

С 448

Н-837

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Радиохимия, 1966, V
т. 8, № 5, с. 497-504.

P-2159



Ю.В.Норсеев, Чао Тао-нань, В.А.Халкин

АДСОРБЦИЯ АСТАТИНА НА ПЛАТИНЕ
ИЗ АЗОТНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

АДСОРБЦИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

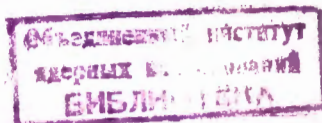
1965

P-2159

Ю.В. Норсеев, Чао Тао-нань, В.А. Халкин

АДСОРБЦИЯ АСТАТИНА НА ПЛАТИНЕ
ИЗ АЗОТНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Направлено в журнал "Радиохимия"



3350/1, 4p

Как известно, в азотнокислых растворах, содержащих бихромат (Cr VI), астагин - последний член группы галлоидов - находится в форме положительного однозарядного иона ^{/1/,/2/}.

Изучая его химические свойства, мы обнаружили, что из этих растворов он самопроизвольно выделяется на металлической платине.

Об адсорбции других галлоидов на платине в литературе имеется целый ряд сообщений. Наиболее тщательно исследовалась адсорбция йода ^{/3-8/}. Было найдено, что J⁻ и J⁰ в равной мере хорошо выделяются из 0,5 М Н₂SO₄ ^{/8/}. Йод покрывает платину мономолекулярным слоем: насыщение наступает при концентрации порядка 10⁻⁸ км/м² Pt. Адсорбция хорошо происходит только после катодной поляризации платины или после насыщения поверхности металла водородом ^{/5/}. Образование на поверхности платины окисной пленки за счет анодной поляризации при потенциале +0,8 в при прокаливании в окислительном пламени газовой горелки или при кипячении в концентрированной азотной кислоте отрицательно влияет на процесс выделения ^{/5/,/8/}. Повышение температуры уменьшает адсорбцию ^{/3/}.

Йод очень медленно десорбируется с платины серной кислотой: практически никогда не удается полностью отмыть металл от йода. Количество необратимо адсорбированного йода растет со временем. Это объясняется проникновением йода вглубь металла по порам, микротрещинам и межкристаллитным зонам ^{/3/}. Удалить йод с платины можно только прокаливанием или анодным растворением в 0,5 М Н₂SO₄ при потенциале электрода +1,1 в, измеренном относительно стандартного каломельного элемента. В последнем случае предполагается окисление йода до JО₃⁻. Если платина, содержащая йод, имеет отрицательный потенциал, йод не десорбируется даже при энергичном выделении водорода. Адсорбированный на платине J⁰ при катодной поляризации восстанавливается до J⁻ ^{/8/}.

Несмотря на тщательное и продолжительное исследование процесса выделения йода на платине, до сих пор нет достаточно строгого объяснения этого интересного явления. Мы специально подробно остановились на данных об адсорбции микроколичеств йода потому, что они в какой-то мере могут оказаться полезными для понимания пове-

дения астатина. Конечно, об аналогиях в нашем случае речи быть не может, так как астатин из растворов HNO_3 - Cr VI наиболее полно выделяется на платине, покрытой окисной пленкой, то есть в таких условиях, в которых и по литературным данным, и по результатам проведенной нами проверки нет адсорбции йода. Нам не удалось найти в литературе сведений об адсорбции астатина на платине. Не встретились нам и сообщения, которые позволили бы понять и объяснить наблюдаемое нами явление. Все это делало целесообразным изучение самопроизвольного выделения астатина на платине из азотнокислых растворов в присутствии бихромата.

Экспериментальная часть

Адсорбция астатина изучалась на платиновой жести марки 99,9 ГОСТ 8399-57 толщиной 0,1 мм. В большинстве опытов использовались кусочки жести размером $(2 \pm 0,1) \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Выделение проходило на обеих сторонах пластинки: видимая площадь адсорбции $4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. В связи с тем, что различные партии платины могут иметь различные коэффициенты шероховатости (от 1,5 до 3), мы каждую серию опытов проводили с жестью одной заводской партии. Перед опытом платина 2-3 часа кипятилась в растворе 13 M HNO_3 - $0,01 \text{ M Cr VI}$, промывалась бидистиллятом и прокаливалась до желто-белого свечения в обогащенном кислородом газовом пламени. До начала работы платина хранилась в растворе 8 M HNO_3 - $0,01 \text{ M Cr VI}$ или в бидистилляте.

