

Погрешность (%) различных приближенных методов расчета критического размера одномерной пластины без отражателя

C	Метод условного разделения переменных			P ₁	P ₅	S ₂	S ₈
	K = 1	K = 2	K = 4				
2,0	-6,3	-1,4	-0,03	45,9	9,9	31,8	0,93
1,8	-4,4	-0,69	+0,05	39,7	6,9	26,7	0,57
1,6	-2,2	+0,30	+0,13	32,7	4,2	21,0	0,5
1,4	-0,26	+0,20	+0,18	24,8	2,1	14,8	0,23

На рисунке показано угловое распределение на краю пластины (выходящее излучение) $\varphi(a, \mu)$, найденное из функции $u(x, \mu)$. Результаты, полученные методом условного разделения переменных при $K = 4$ и $I = 1$ сравниваются с данными работы [3].

Из опыта расчетов, а также из физических соображений ясно, что точность метода разделения переменных заметно улучшается только в том случае, если разбиение диапазона изменения переменной x ($I > 1$) проводится вблизи границ зон с различными физическими свойствами.

В заключение отметим, что реализация описанного метода на электронно-вычислительных машинах возможна даже на базе программ расчета реакторов в диффузионном приближении.

Поступило в Редакцию 17/III 1965 г.
В окончательной редакции 20/IX 1965 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Хромов и др. В сб. «Некоторые вопросы физики и техники реакторов». М., Атомиздат, 1965 г.
2. В. С. Владимиров. «Изв. АН СССР. Сер. математ.», 21 (1957).
3. G. Metsis. Nucl. Sci. and Engng, 17, 55 (1963).

УДК 661.879:167.2

Определение урана (VI) в карбонатных растворах по поглощению в коротковолновой ультрафиолетовой области спектра

Г. С. Добролюбская

Спектры поглощения ураниловых растворов возникают при длине волны λ , равной ~ 500 мкм, и простираются в ультрафиолетовую область [1, 2]; начиная с 330 мкм наблюдается непрерывное поглощение. Спектры поглощения в видимой области характеризуются полосатой структурой.

В ряде работ (например, [3—8]) были разработаны методы определения урана (VI), основанные на измерении поглощения ураниловых растворов в видимой области спектра. Позже для спектрофотометрических определений урана (VI) в растворах была использована и ультрафиолетовая область спектра. Описан метод определения урана (VI) [9], в котором используется поглощение уранилтрибутилфосфатного комплекса при 250 мкм; детально разработан метод определения урана (VI) в концентрированной соляной кислоте по поглощению уранилхлоридного комплекса при 246 мкм [10]; известны и другие методы.

Задачей настоящей работы являлось выяснение характера спектра поглощения урана (VI) в карбонатных растворах в коротковолновой ультрафиолетовой области спектра с целью количественного определения урана в этих растворах, содержащих примеси дибутилфосфата (ДБФ), трибутилфосфата (ТБФ) и сивитина.

Растворы такого состава, согласно литературным данным [11—13], образуются при отделении урана и плутония от продуктов деления, когда применяют экстракцию ТБФ (ДБФ в данном случае образуется вследствие радиационного разложения ТБФ).

Исходные растворы готовились следующим образом: 1 г стружки с содержанием урана 99,7% при нагревании растворяли в азотной кислоте, раствор упаривали почти досуха и полученный уранилнитрат

растворяли в воде. Этот раствор содержал 1 г/л урана. Путем разбавления были приготовлены растворы с меньшими концентрациями урана: 0,2; 0,25; 0,5 и 0,75 г/л.

Соду (марки ч. д. а.) вводили в раствор в сухом виде; концентрация соды изменялась от 0 до 50 г/л. Спектры поглощения растворов были измерены в интервале длин волн 205—340 мкм на автоматическом спектрофотометре фирмы «Хитачи» (Япония) в кварцевых кюветках (с толщиной слоя раствора 0,1 и 0,05 мм) по отношению к воде. На рис. 1 приведены спектры поглощения двух растворов: уранилнитрата с концентрацией урана 0,2 г/л и урана (VI) в карбонатном растворе с концентрацией урана 0,2 г/л и концентрацией соды 50 г/л (толщина слоя 0,1 мм).

