

О.В. Перлова, А.А. Ширькалова

**ФЛОТОЭКСТРАКЦИОННОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ U(VI)
С ПОМОЩЬЮ ТОНКОЭМУЛЬГИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ
ТРИАЛКИЛАМИНА В УАЙТ-СПИРИТЕ**

Установлена целесообразность и высокая эффективность использования тонкоэмульгированных растворов триалкиламина в уайт-спирите в качестве флотационных собирателей U(VI) при флотоэкстракционном выделении его из нитратных, сульфатных и карбонатных растворов. Определены оптимальные условия проведения процесса (рН, расход собирателя, продолжительность флотации) и в зависимости от ионного состава раствора и рН среды предложен его механизм.

В связи с перспективой развития уранодобывающей промышленности Украины [1] актуальной становится проблема разработки эффективных и доступных методов выделения небольших количеств урана из больших объемов растворов различного ионного состава, образующихся при добыче и гидрометаллургической переработке урановых руд [2]. Кроме того, сточные воды, содержащие уран, отличаются высокой химической токсичностью (ПДК урана в воде открытых водоемов – 0,05 мг/дм³ [3]), поэтому перед сбросом в открытые водоемы они должны быть тщательно очищены.

Основные методы выделения урана из разбавленных водных растворов – это сорбция, экстракция и ионный обмен [4, 5]. Однако следует отметить, что наиболее эффективным методом выделения урана из разбавленных водных растворов является ионная флотация, отличающаяся экономичностью, простотой и высокой производительностью, особенно при переработке обедненных растворов. К числу недостатков ионной флотации следует отнести частое загрязнение пенного продукта очищаемым раствором и содержащимися в нем примесями. При этом ионная флотация диаметрально противоположна экстракции, главным достоинством которой [6] является получение чистых конечных продуктов, а недостатком – малая эффективность при переработке разбавленных растворов из-за повышения потерь экстрагентов. Флотоэкстракция [7] является комбинацией ионной флотации и жидкостной экстракции и сочетает в себе положительные стороны обоих методов.

Цель данной работы – изучение закономерностей процесса флотоэкстракционного выделения U(VI) из его нитратных, сульфатных и карбонатных растворов с помощью тонкоэмульгированных растворов триалкиламина (ТАА) в уайт-спирите.

Методика эксперимента. Объектами исследования служили нитратные, сульфатные и карбонатные растворы U(VI), приготовленные из химически чистой соли $UO_2(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ и содержащие 50 мг ($2,1 \cdot 10^{-4}$ моль) металла в 1 дм³. Концентрация нитрат-, сульфат- и бикарбонат-ионов в растворах – 0,02 моль/ дм³. При выборе основных объектов исследования перечисленных выше растворов мы исходили из того, что с подобными растворами часто приходится сталкиваться при технологических растворах и сточных вод уранодобывающей промышленности [2, 4, 8] после сернокислотного или содового выщелачивания урановых руд, а также после экстракционного извлечения урана из осветленных растворов. Концентрация анионов в растворах варьируется в широких пределах (в зависимости от состава урановой руды и технологической схемы ее переработки): от 0,001 до 0,1 и в среднем составляет 0,02 моль/ дм³.

В качестве собирателя использовали 0,1 %-ный раствор ТАА в уайт-спирите. ТАА представляет собой [9] технический продукт, являющийся смесью третичных, вторичных и первичных алифатических аминов, содержащих в алкильной цепи 7 – 9 атомов углерода. Массовая доля указанных алифатических аминов составляет соответственно 70, 25 и 5%. Уайт-спирит является фракцией бензина прямой перегонки [10 – 12], причем органические кислоты, основную массу которых составляют нафтенновые кислоты и фенолы, в небольшом количестве всегда присутствуют в уайт-спирите. При длительном хранении их содержание увеличивается в результате окисления уайт-спирита.

Кислотность используемого в работе уайт-спирита составляет 0,8 мг КОН/100 см³. Она была определена в [11] титрованием горячей (после кипячения) смеси равных количеств уайт-спирита и 96% этанола 0,0085 М раствором гидроксида калия,.

Собиратель вводили в растворы U (VI) в количествах, соответствующих мольным соотношениям ТАА : U от 0,1 : 1 до 2,5 : 1. После введения собирателя в растворы U (VI) системы подвергали ультразвуковому диспергированию (эмульгированию) с помощью ультразвукового диспергатора УЗДН-2Т с частотой стриктора 44 кГц в течение 15 мин. После эмульгирования устанавливали необходимое значение pH с помощью 0,1 М растворов азотной, серной и соляной кислот соответственно для нитратных, сульфатных и карбонатных растворов урана, а также с помощью 0,1 М растворов гидроксида калия.