Выделение астатина на платине происходило в процессе перемешивания пластинки металла и раствора в склянках с притертой пробкой. Склянки закреплялись на площадках, которым сообщалось возвратно-поступательное движение с амплитудой 8-10 мм и частотой 500-1000 колебаний в минуту. При изучении влияния повышенной температуры (90-95°C) на процесс адсорбции виброплощадки погружались в водяную баню. Относительные количества астатина, выделявшегося на платине, рассчитывались по результатам измерений X - γ -радиоактивности платины и растворов счетчиком Гейгера. Разная геометрия образцов ($5-7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ раствора в пробирке диаметром 18 мм и платиновая пластинка в такой же пробирке) не приводила к заметной систематической погрешности при выбранной нами методике измерений.

Все экспериментальные результаты, приведенные в таблицах и на графиках, являются среднеарифметическими минимумами трех определений и даны со среднеквадратичной ошибкой. Источниками случайных ошибок, в основном, были факторы, влияющие на адсорбцию: разница в шероховатости отдельных пластинок, в размере видимой поверхности, в эффективности перемешивания и другие.

Азотнокислый препарат радиохимически чистого астатина получался так же, как и в предыдущих работах^{1,2/}.

Азотная кислота тщательно эцищалась от возможного загрязнения соляной и перегонялась /7/. Рабочие растворы готовились на бидистилляте.

Результаты

Данные об адсорбции астатина платиной из растворов азотной кислоты, содержащих Cr VI, при различных временах выделения (τ) и комнатной температуре приведены на рис. 1.

Повышение температуры положительно сказывается на процессе адсорбции (таблица 1).

Таблица 1

Выделение астатина на Pt (в %) из азотнокислых растворов при 80°C,
[Cr VI] = $5 \cdot 10^{-3}$ М, $S_{Pt} = 4 \cdot 10^{-4}$ м², $V_{p-pa} = 10 \cdot 10^{-6}$ м³

τ сек HNO ₃	$1,2 \cdot 10^3$	$2,4 \cdot 10^3$	$4,8 \cdot 10^3$	$7,2 \cdot 10^3$
1	67 ± 1	86 ± 4	$87 \pm 1,5$	$89 \pm 1,5$
3	$70 \pm 5,5$	88 ± 3	$88 \pm 5,5$	90
5	47 ± 7	$76 \pm 5,5$	$90 \pm 3,0$	86 ± 4
7	27 ± 7	57 ± 4	$61 \pm 1,5$	50 ± 18
10	-	-	$59 \pm 1,5$	-

Относительные количества выделившегося на платине астатина и при комнатной, и при повышенной температуре находятся в прямой зависимости от размера поверхности металла и в обратной - от объема азотнокислого раствора (Таблица 2).

Скорость выделения астатина на платине при $\tau \leq 2,4 \cdot 10^3$ сек удовлетворительно описывается следующим уравнением реакции первого порядка:

$$\frac{dx}{d\tau} = k(a - x) \frac{S}{V} \quad (1)$$

где a - начальное количество элемента в растворе, S - видимая поверхность адсорбции, V - объем раствора, k - постоянная. Последняя величина, рассчитанная по результатам, приведенным на рис. 1, остается постоянной для различных τ до $2,4 \cdot 10^3$ сек включительно и имеет следующие значения:

$$1 \text{ M HNO}_3 \quad K = (1,27 \pm 0,17) 10^{-5} \frac{\text{M}}{\text{сек}}, \quad 3 \text{ M HNO}_3 \quad K = (1,0 \pm 0,1) 10^{-5} \frac{\text{M}}{\text{сек}},$$

$$5 \text{ M HNO}_3 \quad K = (0,48 \pm 0,08) 10^{-5} \frac{\text{M}}{\text{сек}}, \quad 7 \text{ M HNO}_3 \quad K = (0,321 \pm 0,023) 10^{-5} \frac{\text{M}}{\text{сек}}.$$

