

SEPARAÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO(VI) EM ÓXIDO DE TITÂNIO(IV) MODIFICADO COM SILICATO.

Alcídio Abrão, Fátima Maria S.de Carvalho, Pedro P.C.O.Röhl e Luciano F.Gomes
Comissão Nacional de Energia Nuclear/SP
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares(IPEN)
Caixa Postal 11049-Pinheiros 055422-970-São Paulo -SP - Brasil.

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho o comportamento de um trocador inorgânico eficiente para a retenção de urânio(VI) de água do mar e efluentes de usinas do ciclo do combustível nuclear, baseado no uso de óxido de titânio comercial (pó), após granulação, apenas com o uso de água ou modificado com silicato de sódio e tratamento térmico controlado. Este tratamento melhora a propriedade trocadora do óxido de titânio e possibilita obter o trocador em forma granular para o trabalho em coluna. Fez-se a separação de urânio a partir de soluções de baixa concentração com o auxílio do mencionado trocador, permitindo sua recuperação em efluentes vários, como o filtrado de diuranato de amônio. O trocador permite ainda a separação de urânio em soluções de elevada concentração salina (como p.ex. água do mar e soluções de salinidade semelhante). Para uma solução constituída por água do mar à qual se adicionou massa conhecida do urânio e ácido para acidificar levemente o meio, o trocador remove o U(VI), o qual fica retido no topo da coluna, cromatografado como uma zona amarela típica. Neste caso elui-se facilmente o urânio com carbonato de sódio.

I. INTRODUÇÃO

Nas décadas de 60 a 80 foi enorme o esforço de vários países na busca de materiais absorvedores de urânio para o seu aproveitamento da água do mar, na qual existe em concentrações muito baixas, da ordem de $3,3\mu\text{L}^{-1}$ [1]. Estudou-se a potencialidade de várias resinas iônicas micro- e macroreticulares para esta finalidade [2-5]. Uma resina promissora foi usada por Deaborn and Milward [6] consistindo no produto de condensação de formaldeído e ácido resorcinol arsônico. Embora tenham sido experimentadas várias resinas, algumas com bons resultados, nenhuma atingiu o desempenho como aquela contendo os grupamentos do ácido resorcinol-arsônico $[\text{AsO}(\text{Ona})_2]$, com a qual se conseguiu fixar $1010\mu\text{g U/g}$ de resina [6]. Contudo esta resina sofreu perda de capacidade com o uso, devido a um lento ataque hidrolítico. Sintetizaram-se resinas quelantes do tipo poli(acrilamido)oxima usando-se vários copolímeros de acrilonitrila e agentes de cruzamento [7]. Egawa e Harada [8] usaram uma resina sintetizada a partir de acrilonitrila com divinilbenzeno e hidroxilamina, produzindo uma resina quelante com boa seletividade para urânio em meio carbonato (água do mar).

Experimentaram-se vários materiais inorgânicos, dos quais se destacaram carbonato básico de zinco, hidróxido de titânio e compostos de chumbo. Porém, estes

materiais são instáveis na água do mar ou na presença de carbonato de sódio usado como eluente, sendo solubilizados [6]. Fizeram-se experimentos, também, com alguns tipos de óxido hidroso de titânio (OHT) que apresentaram, especialmente, sucesso na fixação direta do urânio da água do mar, tendo sido escolhido preferencialmente por países como Japão, Alemanha, Estados Unidos, Itália, Inglaterra e Suécia. Uma fonte de informações sobre o assunto encontra-se nas referências [9,10]. Um dos trabalhos pioneiros sobre esta retenção foi relatado por Davies et ali [6].

Óxido hidroso de titânio (OHT) é reconhecidamente o material de excelência para a retenção do urânio da água do mar. Pode ser produzido a baixo custo a partir dos minérios de titânio, como a ilmenita. Apresenta bom desempenho tanto na fixação como na eluição do urânio. Ele é um material amorfo cujas propriedades dependem do método de preparação [11]. Duas formas foram identificadas como orto e meta. A forma orto, completamente hidratada, é obtida à temperatura ambiente. A forma meta é apenas parcialmente hidratada e obtida após longo repouso ao ar e temperatura ambiente ou mesmo por aquecimento. Embora não se possam detectar diferenças apreciáveis na fixação total do urânio a partir da água do mar, as duas formas exibem consideráveis diferenças na velocidade de retenção. Pode-se obter o hidróxido de titânio por

precipitação com hidróxido de sódio ou de amônio, neste último caso resultando um produto considerado mais ativo. O hidróxido de titânio pode ser considerado insolúvel na água do mar. Não se observaram alterações na capacidade de retenção do urânio pelo hidróxido de titânio após prolongado contato com a água do mar ou após eluição do urânio com carbonato de sódio.

