

**تطبيق طريقة لترسيب اليورانيوم من حمض الفوسفوريك
المنتج في مصنع أبو زعبل - مصر**

**APPLICATION OF A PRECIPITATION METHOD FOR
URANIUM RECOVERY FROM ABU-ZAABAL
PHOSPHORIC ACID PLANT, EGYPT**

نبيل محمد طه الحادق والسيد ماضي حسين (هيئة المواد النووية، القاهرة)
مجموعة بحوث الاكاديمية المصرية للعلوم ، ٤٥ ص ١٥٩-١٧٣ (يناير ١٩٩٥)

الخلاصة

تعتمد الطرق التجارية لإستخلاص اليورانيوم من حمض الفوسفوريك أساساً علي طرق الإستخلاص بالمذيبات العضوية، إلا أن استخلاص اليورانيوم من الحمض المركز (٤٥-٥٢٪ خامس أكسيد الفوسفور) بهذه الطريقة يعتبر غير ممكن علي نطاق تجاري، بالإضافة إلي تلوث الحمض بهذه المذيبات. وبناءً عليه فإن هذا البحث يهدف إلي دراسة تطبيق طريقة الترسيب لإسترجاع اليورانيوم من كل من الحمض المنخفض التركيز (٢٨٪ خامس أكسيد فوسفور) والعالي التركيز (٤٨٪ خامس أكسيد فوسفور) واللذين يتم انتاجهما في مصنع شركة أبو زعبل للأسمدة والمواد الكيماوية ، وذلك باستعمال فلوريد الأمونيوم (كمادة مرسبة) مع الأستيتون (كمادة ناشرة) وذلك بعد إختزال اليورانيوم من حالة التأكسد السداسية إلي حالة التأكسد الرباعية. وقد وجد أنه بإضافة الأستيتون قبل فلوريد الأمونيوم إلي كل من الحمض المنخفض والعالي التركيز (المختزل به اليورانيوم والمزال منه الكبريتات) فإن $\leq 95\%$ من اليورانيوم قد ترسب من الحمض، وقد نجحت تلك الطريقة في التغلب علي عيوب طريقة الاستخلاص بالمذيبات العضوية.

علي أساس التعامل مع طن من الحمض (المنخفض والعالي التركيز) فإن البحث الحالي يقترح لوحة تشغيل إقتصادية لإسترجاع اليورانيوم من هذا الحمض المحلي بطريقة الترسيب المذكورة.

المقدمة

يوجد اليورانيوم بتركيزات منخفضة في معظم صخور الفوسفات البحرية (Marine phosphates) ويقدر الاحتياطي العالمي من الفوسفات بحوالي ١٨٠٠٠ مليون طن^(١). ويوجد اليورانيوم في الفوسفات بتركيزات تتراوح بين ٣٠-٢٦ جزء في المليون^(٢) وفي الحقيقة فإن هذه التراكز التي تبدو عديمة القيمة فإنها علي العكس ذات قيمة كبيرة جدا حيث أنه قد تبين من تحليل ظاهري^(٣) لحجم إنتاج الفوسفات أن دور الأخير في الميزانية العالمية المستقبلية لليورانيوم ليس عديم القيمة. وقد قدر الإنتاج العالمي من اليورانيوم المستخلص من الفوسفات المنتج في عام ١٩٧٩ (علي فرض أن اليورانيوم يستخلص بنسبة ١٠٠٪) بحوالي ١٥٠٠٠ طن^(٤).

في الطريقة الرطبة (wet process) لصناعة حمض الفوسفوريك يذهب كل اليورانيوم الموجود في صخر الفوسفات عمليا الى المحلول (٨٠-٩٣٪ من اليورانيوم الموجود في الصخر)^(٥). من المعروف أنه يوجد حالياً حوالي ٤٠٠ مصنع تعتمد في عملها على الطريقة الرطبة على مستوى العالم تنتج حوالي ١٣٠٠٠ طن متري من أكسيد اليورانيوم (U₃O₈) سنوياً^(٦). تعتمد الطرق التجارية لاستخلاص اليورانيوم من حمض الفوسفوريك على طريقة الاستخلاص بالمذيب (Solvent Extraction)^(٥)، ولكن في الواقع هناك عدة عيوب لهذه الطريقة منها:

١- تعتبر طريقة مكلفة إقتصادياً بسبب ضرورة التنقية المسبقة لحمض الفوسفوريك لتسهيل عملية فصل الاطوار (Phase Separation)، وأيضاً ضرورة المعاملة المسبقة للحمض لمنع تآكل المطاط المبطن لوحدة التبخير.

٢- حمض الفوسفوريك المعامل بهذه الطريقة يكون ملوثاً بالمذيبات العضوية.

٣- تتأثر اقتصادية العملية بشدة بتركيز اليورانيوم في الحمض، لأنه يجب أن يكون هناك مردود مرتفع من اليورانيوم المنتج يتناسب مع تكلفة الإنتاج العالية.