Т а б л и ц а 2

Выделение астатина на Pt в зависимости от объема раствора и размера пластинки. 3 M HNO_3 - $5 \cdot 10^{-3} \text{ M Cr VI}$, $r = 2,4 \cdot 10^3 \text{ сек}$

S_{Pt} $\text{м}^2 \cdot 10^{-4}$	$V_{\text{р-ра}}$ $\text{м}^3 \cdot 10^{-6}$	22°C		98°C	
		% At	на Pt	% At	на Pt
12	10	80±6	84±2 ^{x)}	-	
8	10	78±3	85±2 ^{x)}	-	
4	10	80±6	80±5 ^{x)}	84±3	
4	20	41±1,5	38±3 ^{x)}	61,5±1	
4	40	21±1	21±2 ^{x)}	35±1,5	
4	60	11±1	14,8±1,3 ^{x)}	23,5±1,5	

x) Рассчитано по формуле (1), $K = (1,0 \pm 0,1) \cdot 10^{-5} \text{ м/сек}$.

Адсорбция астатина на платине при высоких концентрациях азотной кислоты позволяет предполагать, что присутствие в растворе нитратов различных металлов не будет заметно влиять на процесс выделения. Однако оказалось, что даже при малых концентрациях нитраты Bi III, Hg I, Hg II и Tl I уменьшают адсорбцию астатина, тогда как нитраты других металлов на процесс практически не влияют (таблица 3).

Т а б л и ц а 3

Выделение астатина на платине из растворов, содержащих нитраты некоторых металлов.

$$S_{\text{Pt}} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2, \quad V_{\text{р-ра}} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3, \quad r = 2,4 \cdot 10^3 \text{ сек}.$$

1 M HNO ₃		20° C	3 M HNO ₃		90°
[Me] моль/литр		% At на Pt	[Me] моль/литр		% At на Pt
-		83 ± 8	-		78 ± 3
Tl I = 5.10 ⁻⁵		25 ± 1	Tl I 5.10 ⁻³		12,5±2
Cs I 0,1		64 ± 4	Cs I 0,01		78 ± 2
Hg I 5.10 ⁻⁴		0,3	Pb II 5.10 ⁻³		69 ± 5
Hg II 0,01		17,5±4	Hg II 5.10 ⁻³		38 ± 6
Ba II 0,1		70 ± 4	Ba II 0,01		80 ± 3
La III 0,1		55 ± 4	La III 0,01		68 ± 6
Ag I 0,01	}	60 ± 6	Bi III 5.10 ⁻³		19,5± 1
Te VI 0,01			Tb IV 0,2 ^{x)}		71 ± 1

x) ($r = 4,8 \cdot 10^3 \text{ сек}$)

Было установлено, что соляная кислота отрицательно влияет на процесс адсорбции (таблица 4). Этот эффект мы изучали особенно тщательно, так как анализ экспериментальных данных позволил получить некоторые количественные сведения о хлоридных комплексах астатина.

Выделившийся на платине астатин прочно удерживается на поверхности металла, особенно в тех случаях, когда адсорбция проводилась при повышенной температуре и в течение длительного времени. Ни концентрированной азотной кислотой, ни царской водкой нельзя полностью отмыть платину от астатина (таблица 5).

Т а б л и ц а 4

Выделение астатина на платине в присутствии соляной кислоты.
 $1 \text{ M HNO}_3 - 5 \cdot 10^{-3} \text{ M Cr VI}$, $S_{Pt} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, $V_{p-ра} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$, $t = 2,4 \cdot 10^3 \text{ сек}$

[HCl]	0	$2 \cdot 10^{-3} \text{ M}$	$3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$	$5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$	$8 \cdot 10^{-3} \text{ M}$	$1,3 \cdot 10^{-2} \text{ M}$	$2 \cdot 10^{-2} \text{ M}$
% At на Pt	53,7±3,1	23,5±2,8	12,5±2	4,8±0,3	2,1±0,12	0,91±0,13	0,52±0,02

Т а б л и ц а 5

Десорбция астатина с платины царской водкой или $10 \text{ M HNO}_3 - 5 \cdot 10^{-3} \text{ M Cr VI}$.
 $S_{Pt} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, $V \text{ HCl} - \text{HNO}_3$ и $V \text{ HNO}_3 = 10 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$, $t = 22^\circ \text{C}$.