Kanno [12] relata expectativas de custos, aspectos de engenharia e projeto para instalações de grande porte para a fixação de urânio da água do mar, usando-se $\text{TiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ como o trocador. Este material teve a preferência, quando comparado com processos de coprecipitação, adsorção por leitos orgânicos, flotação, extração por solventes e processos biológicos.

Estudaram-se outros óxidos inorgânicos para se conhecer a viabilidade da retenção de urânio. Entre eles estão SnO_2 [13] e MnO_2 . Vesely e Pekarek [14] relataram que o íon uranilo (UO_2^{2+}) é fortemente fixado pelo dióxido de estanho. Materiais compósitos obtidos por tratamento térmico de misturas de óxidos, como p.ex. SnO_2 e SiO_2 também têm sido estudados como trocadores inorgânicos. Como exemplo tem-se o compósito HSnSiO , considerado um trocador catiônico melhor que o dióxido de estanho puro [15-17]. Răutiu e White [13] estudaram a sorção de Cs^+ , Sr^{2+} , Co^{2+} , Eu^{3+} e RuNO^{3+} neste tipo de trocadores inorgânicos e usaram ácido nítrico e EDTA como eluentes para os mesmos cátions.

Tsuji e Abe [18] também relataram a adsorção de alguns elementos tóxicos e halogênios, na forma de seus ânions, em óxido de titânio amorfo. Indicaram a seguinte seqüência de seletividade: $\text{ClO}_3^- < \text{BrO}_3^- < \text{IO}_3^- < \text{SeO}_3^{2-} < \text{TeO}_3^{2-}$, $\text{As}(\text{OH})_4^-$. Neste caso prepara-se o óxido de titânio amorfo (OTA) pela hidrólise de TiCl_4 e precipitação com NaOH como descrito em trabalhos anteriores [19,20]. O material assim obtido tem a composição $\text{TiO}_2 \cdot 1,91 \text{H}_2\text{O}$ e por calcinação a 700°C vai a TiO_2 .

Desenvolveu-se o presente trabalho tendo como objetivo principal a ser atingido a separação, concentração e reaproveitamento de urânio em concentrações baixas, especialmente nos filtrados dos diuranatos de amônio. Este produto é intermediário na produção dos demais compostos de urânio no ciclo do combustível, como o dióxido, o trióxido, o octóxido, o tetrafluoreto e o hexafluoreto. No filtrado do diuranato de amônio o urânio está numa concentração variando de 5 a 20 mg/L, i.e., muito acima do urânio na água do mar e abaixo das concentrações do urânio em soluções de nitrato e acetato estudadas por Lieser et al. [21]. Tinha-se também em mente o uso de um trocador de baixo custo, de fácil disponibilidade ou síntese exequível nas condições locais. Fez-se a escolha do óxido de titânio (TiO_2), comercial, em pó, adquirido facilmente no comércio local.

A manipulação deste material e sua transformação num trocador de boas perspectivas para o uso em colunas, na sorção do urânio a partir dos filtrados

do diuranato de amônio e da água do mar, e os resultados alcançados serão aqui descritos.

II. PARTE EXPERIMENTAL

Materiais e reagentes

1. Óxido de titânio

Produto de grau comercial, na forma de pó, usado como recebido.

1a. TiO_2 granulado.

Obteve-se o óxido de titânio na forma granulada preparando-se uma pasta do óxido com água e extrudando-se manualmente numa seringa sobre uma superfície plana. Secaram-se os filetes assim obtidos a 110°C por várias horas e depois cominuiu-se em grãos para dimensões médias de 1mm de diâmetro x 1mm de espessura. Depois de seco, calcinou-se este material em temperaturas variando de 300 a 800°C .

1b. TiO_2 -Silicato de sódio.

Preparou-se um segundo tipo de material absorvedor a partir do mesmo dióxido de titânio em pó fazendo-se uma pasta com solução de metassilicato de sódio. Fez-se a extrusão, secagem e calcinação.