٤- يعتبر استخلاص اليورانيوم من الحمض مع إنتاج الحمض المركز (٤٥-٥٢٪ خامس أكسيد فوسفور) في نفس الوقت غير ممكن علي نطاق تجاري باستعمال تقنية الاستخلاص بالمذيب^(٦).

بالنظر إلى عيوب طريقة الاستخلاص بالمذيب السابق ذكرها، فقد تمت تجربة طريقة لاستخلاص اليورانيوم بترسيبه من حمض الفوسفوريك بواسطة فلوريد الأمونيوم NH₄F (كمادة مرسبة (Precipitation agent) والأسيتون C₃H₆O (كمادة ناشرة، Dispersion agent) بعد اختزال اليورانيوم السداسي التكافؤ (U^{VI}) الى اليورانيوم الرباعي التكافؤ (U^{IV}) بواسطة

الحديد المعدني^(٥). أجريت هذه الدراسة على حمض الفوسفوريك المنتج في مصنع أبو زعبل (شركة أبو زعبل للأسمدة والمواد الكيماوية، مصر).

في الواقع كانت أول طريقة تجارية لاستخلاص اليورانيوم من حمض الفوسفوريك هي طريقة الترسيب^(٧) والتي كانت قد طورت في الولايات المتحدة الأمريكية بواسطة شركة Blokson الكيماوية وكانت تشمل إختزال اليورانيوم بواسطة $Na_2S_2O_4$ ^(٨). في طريقة الجبس الفوسفورى (Phosphogypsum Process) يتم استخلاص اليورانيوم عن طريق ترسيبه (كيورانيوم رباعى) بمصاحبة الجبس^(٩). وهناك طريقة أخرى وهي تعتمد على إذابة الراسب الذى تم الحصول عليه بواسطة الحمض الأصيل^(١٠).

تم في هذا البحث تجربة طريقة الترسيب المذكوره سابقاً^(٥) والتي تعتمد على ترسيب اليورانيوم من كلا من الحمض المنخفض التركيز (٣٠٪ خامس أكسيد فوسفور) والحمض العالى التركيز (٤٥-٥٢٪ خامس أكسيد الفوسفور) بإضافة مادة عضوية مثل الأستيون (كمادة ناشرة) مع مادة مرسية ويفضل أن تكون فلوريد الأمونيوم .

تتميز طرق استخلاص اليورانيوم من حمض الفوسفوريك بالترسيب بالمميزات التالية:

- ١- يمكن تطبيقها على كل من الحمض المنتج بطريقة الهيمى هيدرات (< ٤٥٪ خامس أكسيد فوسفور) والحمض المنتج بطريقة الداى هيدرات (٣٠٪ خامس أكسيد فوسفور).
- ٢- مخاطر تلوث الحمض بالمذيبات العضوية لا توجد في طرق الترسيب بالطبع.
- ٣- استخلاص اليورانيوم بعد إذابته من الجبس الفوسفورى يعتبر سهل وغير مكلف.

الطرق التجريبية

تم الحصول على عينتين من الحمض منخفض التركيز (٢٨٪ خامس أكسيد فوسفور) والحمض عالى التركيز (٤٨٪ خامس أكسيد فوسفور) من مصنع الفوسفوريك بأبى زعبل لإنتاج هذا العمل . يبين الجدول رقم (١) التحاليل الكيمائية لحام فوسفات السباعية غرب المغذي لمصنع فوسفات أبو زعبل والحمضى الفوسفوريك منخفض التركيز وعالى التركيز .

أجريت تجارب الترسيب فى دفعات (Portions) من حمض الفوسفوريك (١٠٠ جرام / تجربة) من الحمض منخفض التركيز والحمض عالى التركيز. لاختزال اليورانيوم إلى حالة التأكسد الرباعيه فإنه يتم خلط ١٥ . جرام من بودرة الحديد / ١٠٠ جرام حمض فوسفوريك ، ويتم التقليب لمدة ٣ دقائق في حالة الحمض منخفض التركيز ولمدة ١٥ دقيقة في حالة الحمض عالى التركيز^(٥). تضاف كمية فلوريد الأمونيوم المطلوبة في أثناء عملية التقليب (Mixing)

تليها مباشرة إضافة كمية الاسيتون المطلوبة (في بعض التجارب يحدث عكس لترتيب إضافة فلوريد الأمونيوم والأسيتون). بعد إضافة الأسيتون (أو فلوريد الأمونيوم في حالة عكس ترتيب الاضافة) تستمر عملية التقليب لمدة دقيقتين إضافيتين. يفصل الراسب الذي يحتوى على اليورانيوم بالترشيح، ثم يغسل بالماء ثم بالأسيتون ليكون جاهزاً لتحليل اليورانيوم فيه (بالطريقة الفلورومتريّة).