Значения pH эмульсий измеряли иономером универсальным ЭВ-74 со стеклянным электродом.

Флотационную обработку образовавшихся эмульсий осуществляли путем пропускания через раствор диспергированного пористым материалом воздуха на установке для флотации, которая представляла собой стеклянную колонку высотой 110, диаметром 30 мм. Дном колонки и одновременно диспергатором воздуха служила стеклянная пористая пластинка (фильтр Шотта № 4). Объем эмульсии, заливаемой в колонку, равнялся 50 см³; продолжительность флотации – 15 мин. Воздух в колонку подавали снизу через пористую пластинку со скоростью 25 см³/мин. Опыты проводили при комнатной температуре. Эмульсии в процессе флотации периодически анализировали на содержание в них U(VI). Анализ осуществляли фотоколориметрически с использованием в качестве реагента арсеназо III [13]. Об эффективности процесса флотации судили по степени извлечения урана, %:

$$\alpha = \frac{C_p^0 - C_p}{C_p^0} \cdot 100, \quad (1)$$

где C_p^0 и C_p – концентрация U(VI) в эмульсии (растворе) соответственно до и после флотации.

Радиус капель эмульсий измеряли с помощью оптического микроскопа, снабженного сеткой Горяева [14]. Электрокинетический ξ -потенциал капель эмульсий определяли микроэлектрофоретически [14].

Установлено, что при эмульгировании собирателя в нитратных и карбонатных растворах U(VI) образовывались полидисперсные эмульсии, в которых наиболее часто встречались капли с радиусом 1,0 – 1,3 мкм (рис. 1). Напротив, в случае сульфатных растворов U(VI) образовывались монодисперсные эмульсии с радиусом капель, близким к 5 мкм. Полученные эмульсии были концентрированными [14] (концентрация дисперсной фазы – 0,19 – 7,6 объем. %), отличались высокой устойчивостью и не расслаивались в течение 1 – 10 сут. Устойчивость эмульсий определялась природой аниона: наиболее устойчивыми являлись эмульсии, полученные в нитратных растворах U(VI), а наименее – в карбонатных растворах.

Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования показали, что тонкоэмульгированные растворы ТАА в уайт-спирите могут быть использованы в качестве эффективных флотоэкстракционных собирателей U(VI) из нитратных, сульфатных и карбонатных растворов (рис. 2 – 4).

Максимальная степень флотационного выделения урана из нитратных растворов (95%) имеет место в интервале значений pH 5,5 – 6, из сульфатных (95 – 100%) – в интервале 6 – 11, а из исходных карбонатных

(75 – 78%) – в интервале 2 – 4. Во всех случаях максимальная степень выделения урана наблюдалась при значениях pH, близких к изоэлектрическому состоянию капель эмульсий, содержащих уран (см. рис. 2).

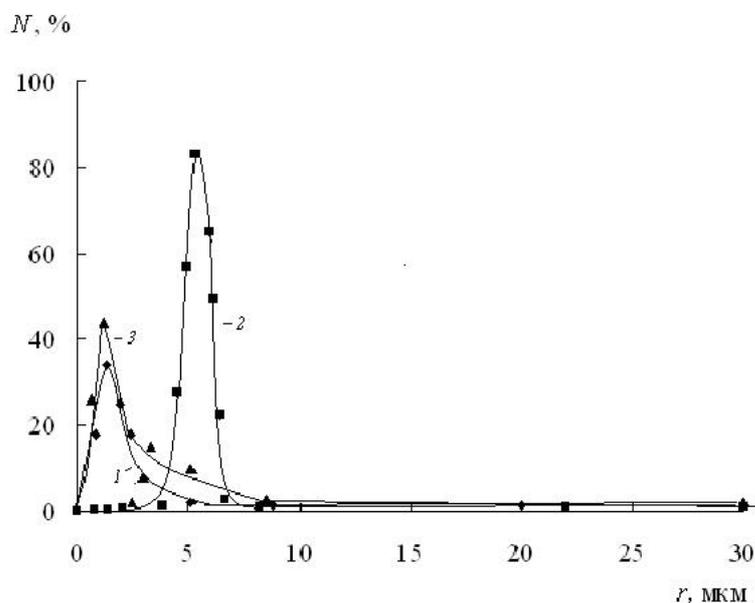


Рис. 1. Распределение частиц (N) по размерам дисперсной фазы эмульсий, содержащих уран, в нитратных (1), сульфатных (2) и карбонатных (3) растворах U(VI)

Для установления механизма флотоэкстракционного выделения урана из различных сред были рассчитаны [15, 16] формы нахождения урана в нитратных, сульфатных и карбонатных растворах в интервале pH 1 – 11 (табл. 1) с учетом одновременного протекания реакций комплексообразования и гидролиза. При этом были использованы приведенные в указанной таблице ступенчатые константы гидролиза (K_1) уранил-иона [17], константы нестойкости [18] нитратных, сульфатных и карбонатных комплексов уранила, а также ступенчатые константы диссоциации [18] угольной кислоты ($K_{H_2CO_3} = 3,3 \cdot 10^{-7}$; $K_{HCO_3^-} = 5,0 \cdot 10^{-11}$). Расчеты выполнены для исходной концентрации урана $2,1 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³ и исходной концентрации анионов 0,02 моль/дм³.