В измеренном интервале длин волн в спектрах поглощения ураниловых растворов наблюдается только одна полоса с максимумом ~ 213 мкм и отсутствует структура, характерная для спектров поглощения тех же растворов в видимой области спектра. Необходимо также отметить резкое возрастание поглощения ураниловых растворов в коротковолновой ультрафиолетовой области спектра по сравнению с видимой областью. Молярный коэффициент погашения урана (VI) в карбонатном растворе при 213 мкм ϵ_{213} составляет $\sim 72\ 000$, в то время как для видимой области спектра при 449 мкм (главный максимум поглощения в этой области [7]) ϵ_{449} соответствует ~ 48 (поглощение при 449 мкм было измерено на том же спектрофотометре, применялась стеклянная кювета, толщина слоя 5 см).

Высокое значение молярного коэффициента погашения в данном случае позволяет разработать метод количественного определения урана (VI) в карбонатных растворах.

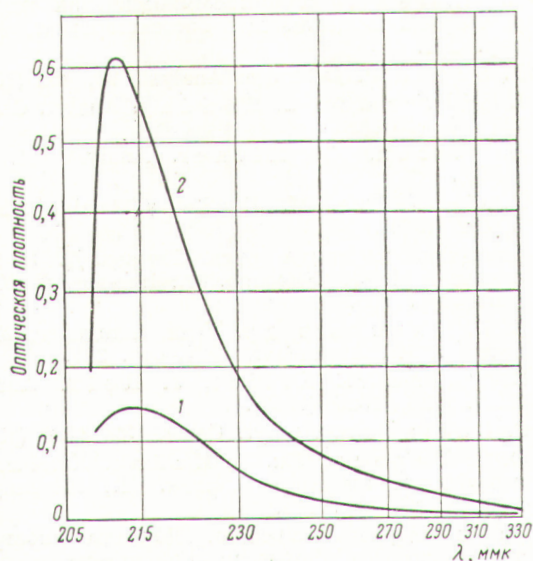


Рис. 1. Спектры поглощения растворов: 1 — уранилнитрат; 2 — уран (VI) в растворе карбоната натрия.

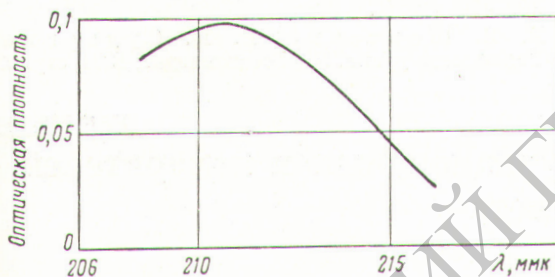


Рис. 2. Спектр поглощения раствора соды.

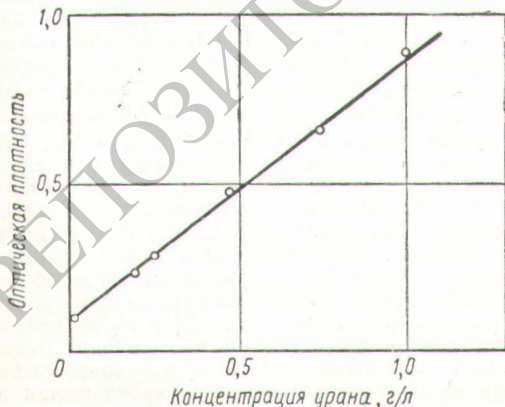


Рис. 3. Градуировочный график для определения урана (VI) в карбонатных растворах.

На рис. 2 показан спектр поглощения раствора соды, не содержащего урана, с концентрацией 20 г/л; толщина слоя раствора 0,05 мм. В этом случае для спектра поглощения также характерна одна широкая полоса. Установлено, что в измеренном интервале концентраций (0—30 г/л Na_2CO_3) оптическая плотность возрастает пропорционально концентрации (измерения проводились при длине волны 213 м.м.). Для раствора с концентрацией урана 1 г/л поправка на поглощение, вносимая при изменении содержания соды в растворе от 10 до 30 г/л, составляет ± 5 отн. %.