لكى تكون المقارنة بين الحمض منخفض التركيز (٢٨٪ خامس أكسيد فوسفور) والحمض عالى التركيز (٤٨٪ خامس أكسيد فوسفور) صحيحة، فإن كميات المواد المضافة (فلوريد الأمونيوم والأسيتون) تم حسابها على أساس واحد كيلو جرام من خامس أكسيد الفوسفور، لذلك فإن ١ كيلو جرام أسيتون/ كيلو جرام خامس أكسيد فوسفور حمض سوف يوافق ٢٨ . ٠ كيلو جرام أسيتون/ كيلو جرام حمض في حالة الحمض منخفض المحتوى (٢٨٪ خامس أكسيد فوسفور)، ويوافق ٤٨ . ٠ كيلو جرام أسيتون/ كيلوجرام حمض في حالة الحمض عالى التركيز (٤٨٪ خامس أكسيد فوسفور).

أجريت كل التجارب عند درجة حرارة الغرفة وذلك لارتفاع الحرارة أصلاً الى ٣٥-٤٥°م بسبب حرارة التخفيف^(٥) عند إضافة الأسيتون. في التجارب التى يتم فيها إزالة الكبريتات SO_4^{2-} من حمض الفوسفوريك يضاف الباريوم على هيئة كربونات الباريوم ($BaCO_3$) بنسبة مولية Ba^{2+}/SO_4^{2-} تساوى ١/١ وذلك لتحويل الكبريتات الذائبة إلى كبريتات باريوم غير ذائبة يسهل فصلها بالترشيح. تمت دراسة العوامل المؤثرة (Relevant factors) على فعالية ترسيب اليورانيوم من حمض الفوسفوريك، وتشمل: تأثير المعاملة المسبقة (Pretreatment) قبل الترسيب (اختزال اليورانيوم وإزالة الكبريتات)، تأثير المادة المرسبة (فلوريد الأمونيوم)، تأثير المادة الناشرة (الأسيتون) وأخيراً تأثير عكس ترتيب إضافة المادة المرسبة والمادة الناشرة .

النتائج والمناقشة

تأثير المعاملة المسبقة (إختزال اليورانيوم وإزالة الكبريتات) ،

لدراسة تأثير المعاملة المسبقة (Pretreatment) لمحاليل الحمض المنخفض التركيز (٢٨٪ خامس أكسيد فوسفور) والحمض العالى التركيز (٤٨٪ خامس أكسيد فوسفور) على فعالية ترسيب اليورانيوم، أجريت سلسلتين من تجارب الترسيب . وتشمل المعاملة المسبقة إختزال اليورانيوم السداسى (U^{VI}) إلى الرباعى (U^{IV}) وإزالة الكبريتات SO_4^{2-} . يبين الجدول رقم (٢) النتائج التى تم الحصول عليها.

يتضح من النتائج المبينة فى الجدول السابق أنه فى غياب المادة المرسبة ، فإن إختزال

اليورانسيوم السداسى إلى الرابعى كان ذو تأثير ضعيف على خفض كيميية المادة الناشرة (الأسيتون). في الواقع يعمل الأسيتون (في غياب فلوريد الأمونيوم كمادة مرسبة) كمادة مرسبة لليورانسيوم (Salting-out agent). لوحظ أيضاً أن الحمض منخفض التركيز يحتاج إلى كميات أسيتون أكبر من تلك التى يحتاجها الحمض عالى التركيز. بمقارنة التجريتين الثانية والثالثة فى كل من السلسلتين يبدو واضحاً أن إزالة الكبريتات يودى الى خفض الكميات المطلوبة من المادة الناشرة (والتي تعمل كمسبب لليورانسيوم أيضاً) وبصورة أوضح فى حالة الحمض عالى التركيز. بالنظر إلى التجريتين الأخيرتين من كل من السلسلتين (حيث لم يكن الأسيتون قد أضيف) يبدو واضحاً قلة كميات اليورانسيوم المرسبة بشدة (حتى بزيادة كيميية فلوريد الامونيوم) وهذا التأثير يبدو خطيراً فى حالة الحمض عالى التركيز مما يدل على أهمية إضافة الأسيتون .

تأثير إضافة المادة الناشرة :

لدراسة تأثير إضافة الأسيتون كمادة ناشرة (Dispersing agent) والتي تعتبر مادة مرسبة للأملاح (Salting-out agent) فى نفس الوقت على فعالية ترسيب اليورانسيوم فى غياب فلوريد الأمونيوم (المادة المرسبة)، تم إجراء ٤ سلاسل من التجارب على الحمض منخفض التركيز (٢٨٪ خامس أكسيد فوسفور) والحمض عالى التركيز (٤٨٪ خامس أكسيد فوسفور). تم اختزال اليورانسيوم فى كل التجارب قبل بدء عملية الترسيب . يبين الجدول رقم (٣) النتائج التى تم الحصول عليها.