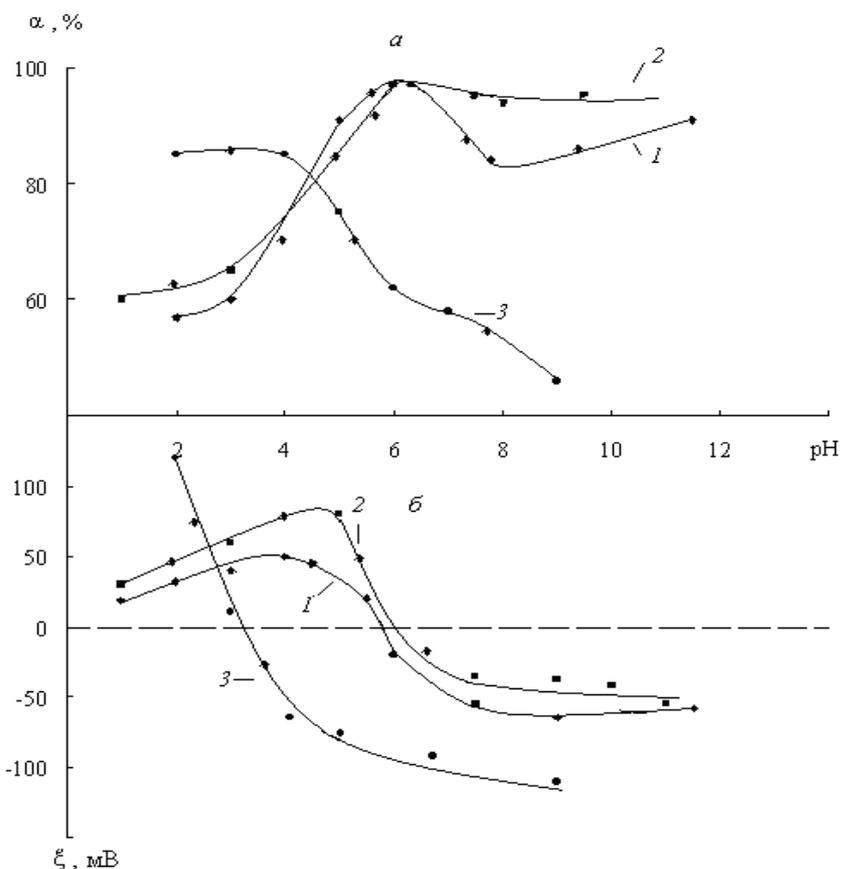


Рис. 2. Влияние pH среды на степень флотоэкстракционного выделения U(VI) (а) из его нитратных (1), сульфатных (2) и карбонатных (3) растворов, а также на ξ -потенциал частиц дисперсной фазы эмульсий, содержащих уран (б). Мольное соотношение компонентов ТАА:U = 1:1

С учетом форм нахождения U(VI) в нитратных растворах можно утверждать, что в случае выделения U(VI) из нитратных растворов при pH 2 – 6 происходит в основном катионообменная экстракция ионов UO_2^{2+} и $UO_2(OH)^+$ с нафтеновыми кислотами $RCOOH$ (где R – гидрофобная часть ряда циклопентана и циклогексана), входящими в состав уайт-спирита:

при pH 2 – 5



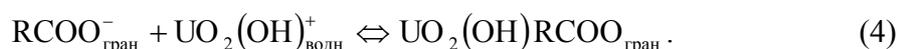
при pH 3 – 7



Таблица 1. Содержание (%) различных форм нахождения U (VI) в нитратных, сульфатных и карбонатных растворах в зависимости от pH

