشعاعية لكل نشاط وفترة التعرض للجرعة الاشعاعية ومجموعة من المدخلات المطلوبة ضمن برنامج سافران (SAFRAN) لحساب قيمة التعرض السنوي للعاملين ضمن هذا المشروع وبينت النتائج ان الجرعة السنوية المستلمة في جميع الانشطة ضمن هذه الفعالية هي اقل بكثير من الحدود

المسموح بها دوليا (20mSv) سنويا للعاملين في حقل الاشعاع كما في الجدول رقم (٢) ، الشكل رقم (٤) يمثل مقارنة بين الاخطار لكل فعالية.

الجدول رقم (٢) Comparison of doses

IMPACT	ENDPOINT	DOSE (SV/YEAR)	CRITERION	LIMIT (SV/Y)
segregation	dose to worker 1	2.48E-003	dose limit to worker	2.00E-002
handling of waste	dose to worker 2	9.50E-004	dose limit to worker	2.00E-002
slurry injection	dose to worker 3	2.85E-003	dose limit to worker	2.00E-002
vibration	dose to worker 4	9.50E-004	dose limit to worker	2.00E-002
handling of 200 L drum	dose to worker 5	1.43E-003	dose limit to worker	2.00E-002
Radiation measurement	dose to worker 6	2.48E-003	dose limit to worker	2.00E-002
Total	dose to workers	1.11E-002	dose limit to worker	2.00E-002



الشكل رقم (٤) مقارنة بين الاخطار لكل فعالية ومقدار الجرعة السنوية(Sv/y) لكل عامل ضمن هذه الفعالية

تقييم الامان في حالة حصول الحوادث (Accident) :

تم تسجيل او توقع بعض الحوادث المحتملة الوقوع اثناء القيام بالفعالية مثل :

سقوط براميل

الجدول رقم (٣) يمثل سقوط عدد من البراميل اثناء القيام بالفعاليات التي تتضمن مناولة النفايات المشعة وقد تم اقتراح سقوط(٣ ،٥ ،١٠) براميل و حساب معدل الجرعة الاشعاعية التي يتعرض لها العاملين خلال هذا الحادث لنظائر (^{226}Ra ، ^{232}Th).

الجدول رقم (٣) عدد البراميل والنشاط الاشعاعي وقيمة المخاطر في الحادث .

NUCLIDE	ACTIVITY (BQ)	N	TOTAL ACTIVITY (BQ)	MAX. DOSE RATE (SV/H)	SCREENING DOSE RATE ACC. (SV/H)	HAZARD QUOTIENT (HQ)
^{226}Ra	1090	3	3270	1.07E-011	1.00E-004	1.07E-007
^{232}Th	1.69 E+001	3	5.07E +001	9.38E-013	1.00E-004	9.38E-009
Total						1.16E-007
^{226}Ra	1090	٥	٥٤٥٠	.78E-١ 011	1.00E-004	1.78E-007
^{232}Th	1.69 E+001	٥	٤٥.٨ E+001	1.56E-012	1.00E-004	1.56E-008
Total						1.94E-007
^{226}Ra	1090	10	10900	3.56E-011	1.00E-004	3.56E-007
^{232}Th	1.69 E+00	10	169	3.13E-012	1.00E-004	3.13E-008

	1					
Total						3.88E-007

الجدول رقم (٤) ،(٥) ، (٦) يبين المسافة وزمن التعرض للعاملين والجرعة المستلمة للعامل في حالة سقوط البراميل وقد بينت النتائج ان الجرعة الاشعاعية المستلمة لجميع النتائج هي اقل بكثير من الحدود المسموح بها (Dose limit to worker 0.001Sv)

الجدول (٤) زمن التعرض والمسافة والجرعة المستلمة للعامل في حالة سقوط (٣ براميل)

NUCLIDE	ACTIVITY (BQ)	DCM	DOSE RATE (SV/H)	CALCULATION	EXPOSURE TIME (H)	DOSE (SV)
^{226}Ra	3270	50	2.64E-013	Drum Axial Without Shileld waste	2.50E-001	6.59E-014
^{232}Th	5.07E+001	50	7.14E-017	Drum Axial Without Shileld waste	2.50E-001	1.79E-017
Total			2.64E-013			6.59E-014
^{226}Ra	3270	50	3.91E-015	Drum Axial Shileld waste	2.50E-001	9.78E-016
^{232}Th	5.07E+00	50	1.04E-	Drum Axial	2.50E-001	2.61E-

	1		019	Shileld waste		020
Total			3.91E-015			9.78E-016

الجدول (٥) زمن التعرض والمسافة والجرعة المستلمة للعامل في حالة سقوط (٥ براميل)

NUCLIDE	ACTIVITY (BQ)	D (CM)	DOSE RATE (SV/H)	CALCULATION	EXPOSURE TIME (H)	DOSE (SV)
^{226}Ra	٥٤٥٠	50	4.34E-013	Drum Axial Without Shileld waste	2.50E-001	1.10E-013
^{232}Th	.٨٤٥E+001	50	1.19E-016	Drum Axial Without Shileld waste	2.50E-001	2.298E-017
Total			4.40E-013			1.10E-013
^{226}Ra	٥٤٥٠	50	6.52E-015	Drum Axial Shileld waste	2.50E-001	1.63E-015

^{232}Th	.٨ ٤٥ E+ 001	50	1.74E-019	Drum Axial Shileld waste	2.50E-001	4.34E-020
Total			6.52E-015			1.63E-020

الجدول (٦) زمن التعرض والمسافة والجرعة المستلمة للعامل في حالة سقوط (10 براميل)

NUCLIDE	ACTIVITY (BQ)	D (CM)	DOSE RATE (SV/H)	CALCULATION	EXPOSURE TIME (H)	DOSE (SV)
^{226}Ra	10900	50	8.79E-013	Axial Drum Without Shileld waste	2.50E-001	2.20E-013
^{232}Th	169	50	2.38E-016	Axial Drum Without Shileld waste	2.50E-001	5.95E-017
Total			8.79E-013			2.20E-013
^{226}Ra	10900	50	1.30E-014	Axial Drum Shileld waste	2.50E-001	1.63E-015

^{232}Th	169	50	3.47E-014	Axial Drum Shileld waste	2.50E-001	4.34E-020
Total			1.30E-014			1.63E-020

الجدول رقم (٧) تقييم المخاطر (Accidental Situation :Comparison of Hazards)

SCENARIO	IMPACT	PROBABILITY - QUALITATIVE	IMPACT - QUANTITATIVE	IMPACT - QUALITATIVE
dropping the barrel during the handling operation	Impact for scenario dropping the barrel during the handling operation	Medium	9.69E-007	Very Low

الاستنتاجات :

- تكييف النفايات المشعة باستخدام السمنت البورتلاندي الاعتيادي يسهل عملية النقل والخزن والطمر النهائي وبينت النتائج ان مقدار الجرعة الاشعاعية (Dose rateμSv/hr) ينخفض بعد اجراء عملية السمنتة ويصل في بعض الاحيان الى مستوى الخلفية الاشعاعية (0.16μSv/hr) .
- اجراء تقييم السلامة للعاملين في هذا النشاط في حالة التشغيل االاعتيادي وفي حالة حصول الحوادث مهم جدا في حماية العاملين وقد بينت النتائج ان مقدار الجرعة السنوية المستلمة اقل بكثير من الحدود المسموح بها دوليا وهي (0.02Sv/hr) للعاملين في حالة التشغيل الاعتيادي و (0.001Sv) في حالة حصول الحوادث .