2. Filtrado do diuranato de amônio

Este filtrado é proveniente da operação de precipitação do diuranato de amônio a partir de uma solução de nitrato de uranilo pela reação com amônia (NH_3). Esta solução é levemente alcalina e contém 80 a 90 g.L^{-1} em nitrato. Para o trabalho de retenção do urânio em colunas de óxido de titânio acidificou-se este filtrado até pH 5,0-5,5

3. Colunas

Trabalhou-se usando-se várias colunas de vidro, de dimensões 1,1 cm diâmetro interno e 23 cm de altura. Colocou-se o trocador inorgânico (3 g, altura do leito 6,0 cm) na coluna com o auxílio de água. O material da coluna sofreu o seguinte tipo de tratamento antes da percolação da solução de urânio: a) percolação de HNO_3 0,1M até efluente ácido. b) lavagem com água até solução de lavagem com pH 6,0.

Controle analítico

a) Identificação rápida de urânio(VI) com ferrocianeto

Pode-se usar a formação do hexacianoferrato(II) de urânio(VI) para a identificação do urânio. Para o procedimento adiciona-se uma gota de analito sobre o papel de filtro e em seguida uma gota de hexacianoferrato(II) de potássio. A sensibilidade para o íon uranilo, em papel, é de $0,9 \mu\text{g U}$, numa concentração limite de 20mg.L^{-1} [22]. Cobre(II) e molibdênio(VI) seriam as interferências sérias. Porém, como se trabalhou com soluções de urânio totalmente isentas destes dois

elementos, não houve preocupação com a identificação do urânio na presença destes elementos.

b) Identificação rápida de urânio(VI) por fluorescência: Pérola carbonato-fluoreto.

Este ensaio qualitativo baseia-se na observação da fluorescência do urânio ao incidir a radiação ultravioleta, segundo Feigl [22]. É um método rápido, muito sensível e de fácil execução. Usou-se neste trabalho para o acompanhamento dos experimentos, detectando-se o urânio nos efluentes, lavagem e eluidos das colunas. Prepara-se o fluxo sólido misturando-se 4,55 g de carbonato de sódio, 4,55 g de carbonato de potássio e 0,90 g de fluoreto de amônio. Esta mistura deve ser bem homogeneizada para utilização. Guarda-se em frasco seco e fechado. Prepara-se a pérola em um fio de platina, previamente limpo em ácido clorídrico 1,0 mol.L⁻¹, pela adição do fluxo levemente umedecido na ponta do fio, fundindo-o com a ajuda de um bico de Bunsen, na chama oxidante. Esfria-se, umedece-se a pérola com a solução analito e funde-se novamente. Após o resfriamento observa-se a pérola sob luz ultravioleta, identificando-se o urânio pela sua fluorescência amarelo-esverdeada. Usou-se uma lâmpada ultra-violeta HGV-124W, instalada numa caixa escura. Este teste é muito seguro e de fácil execução.

c) Determinação do urânio

Fez-se a determinação espectrofotométrica do urânio evaporando-se as soluções próximo à secura e retomando-se em água destilada. Transfere-se quantitativamente a um balão de 50mL, onde se adicionam 2mL de NaOH 10%, 10 mL de Na₂CO₃ 10% e 4mL de H₂O₂ 3%. Completa-se o volume com água destilada. Realizaram-se as medidas em um espectrofotômetro CARY 1E, UV-Visível, da Varian Associates.

Procedimento para a carga de urânio na coluna de óxido de titânio

Fez-se o condicionamento com 100 mL de HNO₃ 0,1M e em seguida com H₂O até que o efluente tenha pH=6,0. Fez-se a percolação da solução de U(VI) com pH entre 5,0-5,5 na coluna de dimensões já mencionadas, com vazão de 1mL.min⁻¹. Retiraram-se amostras a cada 25 mL do efluente. Nestas amostras mediu-se o pH e fez-se o teste para a detecção do urânio. Em casos positivos fez-se a análise do urânio pelo método espectrofotométrico acima indicado. A eluição do urânio foi feita com HNO₃ 0,1M. Para o eluido recolheram-se as amostras a cada 2mL.