На рис. 3 представлен градуировочный график для определения урана (VI) в карбонатных растворах по поглощению уранилкарбонатного комплекса при 213 м.м. (концентрация соды в растворе 20 г/л; толщина слоя 0,05 мм). В измеренном интервале концентраций урана в растворе (0—1 г/л) наблюдается пропорциональная зависимость между оптической плотностью и концентрацией урана.

Результаты измерений поглощения урана (VI) в карбонатных растворах при 213 м.м. были использованы для определения урана в искусственно приготовленных карбонатных растворах, содержащих примеси ДБФ, ТБФ и синтина. При изучении влияния добавок ДБФ на поглощение уранилкарбонатного комплекса в коротковолновой ультрафиолетовой области установлено, что при добавлении к карбонатным растворам урана небольших количеств ДБФ (300—400 мг/л) поглощение в этой спектральной области незначительно уменьшается. Такое же снижение оптической плотности было отмечено ранее [14] при добавлении ДБФ к растворам уранилнитрата.

Для выяснения влияния добавок ТБФ (растворенного в синтине) на поглощение уранилкарбонатного комплекса использовались растворы, содержащие 1 г/л урана, 20 г/л Na_2CO_3 , 300 мг/л ДБФ; эти составы были насыщены раствором ТБФ в синтине (20% ТБФ и 80% синтина, причем ни ТБФ, ни синтин специальной очистке не подвергались). На рис. 4 показано влияние добавок раствора ТБФ в синтине на поглощение уранилкарбонатного комплекса (толщина слоя 0,05 мм). Оптическая плотность уранилкарбонатных растворов, насыщенных раствором ТБФ в синтине, при 213 м.м. на 15—17% больше, чем ненасыщенных, что в основном обусловлено поглощением синтина.

Согласно литературным данным [15] растворимость смеси ТБФ — синтин в карбонатных растворах урана невелика, однако при определении урана по поглощению уранилкарбонатного комплекса ее необходимо учитывать. Поправка на поглощение, обусловленная присутствием органической фазы в контролируемом рас-

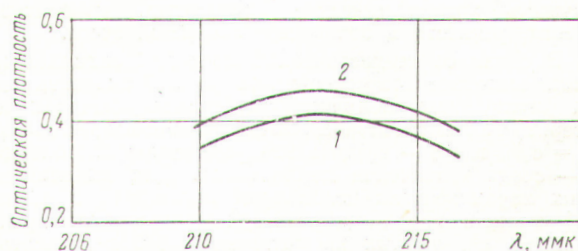


Рис. 4. Влияние добавок раствора ТБФ в синтине на поглощение уранилкарбонатного комплекса:

1 — концентрация урана в растворе 1 г/л, концентрация соды 20 г/л, ДБФ—30 мг/л; 2 — тот же состав при насыщении раствором ТБФ в синтине.

творе, должна быть постоянной (при постоянном отношении ТБФ к синтине и при одной и той же температуре), и ее можно исключить путем построения калибровочных графиков по растворам, предварительно насыщенным раствором ТБФ в синтине.

Вследствие большого различия значений молярных коэффициентов погашения урана (VI) в карбонатных растворах при 213 и 449 мкм чувствительность спектрофотометрических определений урана (VI) по поглощению в коротковолновой ультрафиолетовой области спектра должна быть значительно выше чувствительности определений по поглощению в видимой области спектра.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В рассмотренном интервале длин волн (205—340 мкм) спектр поглощения урана в карбонатных растворах характеризуется одной широкой полосой с максимумом 213 мкм.

2. Полученные результаты могут быть использованы для количественного определения урана (VI) в карбонатных растворах, содержащих примеси ДБФ, ТБФ и синтина (метод основан на измерении поглощения при 213 мкм).

Автор выражает глубокую благодарность младшему научному сотруднику Г. Д. Ядун за измерение спектров поглощения.