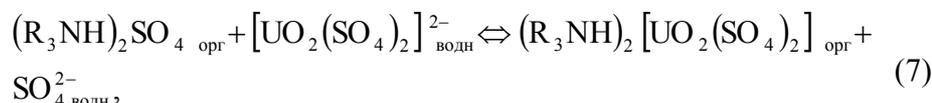
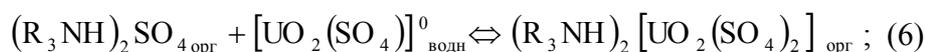
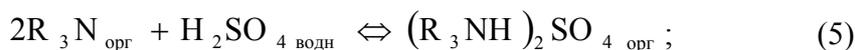
Форма нахождения U(VI)	Константы гидролиза; константы нестойкости комплексов	pH										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Концентрация U(VI), %										
		Нитратные растворы										
UO ₂ ²⁺	-	99,0	98,9	98,0	90,0	48,2	5,8	0,1	-	-	-	-
[UO ₂ OH] ⁺	K _{н1} = 10 ⁻⁵	-	0,1	1,0	9,0	48,2	57,8	13,8	1,6	0,2	-	-
UO ₂ (OH) ₂	K _{н2} = 6,61·10 ⁻⁷	-	-	-	0,1	3,1	36,4	86,1	98,4	99,8	100	100
[UO ₂ NO ₃] ⁺	K ₁ = 2	1,0	1,0	1,0	0,9	0,5	-	-	-	-	-	-
		Сульфатные растворы										
UO ₂ ²⁺	-	46,3	46,3	-	44,2	30,9	5,5	0,1	-	-	-	-
[UO ₂ OH] ⁺	K _{н1} = 10 ⁻⁵	-	-	-	4,5	31,1	54,0	13,7	1,6	0,2	-	-
UO ₂ (OH) ₂	K _{н2} = 6,61·10 ⁻⁷	-	-	-	-	2,0	34,1	86,1	98,4	99,8	100	100
[UO ₂ (SO ₄)]	K ₁ = 5,00·10 ⁻²	46,3	46,3	-	44,2	30,9	5,5	0,1	-	-	-	-
[UO ₂ (SO ₄) ₂] ²⁻	K _{1,2} = 2,86·10 ⁻³	6,5	6,5	-	6,2	4,5	0,8	-	-	-	-	-
[UO ₂ (SO ₄) ₃] ⁴⁻	K _{1,2,3} = 4,00·10 ⁻⁴	0,9	0,9	-	0,9	0,6	0,1	-	-	-	-	-

В интервале рН 5 – 7, в котором существует достаточное количество ионизированных групп RCOO^- , возможно образование труднорастворимых продуктов на поверхности капель эмульсии (граница раздела фаз жидкость – жидкость):



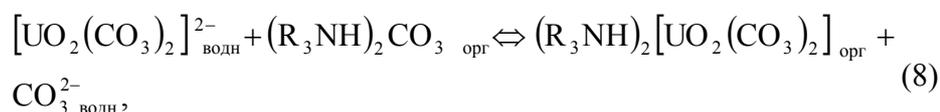
Флотационное выделение гидроксида уранила (рН>5) возможно в результате его взаимодействия с карбоксильными группами нафтеновых кислот, а в сильнощелочных средах (рН 11) – также и с аминогруппами ТАА вследствие образования донорно-акцепторных и водородных связей между полярными группами ПАВ и $\text{UO}_2(\text{OH})_2$ [19].

В случае выделения U (VI) из сульфатных растворов, вероятно, имеет место как анионообменная экстракция сульфатных комплексов уранила (см. табл. 1) с сульфатами ТАА [20] в интервале рН 1 – 5

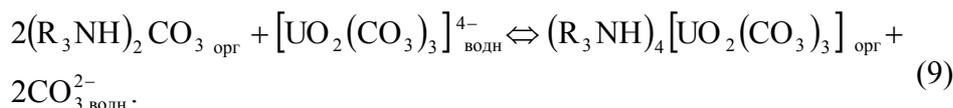


так и катионообменная экстракция ионов UO_2^{2+} и $\text{UO}_2(\text{OH})^+$ (рН 1 – 6) с нафтеновыми кислотами, входящими в состав уайт-спирита, по уравнениям (2) и (3). В интервале значений рН сульфатных растворов 6 – 11 уран, как и в случае нитратных растворов, выделяется в форме гидроксида уранила.

Учитывая формы нахождения U(VI) в карбонатных растворах (см. табл. 1), можно полагать, что из растворов с рН 2 – 5 уран извлекается в виде UO_2^{2+} по механизму, описываемому уравнением (2); из растворов с рН 4 – 5 в виде UO_2^{2+} и $\text{UO}_2(\text{OH})^+$ – по механизмам (2) и (3); из растворов с рН 6 – 9 – по механизму



а из растворов с $\text{pH} \geq 8$ – по механизму



Сопоставление предложенного механизма процесса и степени флотоэкстракционного выделения U(VI) из различных сред хорошо согласуется с данными [21] о том, что экстракционная способность солей третичных аминов по отношению к высокозарядным ионам значительно ниже, чем по отношению к однозарядным ионам, и не противоречит результатам опытов о влиянии значения pH среды на ξ -потенциал капель эмульсий, содержащих уран.