يتضح من الجدول السابق أنه لكى يتم ترسيب أكثر من ٩٥٪ من اليورانسيوم فإن الحمض المنخفض التركيز يحتاج إلى كميات من الأسيتون أكبر من تلك المطلوبة فى حالة الحمض العالى التركيز. وقد اتضح أيضاً أن إزالة الكبريتات قبل إضافة الأسيتون قد أدى إلى التقليل بشدة لكميات الأسيتون المطلوبة سواء فى حالة الحمض منخفض التركيز أو فى حالة الحمض عالى التركيز.

فى الواقع يمكن إستعمال مواد ناشرة مثل الميثانول (الكحول الميثيلى)، الأيزوبروبانول (الكحول الأيزوبروبيلى)، إلخ ؛ ولكن يفضل الأسيتون عملياً بسبب رخصه ويسبب حرارة تبخيره المنخفضة. ولقد وجد Weterings and Janssen^(٥) أنه عند إضافة كميات كبيرة من فلوريد الامونيوم (NH₄F) لم يلاحظ أى فرق بين الكميات المطلوبة من الأسيتون أو الميثانول ، أما إذا استعملت كميات قليلة من فلوريد الأمونيوم فإن الكميات المطلوبة من الأسيتون لترسيب اليورانسيوم كانت أقل من تلك المطلوبة من الميثانول . وتجدر الإشارة هنا إلى أنه من أسباب تفضيل الأسيتون كمادة ناشرة وجود عيب جوهري فى الميثانول وهو ارتفاع حرارة

التبخير له ؛ وقد قارن المؤلفان السابقتان الأسيستون بمواد ناشرة أخرى مثل : الإثير (ether) الديوكسان (dioxane) ، أسيتونتريل (acetone), بروبانول-2 (propanol-2) وأخيراً بيوتانون (butanone)، وقد أعطت تلك المواد نتائج جيدة ولكن وجد أن الأسيستون يمثل أفضل اختيار وذلك بسبب رخص ثمنه وصغر الكميات المطلوبة منه نسبياً وانخفاض درجة حرارة التبخير له.

تأثير إضافة المادة المرسبة :

لدراسة تأثير إضافة المادة المرسبة (Precipitating agent) فلوريد الأمونيوم على فعالية ترسيب اليورانيوم في غياب الأسيستون (المادة الناشرة) ، فقد تم إجراء ٤ سلاسل من تجارب الترسيب من الحمض منخفض التركيز (٢٨٪ خامس أكسيد فوسفور) والحمض عالي التركيز (٤٨٪ خامس أكسيد فوسفور) . وقد تم إختزال اليورانيوم في المحلول في كل التجارب قبل بدء عملية الترسيب . بين الجدول رقم (٤) النتائج التي تم الحصول عليها .

تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن إزالة الكبريتات من المحلول لم تؤدي إلى تحسن ملحوظ في فعالية ترسيب اليورانيوم بواسطة فلوريد الأمونيوم من كلا الحمضين (المنخفض التركيز والعالي التركيز). وقد اتضح أن هناك علاقة^(٥) بين تركيز الكبريتات في حمض الفوسفوريك وكميات فلوريد الأمونيوم (والأسيستون) المضافة لترسيب اليورانيوم كميّاً (Quantitatively) وهي: كلما كان محتوى الحمض من الكبريتات قليلاً كلما انخفضت كميات فلوريد الأمونيوم (والأسيستون) المطلوبة لتمام ترسيب اليورانيوم. وقد وجد أيضاً أنه لم يتم التوصل إلى الترسيب الكمي لليورانيوم بإضافة فلوريد الأمونيوم وحده (بدون إضافة الأسيستون) ، وفي هذه الحالة يكون ترسيب اليورانيوم المنح نسبياً في حالة الحمض منخفض التركيز عنه في حالة الحمض عالي التركيز . وقد أجريت عدة تجارب مقارنة^(٥) للتأكد من أفضلية فلوريد الأمونيوم عن باقي مركبات الفلورين الأخرى، أو إذا كان استعمال الفلور ضرورياً أصلاً ؛ وقد بينت نتائج تلك الدراسة أن فلوريد الأمونيوم قد أعطى أفضل النتائج من بين المواد المرسبة التي درست وهي حمض الهيدروفلوريك (HF)، فلوريد البوتاسيوم (KF) ، نترات الأمونيوم (NH₄NO₃) وسداسي فلوريد السليكون الصوديومي (Na₂SiF₆).

تأثير عكس ترتيب إضافة المادة الناشرة والمادة المرسبة :

للتعرف على تأثير عكس ترتيب إضافة المادة الناشرة (الأسيستون) والمادة المرسبة (فلوريد الأمونيوم) على فعالية ترسيب اليورانيوم، تم إجراء سلسلتين من التجارب على كلا من الحمضين المنخفض التركيز (٢٨٪ خامس أكسيد فوسفور) والعالي التركيز (٤٨٪ خامس أكسيد فوسفور). في السلسلة الأولى تم إضافة فلوريد الأمونيوم أولاً، بينما أضيف الأسيستون أولاً في السلسلة الثانية، وقد تم تلخيص النتائج التي تم الحصول عليها في الجدولين (٥، أ) ،

(٥، ب).