Условия адсорбции	Десорбирующий раствор	t десорбции, сек	At% p-ре
3 M HNO_3 , $22 \pm 2^\circ \text{C}$, $1,2 \cdot 10^3 \text{ сек}$	HNO_3	$2,4 \cdot 10^3$	53±2
3 M HNO_3 , $22 \pm 2^\circ \text{C}$, $7,2 \cdot 10^3 \text{ сек}$	"	"	33±2
3 M HNO_3 , 80°C , $1,2 \cdot 10^3 \text{ сек}$	"	"	7±1
3 M HNO_3 , 80°C , $7,2 \cdot 10^3 \text{ сек}$	"	"	3±1
1 M HNO_3 , 22°C , $1,2 \cdot 10^3 \text{ сек}$	$\text{HCl} - \text{HNO}_3$	60	88±5
" " " "	"	$8 \cdot 10^2$	92±4
1 M HNO_3 , 88° , $7,2 \cdot 10^3 \text{ сек}$	"	60	52±1
" " " "	"	$8 \cdot 10^2$	80±5

Астатин можно десорбировать анодной поляризацией платины. Растворение микроколичеств астатина становится заметным только при относительно больших плотностях тока и растет с увеличением силы тока (рис. 2). На процесс анодного растворения астатина влияет концентрация и природа кислоты (таблицы 6).

При концентрации азотной кислоты 1 M и выше и плотности тока 25 а/м^2 астатин за $6 \cdot 10^2 \text{ сек}$ полностью переходит в раствор. Те 5-7% астатина, которые остаются на платине, находятся на местах контактов жести с держателем анода.

Т а б л и ц а 6

Анодное растворение астатина с платины. Время растворения $6 \cdot 10^2$ сек, $J = 1 \cdot 10^{-2}$ а

Электролит	% At в растворе	Электролит	% At в растворе
1 М HCl	58±14	1 М HClO ₄	44±2
1 М HNO ₃	93±3,5	0,5 М H ₂ SO ₄	24±12
1 М HNO ₃ - 5·10 ⁻³ М Cr VI	95±1	0,5 М H ₂ SO ₄ - 5·10 ⁻³ М Cr VI	32±2
0,5 М HNO ₃ - 5·10 ⁻³ М Cr VI	85±13	0,25 М H ₂ SO ₄ - 5·10 ⁻³ М Cr VI	8±5
0,1 М HNO ₃ - 5·10 ⁻³ М Cr VI	15±1	0,05 М H ₂ SO ₄ - 5·10 ⁻³ М Cr VI	4±1,5

Условия выделения: $S_{Pt} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, 3 М HNO₃ - 5·10⁻³ М Cr VI, 98°С, $r = 7,2 \cdot 10^3$ сек

При катодной поляризации платины с адсорбированным на ней астатином в 1 М HNO₃ и при максимальных в наших опытах плотностях тока 30 а/м², астатин оставался на платине. Предварительная катодная поляризация чистой прокаленной платины в 0,5 М H₂SO₄ при 30 а/м² в течение 1,8·10³ сек заметно уменьшала количества выделявшегося на металле астатина: 37±9% за 2,4·10³ сек из 10·10⁻⁶ м³ раствора 1 М HNO₃ - 5·10⁻³ М Cr VI на 4·10⁻⁴ м² платиновой жести. В этих условиях на аналогичных образцах после предварительной анодной поляризации адсорбировалось 87±7%.

Обсуждение результатов

Самопроизвольное выделение микроколичеств астатина на платине, покрытой окисной пленкой, из растворов HNO₃ > 1 М - Cr VI 5·10⁻³ М не только новое химическое свойство элемента, но, видимо, вообще редкое в радиохимии явление. Судя по литературе, аналогичные свойства для других элементов при ультрамалых концентрациях неизвестны. Поэтому понять и объяснить природу адсорбции астатина в данном случае трудно, поскольку речь идет о расшифровке процесса, происходящего на границе раздела фаз с участием истинных микроколичеств такого химически активного, мало изученного, короткоживущего элемента, каким является астатин.

Мы думаем, что активную роль в процессе выделения играет окисная пленка. Известно, что покрытая слоем поверхностных окислов платина имеет отрицательный заряд, который в кислых растворах нейтрализуется водородными ионами /8/.