Эффективность флотоэкстракционного выделения урана из нитратных растворов незначительно зависит от расхода ТАА (рис. 3), причем эмульгированный уайт-спирит даже в отсутствие ТАА обладает собирательным действием по отношению к урану при данных условиях опытов (степень флотоэкстракционного выделения U(VI) с помощью эмульгированного уайт-спирита – 76 %). При проведении аналогичного опыта с чистым углеводородом (пентадеканом) извлечение урана отсутствует. Это подтверждает собирательную способность присутствующих в уайт-спирите примесей ПАВ (в частности, нафтеновых кислот) по отношению к частицам, содержащим уран. Поэтому уайт-спирит можно использовать не только в качестве растворителя ТАА, но и в качестве аполярного собирателя при флотоэкстракционном выделении U(VI). Использование эмульсий ТАА в уайт-спирите, содержащих все возрастающие количества ТАА (от 0,025 до 2 моль на 1 моль урана), приводит к увеличению степени флотоэкстракционного выделения урана от 76 до 92 – 97 % (см. рис. 3). При выделении U(VI) из сульфатных и карбонатных растворов для достижения максимальной степени извлечения необходимо ввести 1 моль ТАА на 1 моль урана.

Для объяснения полученных результатов была рассчитана доля поверхности капель эмульсий, которая может быть занята аминогруппами ТАА при введении 0,5; 1 и 2 моль ТАА на 1 моль урана при условии, что весь введенный ТАА концентрируется на поверхности капли, т.е. на границе раздела фаз жидкость – жидкость (табл. 2). Из указанной таблицы видно, что всего 7 – 40% поверхности капель эмульсий может быть покрыта аминогруппами ТАА. Кроме того, необходимо учитывать роль уайт-спирита в данном процессе. С одной стороны, он выполняет функцию растворителя (разбавителя) ТАА, а с другой – аполярного флотационного собирателя [22], содержащего в виде примесей [10 – 12] нафтеновые кислоты, способные реагировать с компонентами раствора.

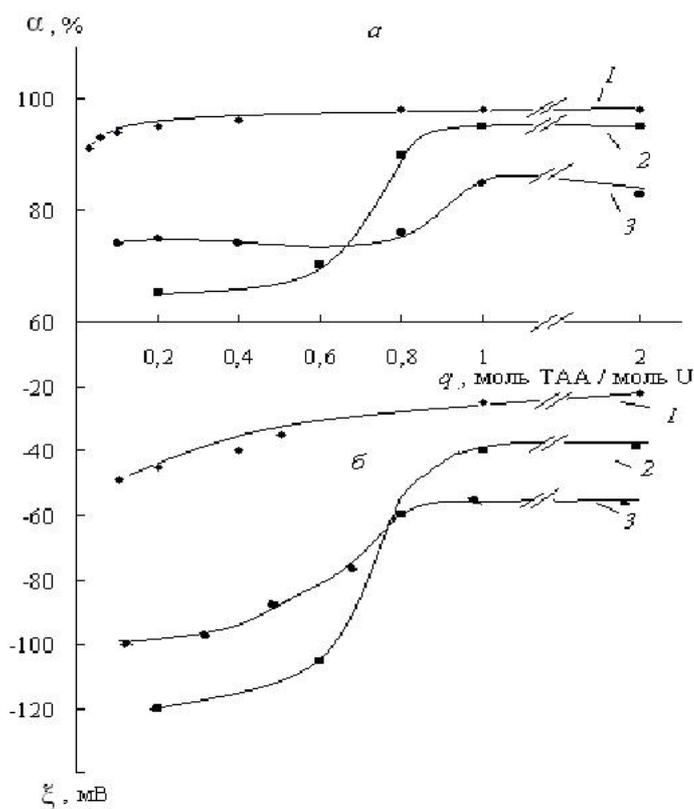


Рис. 3. Влияние количества ТАА (q), введенного в нитратный (1), сульфатный (2), карбонатный (3) растворы урана, на степень флотэкстракционного выделения $U(VI)$ (а) и ξ - потенциал частиц дисперсной фазы эмульсий, содержащих уран (б). Значения рН эмульсий: 6 (1), 8 (2) и 4 (3)

Использование аполярного собирателя позволяет уменьшить время прилипания капли эмульсии к пузырьку воздуха, избежать излишнего пенообразования и улучшить структуру флотационной пены; аполярные собиратели оказывают флокулирующее действие на тонкодисперсные частицы.