Поступило в Редакцию 2/VI 1964 г.
В окончательной редакции 29/VII 1965 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. Dicke, A. Duncan. Spectroscopic Properties of Uranium Compounds. New York, 1949, p. 71.

2. В. Л. Левшин. Фотолюминесценция жидких и твердых веществ. М., Гостехтеориздат, 1951, стр. 202.
3. T. Scott, P. Dixon. Analyst, 70, 462 (1945).
4. L. Silverman, L. Mouday. Analyt. Chem., 28, 45 (1956).
5. A. Vason, G. Milner. Analyst, 81, 456 (1956).
6. B. Wessling, M. DeSesa. Analyt. Abstrs, 5, 497 (1958).
7. Аналитическая химия урана. Под ред. Д. И. Рябчикова и М. М. Сенявина. М., Изд-во АН СССР, 1962, стр. 104.
8. В. К. Марков и др. Уран, методы его определения. М., Атомиздат, 1964, стр. 221.
9. B. Paige, M. Elliot, J. Rein. Analyt. Chem., 29, 1029 (1957).
10. C. Callahan. Analyt. Chem., 33, 1660 (1961).
11. Ф. С. Мартин, Дж. Л. Майлс. Химическая переработка ядерного топлива. М., Металлургиздат, 1961, стр. 113.
12. Химия ядерного горючего. Доклады иностранных ученых на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. М., Госхимиздат, 1956, стр. 187.
13. A. Kerst, M. Helpern. Inorgan. Nucl. Chem., 20, 115 (1961).
14. Т. С. Добролюбская. «Ж. аналит. хим.», 20, 470 (1965).
15. В. Б. Шевченко, Б. Н. Судариков. Технология урана. М., Госатомиздат, 1961, стр. 220.

УДК 539.16.08

Статистические характеристики функциональных измерителей скорости счета

В. М. Скаткин

В результате расширения круга задач, решаемых методами непрерывного контроля радиоактивных излучений, возникла необходимость в создании функциональных измерителей скорости счета. В таких измерителях выходное напряжение (или ток) пропорционально результату алгебраического действия, которое непрерывно производится над входными скоростями счета. Примером функциональных измерителей могут служить логарифмические измерители, измерители суммы, разности и отношения скоростей счета.

В связи со статистической природой сигналов на входе выходное напряжение измерителей скорости счета флуктуирует. Величину флуктуации обычно характеризуют относительной статистической погрешностью $\delta = \sigma/\bar{u}$, где σ — среднее квадратическое отклонение; \bar{u} — среднее значение напряжения. Для вычисления этих характеристик используют описанный в работе [1] метод, заключающийся в суммировании дисперсий зарядов, переданных на интегрирующей конденсатор в неперекрывающиеся интервалы времени. Однако этот метод не всегда можно использовать для вычисления дисперсии выходного напряжения функциональных измерителей скорости счета ввиду статистической зависимости величин передаваемых зарядов.

Отметим, что выходное напряжение (и его квадрат) большинства схем функциональных измерителей скорости счета в установленном режиме является стационарной случайной функцией времени, представляющей собой марковский случайный процесс (см., например, [2]). Для такой функции легко получить выражение для среднего значения производной \dot{u} , приравняв его ввиду стационарности функции к нулю, из полученного уравнения определить \bar{u} (аналогично $\overline{u^2}$), а затем вычислить $\sigma^2 = \overline{u^2} - \bar{u}^2$ и $\delta = \sigma/\bar{u}$. (Метод вычисления дисперсии путем определения среднего значения производных был использован в работе [3].)

Определим указанным методом среднее значение и дисперсию выходного напряжения схемы, показанной на рисунке. Статистические характеристики пересчитанных выше функциональных измерителей скорости счета можно определить из полученных уравнений как частные случаи. На ключи K_1 и K_2 воздействуют статистически распределенные во времени импульсы со средней частотой следования n_1 и n_2 соответственно. Каждый входной импульс путем переключения дозирующего элемента вызывает изменение напряжения на интегрирующем конденсаторе C_0 на величину $(V_i - u) C_i/C_0$, где $C_i = C_{di}C_0/(C_{di} + C_0)$, если используется