Таким образом, при концентрациях HNO₃ > 1М, платину можно рассматривать как селективный по отношению к положительному иону астатина катионит. Поэтому первой ступенью выделения может быть реакция обмена

$$H_{Pt}^+ + At X_{p-p}^+ \rightleftharpoons At X_{Pt}^+ + H_{p-p}^+$$

Катион астатина, адсорбированный в результате ионообменного процесса, со временем меняет свое химическое состояние. Это изменение, как можно предположить из результатов, приведенных в таблице 5, быстрее протекает при повышенной температуре. Нам кажутся наиболее вероятными два варианта этого процесса: хемосорбция за счет образования соединений астатина с окислами платины и восстановление астатина на поверхности до элементарного состояния, например, перекисными группами.

Активную роль окисного слоя в процессе адсорбции подтверждают, по нашему мнению, также и результаты опытов с платиной, подвергнутой предварительной катодной поляризации. В результате этого процесса поверхность металла насыщается водородом, а окисные соединения восстанавливаются. При последующем погружении платины в раствор HNO_3 - Cr VI окисный слой регенерируется, но, очевидно, неполностью. Поэтому астатин адсорбируется хуже, чем на прокаленном металле.

Отрицательное влияние одновалентных катионов таллия, ртути и висмута (Bi O^+) на процесс выделения астатина на платине (таблица 3), видимо, связано с тем, что эти элементы тоже могут адсорбироваться платиной, покрытой поверхностной пленкой окислов. Так, адсорбцию таллия на платине из 10^{-3} М HNO_3 наблюдал Мадж /10/. Он отмечает, что чистая поверхность платины сорбирует таллий в 20-30 раз хуже, чем окисленная. По нашим данным, из $10 \cdot 10^{-6}$ м³ раствора $5 \cdot 10^{-5}$ М $\text{Tl}(\text{Tl}^{204})\text{NO}_3$ - I М HNO_3 - $5 \cdot 10^{-3}$ М Cr VI за $7,2 \cdot 10^3$ сек на $4 \cdot 10^{-4}$ м² платины выделяется около $1 \cdot 10^{-5}$ кг/м² таллия. Аналогичные результаты были получены и при выделении на платине одновалентной ртути, если концентрация ее в растворе была больше $1 \cdot 10^{-4}$ М.

В присутствии соляной кислоты адсорбция астатина платиной из азотнокислых растворов резко уменьшается (таблица 4). Это связано с возникновением отрицательно заряженных комплексов астатина, существование которых легко доказать экспериментально. Например, при электромиграции на бумаге, пропитанной 0,01 М HCl - I М HNO_3 - $5 \cdot 10^{-3}$ М Cr VI, астатин движется к аноду. Предположения о существовании и составе хлоридных комплексов астатина ранее уже делались /11,12,13/. Например, Аппельман на основании данных об экстракции астатина четыреххлористым углеродом в присутствии Cl^- делает заключение об образовании At Cl_2^- из At J : $\text{At J} + 2 \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{At Cl}_2^- + \text{J}^-$ $K = 1,8 \cdot 10^3$ /12/.

Исходя из представления о первом этапе выделения астатина на платине как об ионообменной реакции и предполагая, что платину в случае адсорбции на ней астатина можно рассматривать как обычный ионообменник, если процесс идет при комнатной температуре не дольше $2,4 \cdot 10^3$ сек, нетрудно показать, что при прочих равных условиях распределение астатина между раствором и платиной будет зависеть от концентрации хлорид-иона следующим образом:

$$(K_d D - 1) = 1/K_n [Cl^-]^n + \dots + 1/K_1 [Cl^-], \quad (II)$$

где $K_d = At_{p-p} / At_{p-p}$ в растворах, не содержащих Cl^- ; $D = At_{p-p} / At_{p-p}$ в присутствии хлор-иона; K_n, \dots, K_1 - константы нестойких хлоридных комплексов астатина с числом атомов $n = \dots, 1$, соответственно. Выражение (II) тождественно хорошо известному соотношению, которое использовалось, например, при изучении хлоридных комплексов протактиния методами ионного обмена^{14/}. Величина левого члена уравнения (II) определяется, в основном, концентрацией наиболее устойчивого комплекса. Следовательно, уравнение можно записать несколько иначе

$$\lg(K_d D - 1) = \lg 1/K_n + n \lg [Cl^-].$$

В координатах $\lg(K_d D - 1) - \lg [Cl^-]$ точки, рассчитанные по данным таблицы 4, располагаются вдоль прямой, с тангенсом угла наклона к оси абсцисс, равном двум (рис. 3). Такой результат позволяет сделать вывод, что однозарядный катион астатина присоединяет два иона хлора, образуя комплексный анион типа $[(AtX)Cl_2]^-$, константа нестойкости этого комплекса $K_2 = (1,35 \pm 0,13) \cdot 10^{-8} M^{-2}$.