Роль ТАА сводится к нейтрализации отрицательного ξ - потенциала капель эмульсий уайт-спирита, повышению устойчивости эмульсий, а также к взаимодействию его аминогрупп с анионными комплексами уранила. При увеличении количества вводимого ТАА отрицательный ξ - потенциал капель эмульсий уменьшается (см. рис. 3), что объясняется ростом количества положительно заряженных аминогрупп, адсорбированных на поверхности капель эмульсий (см. табл. 2). Это приводит к снижению электростатического барьера отталкивания, возникающего между пузырьками воздуха и каплями эмульсии в процессе флотации.

Таблица 2. Доля поверхности капель эмульсии, покрытых аминокруппами ТАА

Анион	Радиус капли эмульсии, м	Площадь поверхности капель эмульсии, м ²	Число капель эмульсии в 100 см ³ эмульсии	Кол-во ТАА		Доля ТАА, адсорби- рованного на поверхности капель эмульсии (от возможного), %		
				адсорбированного на поверхности капель эмульсии, моль	введенного в 100 см ³ раствора урана, моль ТАА/моль U(VI)			
NO ₃ ⁻	1,3·10 ⁻⁶	5,3·10 ⁻¹²	4,0·10 ¹¹	0,5	1,0	0,5	1,0	2,0
SO ₄ ²⁻	5,0·10 ⁻⁶	7,9·10 ⁻¹¹	1,2·10 ¹⁰	2,3·10 ⁻⁴	2·10 ⁻⁵	4,6	9,2	18,4
CO ₃ ²⁻	1,0·10 ⁻⁶	3,1·10 ⁻¹²	8,8·10 ¹¹	1,0·10 ⁻⁴	2·10 ⁻⁵	10,0	20,0	40,0
				3,0·10 ⁻⁴	2·10 ⁻⁵	3,3	6,7	13,4

Кинетика процесса флотационного выделения U(VI), собранного с помощью тонкоэмульгированных растворов ТАА в уайт-спирите, зависит от природы анионов (NO_3^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-}), присутствующих в растворе, и от значения рН среды, но мало зависит от количества ТАА, введенного в раствор, содержащий уран (рис. 4, табл. 3).