يتضح من النتائج المدونة فى الجدولين السابقين أن طريقة إمداد المحلول بالمادتين المرسبة والناشرة تعد مهمة جداً، فقد كانت كميات الأسيتون المطلوبة أقل إذا كانت قد أضيفت أولاً، ويبدو ذلك جلياً فى التجريبتين الاخيرتين فى كلا السلسلتين (حيث يستعمل ٦٠ جرام فلوريد أمونيوم/ كيلو جرام خامس أكسيد فوسفور) ففى وجود الكبريتات كانت كمية الأسيتون المطلوبة لترسيب أكثر من ٩٥٪ من اليورانيوم من الحمض منخفض التركيز قد انخفضت من ٥.٢ الى ٠.٥٥ كيلو جرام خامس أكسيد فوسفور حينما أضيف الأسيتون أولاً، فى وجود الكبريتات، وانخفض من ٢.٤ إلى ٠.٥ كيلو جرام/ كيلو جرام خامس أكسيد فوسفور فى غياب الكبريتات. وفى حالة الحمض عالى التركيز وجد أن هذه الكمية قد انخفضت من ١.٣ الى ٠.٦٥ كيلو جرام/ كيلو جرام خامس أكسيد فوسفور فى وجود الكبريتات، وانخفضت من ١.٢ إلى ٠.٦ كيلو جرام/ كيلو جرام خامس أكسيد فوسفور فى غياب الكبريتات؛ كما اتضح أيضاً أن إزالة الكبريتات تعتبر غير ذات أهمية فى خفض كمية الأسيتون المطلوبة عندما يضاف أولاً.

بناء على النتائج والمناقشة السابقة فإن الظروف المثلى (Optimum Conditions) لترسيب أكثر من ٩٥٪ من اليورانيوم من الحمض المختزل به اليورانيوم والمزال منه الكبريتات تستلزم : إضافة ٠.٥ ، ٠.٦ ، ٠.٥ كيلو جرام أسيتون / كيلو جرام خامس أكسيد فوسفور مسبقاً إلى الحمض المنخفض التركيز والعالى التركيز على الترتيب ، ثم يضاف ٦٠ جرام فلوريد أمونيوم / كيلو جرام خامس أكسيد فوسفور لكلا من الحمضين المنخفض التركيز والعالى التركيز.

يحتوى الرايبين الناتجين من كلا من الحمضين المنخفض التركيز والعالى التركيز (على الأساس الجاف) على: ٣.٥ ، ٦.٥ ٪ خامس أكسيد فوسفور ؛ ٠.٢ ، ١٠.٢ ٪ أكسيد كالسيوم ؛ ٠.٦٥ ، ١.٠٧ ٪ سليكا ؛ ٢.٨ ، ٣.٣ ٪ ألومنيوم ؛ ٢.٠ ، ٣.٣ ٪ حديد وأخيراً ٠.٢٤ ، ٠.٤٨ ٪ يورانيوم على الترتيب.

لكى تتم عملية استخلاص اليورانيوم (Uranium Recovery) من الرواسب التى تم الحصول عليها، فقد أذيبت الاخيرة فى حمض الكبريتيك (محلول تركيزة ١ مولر)، ثم يحمل المحلول المحتوى على اليورانيوم على راتنج التبادل اليونى (Amberlite IRA-400). يتم بعد ذلك إزاحة (Elution) اليورانيوم الذى تم إدمصاصه (Adsorbed) من الراتنج بواسطة حمض النيتريك (HNO₃).

تحتوى معظم الصخور الفوسفاتية الرسوبية على حوالى ٠.٣٥ ٪ أكسيد إيتريم (Y₂O₃) وعلى حوالى ٠.٥٥ ٪ أرضيات نادرة كلية (REE's). وقد وجد أن الراسب المحتوى

على الإيتريوم والاراضييات النادرة وعلى الفناديوم^(٥)؛ لذلك فبإضافة الى استخلاص اليورانيوم، يمكن الاستفادة من وجود هذه العناصر أيضاً عند تطبيق طريقة الترسيب المقترحة على حمض الفوسفوريك المنتج فى مصنع حمض الفوسفوريك بأبوزعبل.

لوحة تشغيل مقترحة

تم اقتراح لوحة تشغيل (Flowsheet) إقتصادية لاسترجاع اليورانيوم (Uranium Recovery) من حمضى الفوسفوريك منخفض التركيز (٢٨٪ خامس أكسيد فوسفور) وعالى التركيز (٤٨٪ خامس أكيد فوسفور) المنتجان بمصنع أبو زعبل بطريقة الترسيب بالأسيتون وفلوريد الأمونيوم (شكل رقم ١). على أساس معاملة طن من أياً من الحمضين (منخفض التركيز أو عالى التركيز) يمكن وصف العمليات الأساسية فى لوحة التشغيل المقترحة فى النقاط التالية :

إختزال اليورانيوم : يتم إختزال اليورانيوم السداسى (UVI) الى اليورانيوم الرباعى (UIV) بواسطة ١,٥ كيلو جرام من بودرة الحديد المعدنى لكل من الحمضين المنخفض التركيز والعالى التركيز ؛ زمن التقليب يقل من ٣٠ دقيقة فى حالة الحمض المنخفض التركيز الى ١٥ دقيقة فى حالة الحمض عالى التركيز .