Большие экспериментальные ошибки не позволяют получать данные о константе нестойкости нейтрального комплекса.

Самопроизвольное выделение астатина на платине с последующим анодным растворением открывает некоторые интересные препаративные возможности. Прежде всего, это получение растворов астатина практически во всех сильных кислотах (таблица 6). Другая препаративная возможность - получение радиохимически чистого астатина. Проведенная проверка показала, что при выделении астатина на платине непосредственно из азотнокислого раствора облученного тория, фактор очистки от продуктов деления и глобального расщепления, оцененный по данным α и γ -спектрометрии и по периоду полураспада, не превышал $3 \cdot 10^3$. Повторное, после анодного растворения, выделение астатина на платине не приводит к заметному сбросу элементов-загрязнений.

Следовательно, адсорбцию астатина платиной можно использовать лишь в качестве одного из этапов очистки, что позволило разработать простую схему отделения астатина от тория и продуктов ядерных реакций и получения радиохимически и химически чистого препарата астатина в азотной кислоте:

1. Астатин соосаждался с элементарным теллуром из солянокислого раствора облученного тория.

2. Осадок растворялся в соляной кислоте, через которую барбатировался хлор. Раствор ($8 M HCl - Cl_2$) фильтровался через колонку с сульфокатионитом Дауэкс 50x8. Астатин сорбировался смолой и таким образом полностью отделялся от теллура, плати-

новых металлов, полония и других элементов. Далее астатин элюировался хлорной водой.

3. Препарат, содержащий астатин, разбавлялся до $10 \cdot 10^{-6} \text{ M}^3$ 3 M HNO_3 - $5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ Cr VI . Хлор-ион осаждался избытком AgNO_3 .

4. Из фильтрата астатин выделялся на $8 \cdot 10^{-4} \text{ M}^2$ платиновой жести при $90-95^\circ\text{C}$.

5. При последующем анодном растворении получался препарат астатина в 1 M HNO_3 - $5 \cdot 10^{-3} \text{ M Cr VI}$. Химический выход астатина 50-60%. Фактор очистки лучше, чем 10^5 .

Мы не даем пропись метода выделения астатина из облученного тория, с использованием адсорбции на платине, а ограничиваемся лишь приведенной конспективно схемой, так как сорбция астатина на платине подробно рассмотрена в настоящей статье, а другие элементы метода не менее подробно - в работах /13,17/.

З а к л ю ч е н и е

Астатин самопроизвольно выделяется на платине, покрытой окислой пленкой из растворов азотной кислоты ($\geq 1 \text{ M}$), содержащих бихромат-ион.

Повышение температуры положительно сказывается на процессе адсорбции астатина платиной.

Адсорбция прямо пропорциональна поверхности платины и времени выделения, и обратно пропорциональна объему раствора и кислотности.

Ионы Ti^+ , Hg^{+2} , Bi^{+3} (вероятно BiO^+) и Cl^- мешают этому процессу. В последнем случае образуется отрицательный хлоридный комплекс катиона астатина $[(\text{AtX})\text{Cl}_2]^-$, $K_2 = (1,35 \pm 0,13) \cdot 10^{-6} \text{ M}^{-2}$. Выделение астатина на платине из азотнокислых растворов, с последующим анодным растворением, можно использовать при решении некоторых препаративных задач.