O experimento pode mesmo ser acompanhado pela observação da formação de anel amarelo do urânio no material trocador.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Trabalhando-se com soluções de urânio(VI) em pH 5,0-5,5, consegue-se reter o urânio de volumes relativamente grandes de solução, tanto em óxido de titânio como naquele modificado com silicato e calcinados a 300°C. É possível se aproximar de uma retenção de 0,1 mM de U por g de TiO₂. Observou-se que quanto maior a concentração do urânio na solução de carga, mais elevado é o pH do efluente, o qual atinge valores entre 6 e 7, para soluções influentes de pH 5,0-5,5.

A capacidade prática do trocador usado nestes experimentos foi de 21,0 a 23,4 mg U/g de TiO₂ seco, i.e., aprox. 0,09 mmol U/g de TiO₂, suficiente para o tratamento da água do mar e dos filtrados de DUA.

Como no caso da alumina e do dióxido de estanho, o óxido de titânio amorfo se comporta como um trocador anfotérico, trocando cátions em pH mais elevado e trocando ânions em pH mais baixo. Pode-se simplificar o esquema de dissociação deste trocador:



Representa-se o processo de troca iônica da seguinte forma:

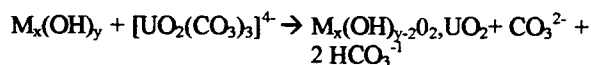


Já se comprovou que a fixação do urânio(VI) no óxido de titânio se dá na superfície do adsorvedor, i.e., o urânio praticamente não difunde para o interior do grão do trocador. O processo de fixação do urânio da água do mar envolve as fases de sorção (carga) e eluição. Esta é feita preferencialmente com solução de carbonato de amônio. Do eluido se reaproveita o carbonato de amônio por tratamento com vapor, resultando um resíduo sólido do qual o urânio é finalmente aproveitado.

Sabe-se que o urânio na água do mar está na forma oxidada e complexada pelos íons carbonato, existindo como o complexo [UO₂(CO₃)₃]⁴⁺, conhecimento este estabelecido por Harwell, Inglaterra [6], por pesquisadores russos [11] e japoneses [12]. Interessante notar que com o OTH consegue-se retirar o urânio da água do mar em condições de baixíssimas concentrações de U(VI), fortemente complexado pelos íons carbonato (constante de estabilidade de 2x10¹⁸) e na presença de altas concentrações salinas (0,6M em eletrólitos), como é a água do mar.

O urânio encontrado nos filtrados do diuranato de sódio e de amônio é devido à dissolução parcial do precipitado pela ação complexante do carbonato formado pela absorção de CO₂.

Propõe-se como um dos mecanismos para a fixação do urânio a partir de seu complexo com carbonato a seguinte equação:



Isto é, pelo mecanismo de retenção do íon urânio no óxido hidroso de titânio são liberados um ânion carbonato e dois hidrogenocarbonato.

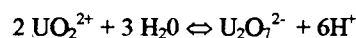
Como esperado, conseguiu-se reter o urânio de soluções sintéticas contendo U(VI) de pH 5,0-5,5, acertado com carbonato de sódio, numa coluna de óxido de titânio preparado a partir de um produto comercial encontrado no mercado nacional. Prepararam-se dois tipos de material granulado a partir deste óxido. Em um deles fez-se simplesmente o empastamento do óxido com água, extrudado com o auxílio de uma seringa, secado a 110°C e depois calcinado a 300°C, temperatura considerada adequada aos nossos propósitos. Empastou-se o outro com solução de metassilicato de sódio, o qual foi secado e calcinado como o primeiro trocador.

Notaram-se diferenças com o uso do TiO₂-silicato. Mesmo após a lavagem da coluna com água, ao se percolar a solução de urânio o anel que se forma no topo da coluna é muito mais intensamente amarelo. Este anel amarelo, neste caso, se forma também pela precipitação do urânio nos grãos do trocador, que pode fornecer mais OH⁻ do que o TiO₂ simplesmente empastado com água.

As eluições com ácido nítrico podem ser completadas com cerca de quatro volumes-leito indicando a facilidade na concentração do urânio.

Dado o interesse de remover, concentrar e recuperar pequenas quantidades de urânio em grandes volumes de soluções, especialmente nos filtrados do diuranato de amônio, um produto intermediário do ciclo do combustível no IPEN, os resultados são animadores. Embora se tenham usado, inicialmente, soluções sintéticas, os primeiros resultados com a solução de nitrato de amônio (filtrado alcalino do DUA) com pH 8-9 e reacertado para 5,0-5,5 indicaram que se pode trabalhar com êxito para o objetivo procurado.