إزالة الكبريتات : لازالة الكبريتات (SO_4^{2-}) من المحلول، يضاف كربونات الباريوم ($BaCO_3$) بنسبة مولية Ba^{2+}/SO_4^{2-} تساوى ١/١ لتكوين كبريتات باريوم غيرذائبة وذلك بإضافة ٣٠٥,١٥٨ كيلو جرام للحمض المنخفض التركيز والحمض عالى التركيز على الترتيب.

إضافة الاسيتون : يضاف أولاً ٥٠٠, ٦٠٠ كيلو جرام من الأسيتون الى الحمض المنخفض التركيز والحمض العالى التركيز على الترتيب .

إضافة فلوريد الأمونيوم : يضاف ٦٠ كيلو جرام من فلوريد الامونيوم (NH_4F) الى كل من الحمضين المنخفض التركيز والعالى التركيز وذلك بعد إضافة الاسيتون .

إسترجاع اليورانيوم بطريقة التبادل الأيونى : يسترجع اليورانيوم (Recovered) من الرواسب الناتجة من عملية الترسيب وذلك بعد فصله من الحمض بالترشيح وإذابته فى محلول ١ مولر من حمض الكبريتيك. بعد إدمصاص اليورانيوم (Adsorption) على راتنج التبادل الأيونى الجبلل الراسخ (Wet Settled Resin, WSR) فإنه يزاح (Eluted) من على الراتنج بواسطة محلول حمض النيستريك ؛ وبذلك يتم الحصول على ركازين يحتويان على ٥٧, ١١٥ جرام من اليورانيوم من الحمض المنخفض التركيز والحمض العالى التركيز على الترتيب.

استرجاع اليورانيوم ، يمكن إسترجاع اليورانيوم (لاستخدامه فى عمليات ترسيب جديدة) يفصله عن المحلول الحمضى المتبقى وذلك بالتبخير عند درجة حرارة أقل من ١٣٠م^(٥).

المراجع

- 1- IAEA-TECDOC-533. "The recovery of uranium from phosphoric acid" A technical document issued by the IAEA, Vienna (1989).
- 2- Altschuler, Z.S., Soc. Paleontologists Mineralogists. 29: 19 (1980a).
- 3- Avital, Y., Starnsky, A. and Kolodny Y., Econ. Geol. Vol. 78: 128 (1983).
- 4- Freman, M.R., Mining, J., Ann. Review, London, 356 (1980)
- 5- Weterings, K. and Janssen, J., Hydrometallurgy, 15: 173 (1985).
- 6- Koenig, H., Fert News, Dec. 71 (1982).
- 7- Lemlich, R., Ind. Engng. Chem., Vol. 60(10): 16(1968).
- 8- Botella, T. and Gasos, P., IAEA-TECDOC-533, Vienna (1989).
- 9- Otero, J., Ph.D. Thesis, Madrid Univ., IAEA-TECDOC- 533, Vienna (1989).
- 10- Jdid, E., Bessiere, J. and Blazy, P., Ind. Miner. Tech., 5, 389: May (1984).

Table (1): Chemical composition (wt.%) of input phosphate ore, low (28% P_2O_5) and high (48% P_2O_5) phosphoric acids of Abu-Zaabal Phosphoric Acid plant, Egypt.

Constituent	Input ore (average)	28% acid	48% acid
SiO ₂	11.30	0.09	0.15
P ₂ O ₅	25.59	27.75	48.40
CaO	46.80	1.22	4.50
Fe ₂ O ₃	0.89	1.07	3.52
Al ₂ O ₃	1.05	0.04	0.16
TiO ₂	0.23	0.05	0.08
MnO	0.06	0.03	0.07
K ₂ O	0.04	0.06	0.12
Na ₂ O	0.04	0.05	0.13
Li ₂ O	0.32	0.01	0.01
SO ₄ ²⁻	0.01	4.68	9.37
Free H ₂ SO ₄	-	3.07	8.52
H ₂ O-	0.70	-	-
Org. Matter	0.40	-	-
Ign. loss	5.54	-	-
Total loss	6.64	-	-
U, ppm	60	60	120

Table (2): Effect of pre-treatment (U reduction and SO²-4 removal) of Abu-Zanhal low (28% P₂O₅) and high (48% P₂O₅) concentration phosphoric acids on U precipitation efficiency.