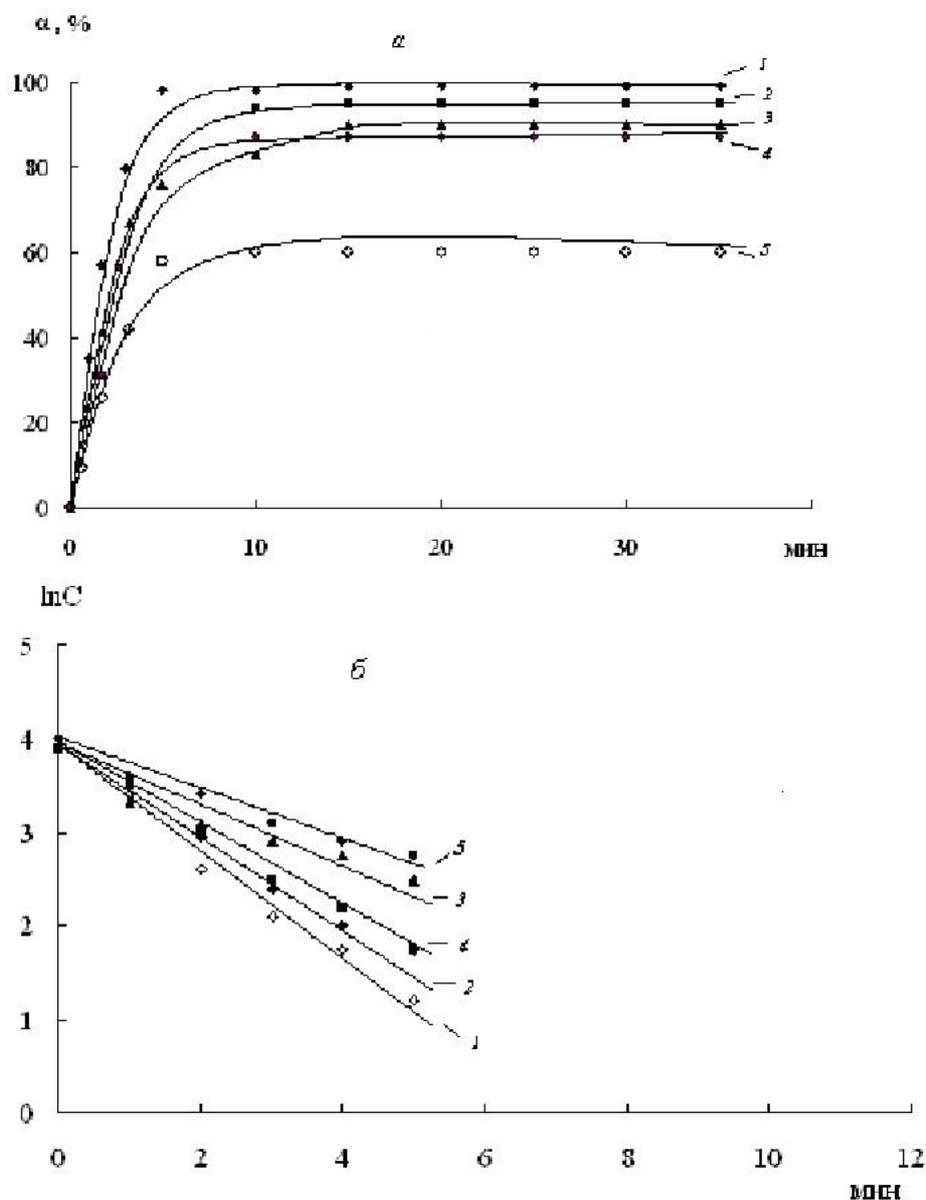


Рис. 4. Влияние продолжительности флотоэкстракции нитратных (1–3), сульфатных (4) и карбонатных (5) растворов U(VI) на степень флотоэкстракционного выделения U(VI) (а) и величину $\ln C$ (б). Мольное соотношение компонентов ТАА:U — 1:1 (1, 4, 5); 0,1:1 (2). Значения рН эмульсий: 6 (1, 2, 4, 5), 4 (3)

Время, необходимое для достижения максимальной (при данных условиях опытов) степени флотоэкстракционного выделения урана, составляет 10 – 20 мин (см. рис. 4).

Таблица 3. Значения констант скорости (K) процесса флотоэкстракционного выделения урана, собранного с помощью тонкоэмульгированных растворов ТАА в уайт-спирите

Характеристика водной фазы		Мольное соотношение ТАА:U	K, мин ⁻¹
Анион	pH		
NO ₃ ⁻	6	1:1	0,56
SO ₄ ²⁻	6	1:1	0,27
CO ₃ ²⁻	6	1:1	0,18
NO ₃ ⁻	4	1:1	0,21
NO ₃ ⁻	6	1:1	0,56
NO ₃ ⁻	6	0,1:1	0,48
NO ₃ ⁻	6	1:1	0,56

Кинетика процесса во всех случаях описывается уравнением, аналогичным уравнению реакции первого порядка:

$$\ln C = \ln C_0 - K \cdot t, \quad (10)$$

где C и C_0 – концентрация (моль/дм³) урана в эмульсии (растворе) соответственно в начальный момент времени и в момент времени t .

Значения констант скорости процесса, найденные путем графического решения (см. рис. 4) уравнения (10), приведены в табл. 3, из которой следует, что максимальная скорость имеет место в случае флотоэкстракционного выделения урана из нитратных растворов с pH 6 при введении 1 моль ТАА на 1 моль урана.

При флотоэкстракционном выделении урана с помощью тонкоэмульгированных растворов ТАА в уайт-спирите лимитирующими стадиями процесса являются стадии диффузии капель эмульсий к поверхности пузырьков воздуха и адсорбции капель эмульсии на границе раздела фаз жидкость – газ, поэтому изучаемый процесс описывается кинетическим уравнением первого порядка (10).

Выводы. Таким образом, экспериментально показана принципиальная возможность и высокая эффективность использования тонкоэмульгированных растворов ТАА в уайт-спирите в качестве флотоэкстракционных собирателей U(VI) из его разбавленных нитратных, сульфатных и карбонатных растворов. Определены оптимальные условия изученного процесса (табл. 4).

Таблица 4. Оптимальные условия флотоэкстракционного выделения урана из нитратных, сульфатных и карбонатных растворов

Показатель	Растворы урана		
	нитратные	сульфатные	карбонатные
рН эмульсий	5,5 – 6	6 – 10	2 – 4
Доза ТАА, моль ТАА на 1 моль урана	0,2 – 2	1 – 2	1 – 2
Продолжительность флотоэкстракции, мин	5 – 10	10	15

Использование тонкоэмульгированных растворов ТАА в уайт-спирите в качестве флотоэкстракционных собирателей урана по сравнению с индивидуальными катионными ПАВ – хлоридами первичных и вторичных алифатических аминов, солями алкилпиридиния [23] позволяет уменьшить расход собирателя, расширить область оптимальных значений рН, улучшить кинетические характеристики процесса. Существенным является также и то, что используемые ТАА и уайт-спирит являются доступными реагентами, стоимость которых значительно ниже, чем индивидуальных ПАВ.

