

## РАВНОВЕСИЕ В СИСТЕМЕ МОЛИБДЕН (VI) - САЛИЦИЛФЛУОРОН - КПАВ В СИЛЬНОКИСЛЫХ СРЕДАХ

*Э.И. Руденко, С.Л. Петухова, К.А. Устьянцева, Е.И. Данилина*

Спектрофотометрическими методами изучено равновесие в системах Мо (VI) - салицилфлуорон - цетилпиридиний хлорид (ЦП) и Мо (VI) - салицилфлуорон - лаурилхалин иодид (ЛХ). Установлено, что интервалы оптимальной кислотности составляют (0,20±1,0) М серной или соляной кислоты при использовании ЦП и (0,40±0,50) М при использовании ЛХ. Аналитическими формами для спектрофотометрического определения молибдена являются хелаты с молярными отношениями компонентов Мо : R : ПАВ = 1:4:2 и 1:4:4 при использовании ЦП и ЛХ соответственно, которые характеризуются молярными коэффициентами погашения  $15,8 \cdot 10^4$  и  $13,6 \cdot 10^4$ . Градуировочные графики линейны в интервале концентраций молибдена  $(0,20 \pm 2,0) \cdot 10^{-5}$  М, относительное стандартное отклонение результатов не превышает 0,035.

*Ключевые слова: спектрофотометрический анализ, молибден, салицилфлуорон, триоксифлуороны, катионные ПАВ, цетилпиридиний, лаурилхалин.*

### Введение

Молибден (VI) реагирует с триоксифлуоронами (ТОФ) в кислой среде, в качестве оптимальных выбраны значения pH 1-2. В более кислой среде с большинством реагентов молибден образует нейтральные хелаты с соотношением металл: ТОФ = 1 : 2. Эти соединения имеют два максимума светопоглощения в области 470-530 нм и 550-590 нм. Координирующими ионами служат катионы  $\text{MoO}_2^{2+}$ , координируемыми - однозарядные анионы реагентов. Причины появления и природа длинноволнового максимума, необычного для триоксифлуоронатов других металлов, кроме вольфрама, требуют специального исследования [1].

Пригодные для аналитического использования растворы триоксифлуоронатов молибдена, стабилизированные желатиной, получают в присутствии 10-30 %-ных концентраций этанола. В других вариантах вместо желатины используют более высокие концентрации этанола или другого гидрофильного органического растворителя [2] либо вводят в систему синтетические ПАВ. Так, в работе [3] описано спектрофотометрическое определение молибдена в сталях с использованием бромпирагаллолового красного и хлорида цетилпиридиния. Показано, что присутствие КЛАВ увеличивает чувствительность и контрастность реакции. Аналитической формой для определения молибдена служит комплекс с соотношением компонентов Мо (VI) : БПК : ЦП = 1 : 2 : 2, полученный при pH 1.

Большой интерес с точки зрения увеличения избирательности определения представляют реакции взаимодействия легко гидролизующихся многозарядных ионов металлов с триоксифлуоронами в сильнокислых средах, создаваемых серной кислотой в присутствии КЛАВ [4]. Триоксифлуоронаты образованы орто-оксихинонной группировкой хелатообразующих реагентов, поэтому депротонирование катионной формы (появляющейся в водных растворах фенилфлуорона (ФФ), салицилфлуорона (СФ) и дисульфобензилфлуорона (ДСФФ) уже при  $\text{pH} < 1,2$ ) является необходимой предпосылкой комплексообразования. Введение в систему КЛАВ способствует смещению равновесия  $\text{HR}^+ = \text{H}^+ + \text{R}$  в сторону реакционноспособной нейтральной формы реагента. Эффекты депротонирования реагента в присутствии КЛАВ наблюдаются как в водной, так и в мицеллярной фазах. В последнем случае процесс депротонирования носит сорбционный характер [5].

При переходе от водной к мицеллярной фазе можно ожидать появления «утяжеленных» сверхстехиометрических хелатов, с образованием которых мы столкнулись при изучении равновесий в системах германий - триоксифлуороны - органический растворитель [6, 7].

Целью данной работы явилось изучение комплексообразования молибдена с салицилфлуороном в сильноокислых средах, создаваемых серной и соляной кислотами в присутствии КПАВ. В качестве КПАВ использовали традиционный хлорид цетилпиридия и редко используемый иодид лаурилхолина, который оказался хорошим модификатором свойств хромазуrola S при определении алюминия в стали [8]. Представляло интерес выявление стехиометрии комплексообразования при использовании широких интервалов концентраций реагента и КПАВ, а также идентификация продукта реакции с максимумом поглощения в области 550-590 нм.

### Экспериментальная часть

В работе использовали 0,1 %-ные растворы салицилфлуорона, фенилфлуорона и дисульфопенилфлуорона, которые готовили растворением точных навесок препаратов марки «ч.д.а.» в 2-пропаноле (СФ и ФФ) или в воде (ДСФФ) после предварительного растирания с концентрированными минеральными кислотами (HCl или H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Растворы цетилпиридия хлорида ( $1,04 \cdot 10^{-2}$  М) и лаурилхолина иодида ( $2,4 \cdot 10^{-3}$  и  $3,6 \cdot 10^{-3}$  М) готовили растворением соответствующих навесок в воде при нагревании.