U reduction	4 removal	28% acid			48% acid				
		gNH ₄ F/ Kg P ₂ O ₅	Kg acetone/ Kg P ₂ O ₅	U ppm.. %	U reduction	SO ² -4 removal	gNH ₄ F/ Kg P ₂ O ₅	Kg acetone/ Kg P ₂ O ₅	U ppm.. %
no	no	--	10.2	95.6	no	no	--	7.2	95.8
yes	no	--	9.5	96.2	yes	no	--	6.8	95.2
yes	yes	--	7.3	96.5	yes	yes	--	6.0	97.0
yes	yes	60	--	84.7	yes	yes	60	--	20.6
yes	yes	120	--	48.7	yes	yes	120	--	25.9

Table (3): Effect of dispersing agent (acetone) on U precipitation efficiency from the U-reduced Abu-Zabal low (28% P₂O₅) and High (48% P₂O₅) concentration phosphoric acids.

Kg acetone/ kg P ₂ O ₅	28% acid		48% acid	
	U ppm., %	Kg acetone/ kg P ₂ O ₅	U ppm., %	Kg acetone/ kg P ₂ O ₅
2.5	27.8	2.5	38.3	2.5
4.5	51.2	4.5	68.9	4.5
6.5	74.5	6.0	91.8	6.0
8.5	93.2	6.5	94.5	6.5
9.5	96.3	7.0	96.5	6.6

Table (4): Effect of precipitating agent (NH₄F) on U precipitation efficiency from the U-reduced Abu-Zabal low (28% P₂O₅) and high (48% P₂O₅) concentration phosphoric acids.

	28% acid		48% acid				
	SO ₄ ²⁻ not removed	SO ₄ ²⁻ removed	SO ₄ ²⁻ not removed	SO ₄ ²⁻ removed			
gNH ₄ F/ kg P ₂ O ₅	U ppm.. %	gNH ₄ F/ kg P ₂ O ₅	U ppm.. %	gNH ₄ F/ kg P ₂ O ₅	U ppm.. %		
30	25.3	30	28.8	30	10.5	30	13.6
60	42.0	60	45.4	60	15.8	60	20.5
100	44.2	100	46.6	100	18.7	100	22.9
120	46.5	120	48.4	120	21.9	120	25.8
180	50.9	180	52.7	180	26.6	180	31.9

Table (5-a): Effect of first addition of the precipitating agent (NH₄F) on U precipitation efficiency from the U-reduced Abu-Zaabal low (28% P₂O₅) and high (48% P₂O₅) concentration phosphoric acids.

	28% acid				48% acid						
	SO ₄ ²⁻ not removed	SO ₄ ²⁻ removed	SO ₄ ²⁻ not removed	SO ₄ ²⁻ removed	SO ₄ ²⁻ not removed	SO ₄ ²⁻ removed	SO ₄ ²⁻ not removed	SO ₄ ²⁻ removed			
gNH ₄ F/ kg P ₂ O ₅	kg acetone/ kg P ₂ O ₅	U pptn.. %	gNH ₄ F/ kg P ₂ O ₅	kg acetone/ kg P ₂ O ₅	U pptn.. %	gNH ₄ F/ kg P ₂ O ₅	kg acetone/ kg P ₂ O ₅	U pptn.. %	gNH ₄ F/ kg P ₂ O ₅	kg acetone/ kg P ₂ O ₅	U pptn.. %
--	9.4	95.0	--	7.0	95.6	--	6.7	95.8	--	6.0	96.0
10	7.5	95.4	10	6.7	95.3	10	5.6	95.6	10	5.2	96.3
30	6.1	95.3	30	3.6	95.4	30	4.2	95.8	30	3.1	96.2
60	5.2	95.1	60	2.4	95.5	60	1.3	95.9	60	1.2	96.1

Table (5-1b): Effect of first addition of the dispersing agent (acetone) on U precipitation efficiency from the U-reduced Abu-Zanbal low (28% P₂O₅) and high (48% P₂O₅) concentration phosphoric acids.

	28% acid		SO ₂ -4 removed		48% acid		SO ₂ -4 removed				
	SO ₂ -4 not removed	SO ₂ -4 removed	SO ₂ -4 not removed	SO ₂ -4 removed	SO ₂ -4 not removed	SO ₂ -4 removed	SO ₂ -4 not removed	SO ₂ -4 removed			
gNH ₄ F/ kg P ₂ O ₅	kg acetone/ kg P ₂ O ₅	U ppm.. %	gNH ₄ F/ kg P ₂ O ₅	kg acetone/ kg P ₂ O ₅	U ppm.. %	gNH ₄ F/ kg P ₂ O ₅	kg acetone/ kg P ₂ O ₅	U ppm.. %	gNH ₄ F/ kg P ₂ O ₅	kg acetone/ kg P ₂ O ₅	U ppm.. %
--	9.40	95.4	--	7.00	95.5	--	6.70	95.5	--	6.00	97.3
10	3.40	95.2	10	3.20	95.4	10	2.60	95.4	10	2.40	96.2
30	1.30	95.0	30	1.10	95.5	30	1.80	95.6	30	1.70	95.9
60	0.55	95.0	60	0.50	95.0	60	0.65	95.8	60	0.60	96.0