Л и т е р а т у р а

1. Ван Фу-цзюнь, Ю.В.Норсеев, В.А.Халкин, Чао Тао-нань. Радиохимия 5, № 3, 351 (1963).
2. Ван Фу-цзюнь, Н.Г.Крылов, Ю.В.Норсеев, Чао Тао-нань, В.А.Халкин. Препринт ОИЯИ 1450, Дубна,
3. Н.А.Балашова, ЖФХ 32, № 10, 2266 (1958).
4. Н.А.Балашова, В.Е.Казаринов. ДАН 134, № 4, 864 (1960).
5. Г.Тот. Радиохимия 5, № 4, 411 (1963).

6. R.A.Osteryong, F.C.Aanson. *Analyt. Chemistry*, 36, No.6, 975 (1964).
7. Ю.В. Корякин, И.И. Ангелов. Чистые химические реактивы, ГХИ, М. 1955, стр. 240.
8. К. Бэгнал. Химия редких радиоактивных элементов. ИЛ М 1960 г. стр. 27.
9. Г.Р. Кройт. Наука о коллоидах, 1, ИЛ, М, 1955 г. стр. 239.
10. J.Madi. *J. Inorg. Nucl. Chem.*, 24, Dec., 1501 (1962).
11. H.M.Neuman. *J. Inorg. Nucl. Chem.*, 4, No. 5/6, 349 (1957).
12. E.H.Appelman. *J. Phys. Chem.*, 65, Febr. 325 (1961).
13. Ван Фу-цзюнь, Ган Мон-хуа, В.А.Халкин. *Радиохимия* 4, № 1, 94 (1962).
14. J.Nowikov, G.Pfrepper. *Z. Naturforschung*, 18b, No. 12, 993 (1962).
15. D.L.Cason, H.M.Neuman. *J. Am. Chem. Soc.*, 83, No.8, 1822 (1961).
16. W.B.Person, H.Stammreich, G.A.Anderson, R.Fomeris, J.N.Fordenwalt. *J. Chem. Phys.*, 35, No. 3, 308 (1961).
17. Б.Н. Беляев, Ван Юн-юй, Е.Н.Синотова, Л.Немет, В.А.Халкин. *Радиохимия*, 2, № 5, 803 (1960).

Рукопись поступила в издательский отдел
6 мая 1965 г.

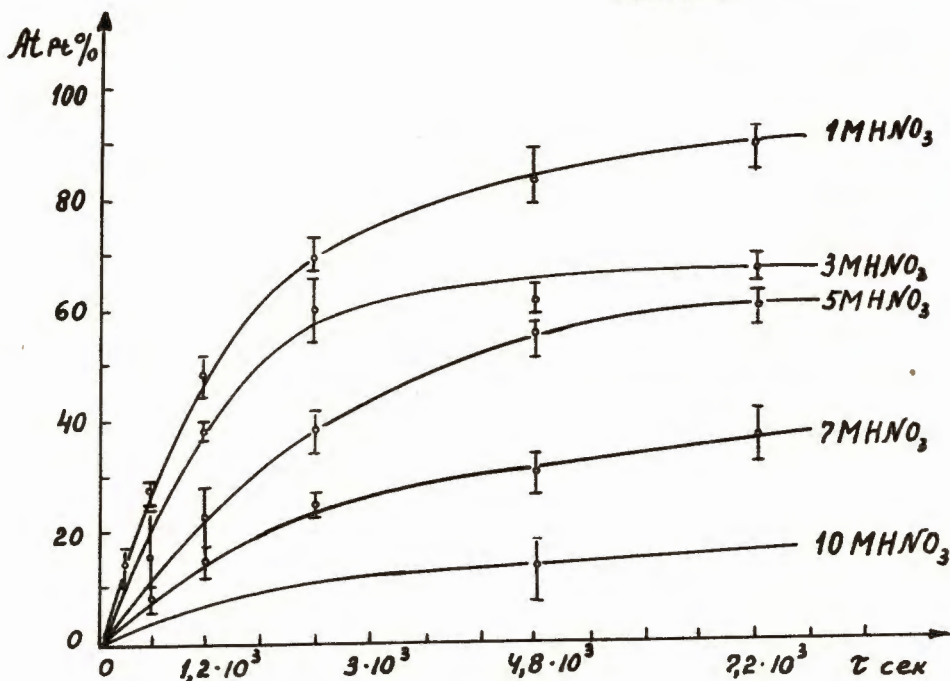


Рис. 1. Выделение астатина на платине из азотнокислых растворов в зависимости от времени. $t = 23^\circ\text{C}$, $[\text{Cr VI}] = 5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$, $S_{\text{Pt}} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, $v = 10 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$
р-ра