Lieser, Loc e Quandt [21] estudaram também o uso de dióxido de titânio hidratado para a retenção de urânio (VI) em meio nitrato e acetato. Concluíram os autores que apenas uma pequena fração do urânio era retida na forma de espécies aniônicas, o restante sendo fixado como espécies neutras. Estes autores trabalharam com soluções 10⁻³M em urânio e pH 5 na solução de carga. Nestas condições admitem a formação de espécies catiônicas, como UO₂(OH)⁺ e (UO₂)₂(OH)₂²⁺, pela hidrólise do urânio, formando-se também espécies poliméricas. Espécies aniônicas do tipo U₂O₇²⁻ também se formam pela hidrólise:



Quando esta pesquisa já estava em curso foi publicado um trabalho sobre um trocador à base de titanossilicato, de estequiometria H₂Ti₂O₃(SiO₄) [23] usado como trocador para a retenção de Cs⁺. Este trocador, de natureza cristalina, é sintetizado a partir de mistura de isopropóxido de titânio e tetraetilortossilicato, adicionada a uma solução NaOH 6M, sob agitação. O material é tratado depois a 170°C durante 8 dias. Com este material os autores determinaram os coeficientes de distribuição para os cátions Li⁺, K⁺, Rb⁺, Cs⁺, Sr²⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ e Ba²⁺. Tais elementos ainda não foram estudados com o trocador de óxido de titânio-silicato feito por nós, para que se tivessem condições de comparação.

IV. CONCLUSÃO

Os resultados até aqui alcançados com o uso de óxido de titânio hidratado e com o óxido de titânio modificado com silicato de sódio são auspiciosos para a retenção de baixos teores em soluções do tipo filtrado de diuranatos com o pH abaixado para 5,0-5,5. Comprovou-se a retenção quantitativa fazendo-se o ensaio do urânio no efluente por fluorescência, como descrito em b). Contudo, ainda não se tem uma certeza de qual dos dois trocadores é melhor. Em condições de resultados semelhantes dar-se-á preferência ao óxido de titânio hidratado preparado como já descrito, sem a adição de silicato, uma vez que com apenas empastamento com água seguida de secagem conseguiu-se um material granulado de boa qualidade. Este material retém urânio(VI), permitindo percolação com vazões relativamente altas e não oferece dificuldades para a eluição do urânio. Esta pode ser feita com ácido nítrico, com carbonato de sódio ou com carbonato de amônio. Demonstrou-se neste trabalho que se fazendo a eluição com HNO₃ 0,1M a desorção do urânio foi completa com quatro volumes-leito de ácido.

Continuam-se desenvolvendo estudos para a otimização destes dois trocadores, visando-se o tratamento de águas, rejeitos e efluentes industriais, tanto na retenção de cátions como de ânions.

V. REFERÊNCIAS

- [1] Wilson, J.D., Webster, R.K., Milner, G.W.C., Barnett, G.A. and Smales, A.A, *Anal.Chim.Acta* 23, 505, 1960
- [2] F.Best and M.Driscoll, Eds., *Proc. Topl.Mrg.Recovery of Uranium from Seawater*. MIT-EL.80-031, Massachusetts Institute of Tehnology Energy Lab., Dec.1980.