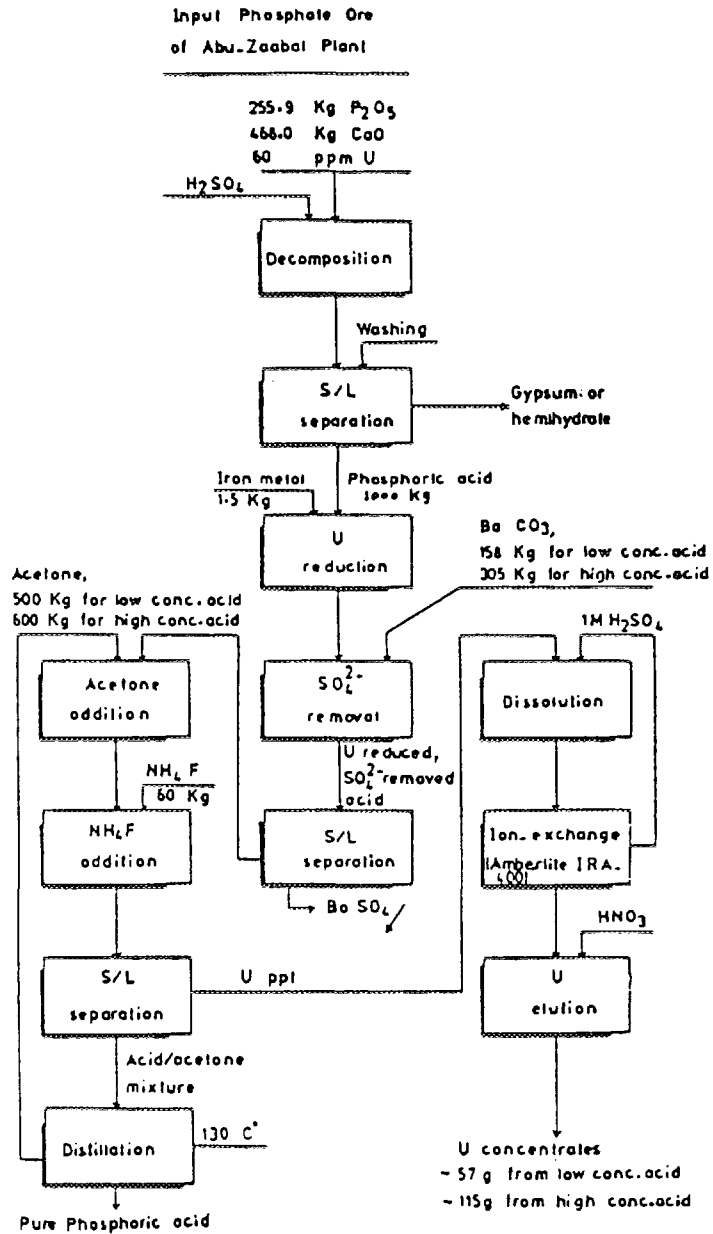


Fig. (1): Suggested flowsheet for U recovery from Abu-Zaabal low (28% P₂O₅) and high (48% P₂O₅) concentration phosphoric acids using acetone-ammonium fluoride precipitation method.

**APPLICATION OF A PRECIPITATION METHOD FOR URANIUM
RECOVERY FROM ABU-ZAABAL PHOSPHORIC ACID PLANT,
EGYPT**

N. M. T. El-Hazek and E. M. Hussein

*(Nuclear Materials Authority, Cairo, Egypt)
Proc. Egypt. Acad. Sci. 45, Jan. pp. 159-173, (1995).*

Abstract

Current industrial recovery of uranium from 30% phosphoric acid-produced by the dihydrate process-is based on solvent extraction method. Uranium recovery from concentrated phosphoric acid (45-52% P_2O_5) produced by evaporation of the 30% acid or directly produced by the hemihydrate process, by solvent extraction is difficult to apply in practice. In addition to possible contamination of the acid by the organic solvents and/or their deterioration.

This paper investigates the possibility of applying a precipitation method (Weterings and Janssen, 1985) for uranium recovery from both low (28% P_2O_5) and high (48% P_2O_5) concentration phosphoric acids produced by Abu-Zaabal Phosphoric Acid Plant (Abu-Zaabal Fertilizers and Chemicals Co., Egypt). The 28% acid produced by H_2SO_4 dihydrate method and the 48% acid produced by evaporation of the 28% acid.

The applied precipitation method depends on using NH_4F as a uranium precipitant from both low and high concentration phosphoric acids in presence of acetone as a dispersing agent. All the relevant factors have been studied.

On the basis of treatment of one ton of low and high concentration phosphoric acids, an economic flowsheet for uranium recovery has been suggested.

**NEXT PAGE(S)
left BLANK**