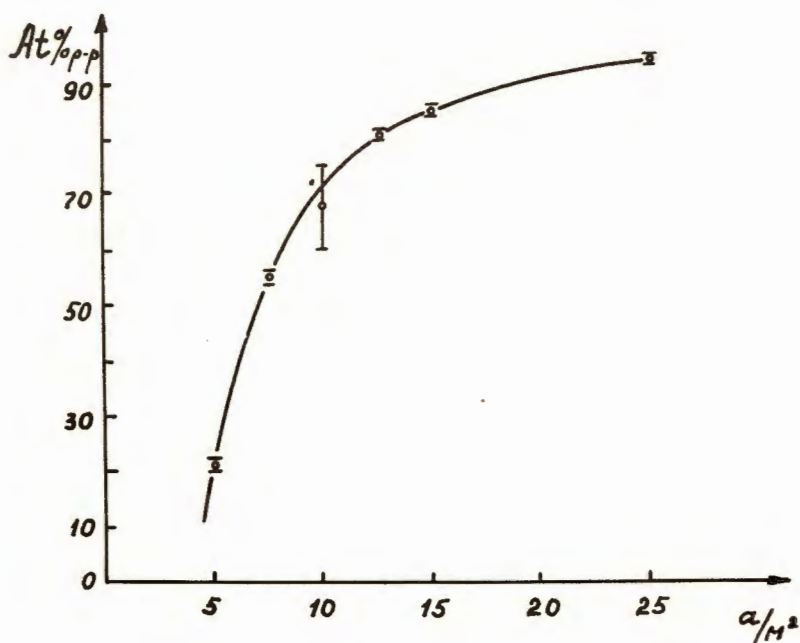


Рис. 2. Анодное растворение адсорбированного на₂ платине аstatина, в зависимости от плотности тока. $\tau = 8 \cdot 10^2$ сек, $[\text{HNO}_3] = 5 \cdot 10^{-3}$ M Cr VI.

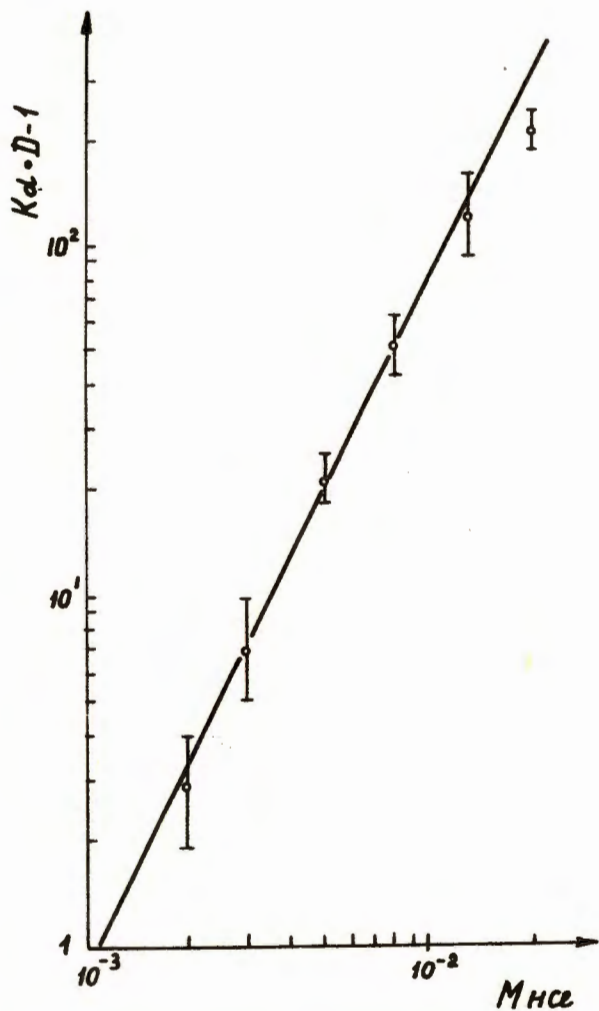


Рис. 3. Распределение аstatина между 1 М HNO_3 и платиной в зависимости от концентрации HCl . Объяснения в тексте.