Резюме. Встановлено доцільність та високу ефективність використання тонкоемувльгованих розчинів триалкіламіну в уайт-спириті в якості флотаційних збирачів U (VI) при флотоекстракційному вилученні його із нітратних, сульфатних та карбонатних розчинів. Визначено оптимальні умови проведення процесу (рН, витрата збирача, тривалість флотації), запропоновано його механізм в залежності від йонного складу розчину та рН середовища.

U(VI) FLOTATION EXTRACTION ISOLATION BY THIN-EMULSIFIED SOLUTIONS OF THE TRIALKYLAMINE IN WHITE SPIRIT

Summary

Purposefulness and high efficiency of the trialkylamine in white spirit thin-emulsified solutions as flotation collectors of U(VI) from their diluted nitrate, sulphate and carbonate solutions using has been found. Optimal conditions (pH, the collector charge, flotation time) of the flotation process realization have been determined experimentally. The mechanism of the U(VI) flotation extraction isolation depending on the solution ionic contents and pH has been offered.

1. *Бабак М.И.* // Атомна енергетика та пром-сть України. – 1999. – №2. – С. 11 – 14.
2. *Гидрометаллургическая переработка уранорудного сырья* / Под ред. Д.И. Скороварова. – М.: Атомиздат, 1979. – 280 с.
3. *Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе и в воде.* – Л.: Химия, 1975. – 456 с.
4. *Громов В.В.* Введение в химическую технологию урана. – М.: Атомиздат, 1978. – 336 с.
5. *Накипелов В.В., Чернов А.Г.* // Атомная энергия. – 1990. – 68, №4. – С.227 – 229.
6. *Основы жидкостной экстракции* / Под ред. Г.А. Ягодина. – М.: Химия, 1981. – 400 с.
7. *Гольман А.М.* Ионная флотация. – М.: Недра, 1982. – 144 с.
8. *Мосинец В.Н., Авдеев О.К., Мельниченко В.М.* Безотходная технология добычи радиоактивных руд. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 258 с.
9. *Поверхностно-активные вещества: Справочник* / Под ред. А.А. Абрамзона, Г.М. Гаевого. – Л.: Химия, 1979. – 376 с.
10. *Товарные нефтепродукты, свойства и применение: Справочник* / Под ред. В.М. Школьникова. – М.: Химия, 1978. – 472 с.
11. *Дринберг С.А., Ицко Э.Ф.* Растворители для лакокрасочных материалов: Справ. пособие. – Л.: Химия, 1986. – 208 с.
12. *Итинская Н.И., Кузнецов Н.А.* Топливо, масла и технические жидкости. – М.: Агропромиздат, 1989. – 304 с.
13. *Марков В.К., Верный Е.А., Виноградов А.В.* Уран: Методы его определения. – М.: Атомиздат, 1964. – 503 с.
14. *Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии* / Под ред. Ю.Г. Фролова, А.С. Гродского. – М.: Химия, 1986. – 216 с.
15. *Скопенко В.В., Григорьева В.В.* Координационная химия. – Киев: Вища школа, 1984. – 232 с.

16. *Гольман А.М., Кузькин С.Ф.* // Физико-технические проблемы обогащения полезных ископаемых. – М., 1975. – С. 78 – 84.
17. *Назаренко В.А., Антонович В.П., Невская Е.М.* Гидролиз ионов металлов в разбавленных растворах. – М.: Атомиздат, 1979. – 192 с.
18. *Лурье Ю.Ю.* Справочник по аналитической химии. – М.: Химия, 1989. – 448 с.
19. *Perlova O.V., Sazonova V.F., Shirykalova A.A.* // Theoretical and Experimental Studies of Interfacial Phenomena and Their Technological Application / Collection of abstracts (Lublin, Poland, September, 15 – 18, 2003).– Lublin, 2003. – P. 176 – 178.
20. *Справочник по геотехнологии урана / Под ред. Д.И.Скороварова.* – М.: Энергоатомиздат, 1997. – 672 с.
21. *Шевчук И.А.* Экстракция органическими основаниями. – Киев: Вища школа, 1978. – 170 с.
22. *Хан Г.А., Габриелова Л.И., Власова Н.С.* Флотационные реагенты и их применение. – М.: Недра, 1986. – 271 с.
23. *Менчук В.В.* // Дис. ... канд. хим. наук. – Одесса, 1983. – 161 с.

Нац.ун-т им. И.И.Мечникова;
Гос. мед. ун-т им. Н.И. Пирогова,
г. Одесса, Украина

Поступила 04.06.07