- [3] J.Bitte, M.Fremery, and H.Bals, **On the UEB concept of uranium extraction from seawater**, Proc.Topl.Mtg.Recovery of Uranium from Seawater, MIT-EL.80-031, Massachusetts Institute of Technology Energy Lab., Dec 1980.
- [4] Michael R.Rodman, Lewis I.Gordon, Arthur C.T.Chen, Stephen E.Binney, and Milton H.Campbell. **Extraction of uranium from seawater; evaluation of uranium resources and plant siting**, GJBX-35(79), Vol.I, also as XN-RT-14, Vol.I, Feb 1979.
- [5] M.H.Campbell, J.M.Frame, N.D.Dudey, G.R. Kiel, V.Mesec, F.W.Woodfield, S.E.Binney, M.R.Jante, C.R.Anderson, and G.T.Clark. **Extraction of Uranium from Seawater: Chemical Process and Plant Design Feasibility Study**, GJX-36(79), Vol.I, and as XN-RT-15, vol.I and OSU-NE-7901, vol.I, Feb.1979.
- [6] Davies, R.V., Kennedy, J., McLroy, R.W. and Spence, R., *Nature* 203, 1110-1115, Sept.12, 1964.
- [7] Sugasaka, K.; Katoh, S.; Takai, N; Takahshi, H.; Umezawa, Y. *Separation Science and Technology*, 16(9) 971-985, 1981.
- [8] Egawa, H.; Harada, H., *Nippon Kagaku Kaishi (J.Chem.Soc.Japan)*, 958, 1979.
- [9] Arthur C.-T Chen, Louis Igordon, Michael R.Rodman, Stephen E.Binney, and Milton H.Campbell, **Selected Bibliography for the extraction of Uranium from Seawater: Evaluation of Uranium Resources and Plant Siting**. GJBX-35(79), Vol.II; also as Xn-RT-14, Vol.II, Feb.1979.
- [10] Stephen E.Binney, Steven T.Pookinghorne, MA.Rita R.Jante, Michael R.Rodman, Arthur C.T.-Chen, Louis I.Gordon, and Milton H.Campbell, **Selected Bibliography for the Extraction of Uranium from Seawater: Chemical Process and Plant Design Feasibility Study**, GJBX-36(79), Vol.II, also as XN-RT-15, Vol.II and OSU-NE-7901, Vol.II, Feb.1979.
- [11] Starik, I.E., and Kolyardin, L.B., *Geokhimiya*, 3, 204, 1957.
- [12] Kanno, M. **Design and Cost Studies on the Extraction of Uranium from Seawater; Separation Science and Technology**, 16 (9), 999-1018, 1981.
- [13] Răutiu, R. e White, D.A.; *Solvent Extraction and Ion Exchange*, 14(4), 721-738, 1996.
- [14] Vesely, V. and Pekarek, V., *Talanta*, 19, 219, 1972.
- [15] Ogata, N., *Nippon Kaisui Gakkai-Shi (Bull.Soc.Sea Water Sci., Japan)* 24, 197, 1971.
- [16] Kaneko, S. and Tsukamoto, K.; *Chemistry Letters*, 1425, 1983
- [17] Yamazaki, H.; Inuoe, Y.; Kikuchi, N. and Kurihara, H.; *Bull.Chem.Soc.Japan*, 64 (2), 566, 1991
- [18] Tsuji, M.; Abe, M., *J. Radioanal. Nucl. Chem. Article*, 149, n°1, 109-118, 1991
- [19] Inoue, Y., Tsuji, M., *Bull.Chem.Soc.Japan*, 49, 111, 1976
- [20] Abe, M., Tsuji, M., Qureshi, S.P., Uchikoshi, H., *Chromatographia*, 13, 626, 1980.
- [21] Lieser, K.H.; Loc, I.; Quandt, S., *Radiochimica Acta* 23, 133-136, 1976.
- [22] Feigl, F., **Spot Tests in Inorganic Analysis**, New York, Interscience Publishers, 1957.
- [23] Bortun, Anatoly I., Bortun, Lyudmila N. and Clearfield, Abraham; **Solvent Extraction and Ion Exchange**, 14(2), 341-354, 1996.

ABSTRACT

Uptake of uranium(VI) with titanium dioxide modified with sodium silicate

This work reports the behavior of an efficient inorganic ion exchanger for the uptake of uranium(VI) from seawater and effluents from uranium fuel cycle plants. This absorber is prepared using a commercial powder titanium dioxide that was pasted with water or modified with sodium silicate, dried and calcined. This treatment has the benefit of enhancing the ion exchange ability of the titanium dioxide and allows to obtain the granulated absorber suitable for the work as a column bed. Uranium was recovered from solution of low concentration with the mentioned sorber, enabling the recovery of uranium from waste solution like the ammonium diuranate filtrate. This exchanger allows also the separation of uranium from solutions of high salt concentration, as for instance seawater and solutions of equivalent or higher salinity. In a test using seawater spiked with uranyl nitrate and adjusted its pH to be slightly acidic, the exchanger promoted very successfully the recovery of U(VI), which was concentrated on the column top, as a typical chromatographic yellow zone. Uranium was eluted with sodium carbonate or dilute nitric acid solution.