Стандартный раствор молибдена с концентрацией 1 мг/мл готовили растворением точной навески оксида молибдена MoO<sub>3</sub> в 10 мл 10 %-ного раствора щелочи с последующим разбавлением водой до 1 л.

Растворы минеральных кислот стандартизировали общепринятым способом.

Методика проведения эксперимента состояла в следующем: к рабочему раствору молибдена при перемешивании добавляли раствор минеральной кислоты, воду, растворы реагента и КПАВ. Полученные растворы в объеме 10 мл после необходимой выдержки фотометрировали относительно раствора реагента при аналитической длине волны в кювете 0,5 см на спектрофотометре СФ-26.

### Результаты и их обсуждение

Изучение влияния концентрации серной кислоты на образование комплексных соединений молибдена проводили при использовании хлорида цетилпиридия и трех различных хелатообразующих реагентов - СФ, ДСФФ и ФФ. Как видно из рис. 1, эффективность процесса комплексообразования в значительной степени зависит от природы заместителя в нижнем ароматическом кольце триоксифлуоронов. Наиболее удобным из числа сравниваемых реагентов оказался салицилфлуорон.

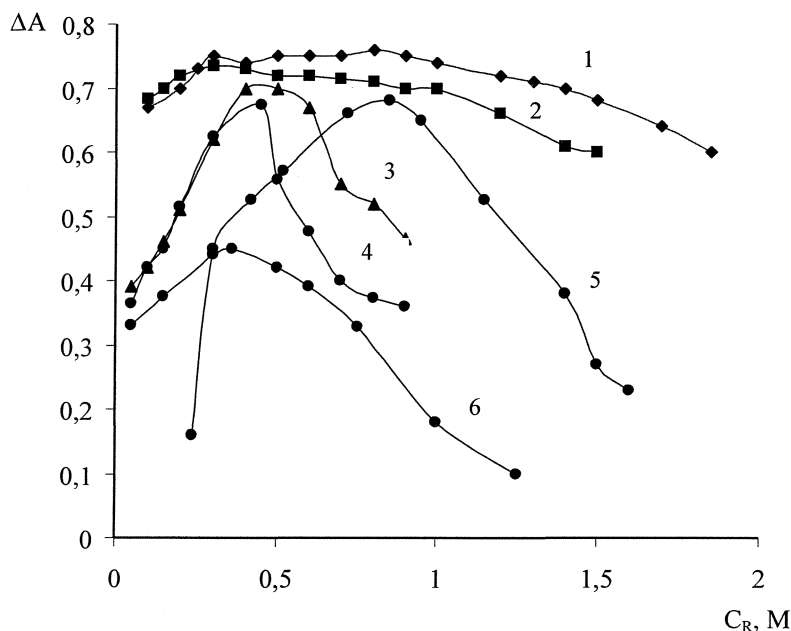


Рис. 1. Зависимость оптической плотности растворов хелатов от концентрации соляной кислоты (1, 3) и серной кислоты (2, 4-6): C<sub>Mo</sub> = 1,0·10<sup>-5</sup> М; C<sub>R</sub> = 8,0·10<sup>-5</sup> М; λ = 525 нм; C<sub>цп</sub> = 8,3·10<sup>-4</sup> М (1, 2, 5, 6); C<sub>лх</sub> = 2,0·10<sup>-3</sup> М (3, 4); 1-4 - R = СФ, C<sub>S</sub> = 3 %; 5 - R = ДСФФ, C<sub>S</sub> = 0; 6 - R = ФФ, C<sub>S</sub> = 5 %

Использование двух КЛАВ разных классов (ЦП и ЛХ) доказало определенные преимущества первого поверхностно-активного вещества; интервал оптимальной кислотности для комплексообразования в системе Мо-СФ-ЛХ значительно уже, чем в системе Мо-СФ-ЦП, и составляет  $(0,40 \div 0,50)$  М минеральной кислоты по сравнению с интервалом  $(0,20 \div 1,0)$  М. Это объясняется менее благоприятным в данных условиях гидрофильно-липофильным балансом иодида лаурилхолина, а именно наличием в составе углеводородного радикала полярной карбоксильной группы и меньшей длиной этого радикала. Увеличение концентрации ЛХ до  $3 \cdot 10^{-3}$  М расширяет интервал кислотности до 0,7 М  $H_2SO_4$ , однако эта концентрация близка к концентрации в насыщенном растворе и поэтому неудобна для практического применения.

Из сравнения кривых 1 и 2, 3 и 4 (см. рис. 1) следует, что процесс комплексообразования в сильнокислых средах зависит от природы минеральной кислоты. При использовании солянокислых растворов вместо сернокислых интервалы оптимальных концентраций кислоты несколько смещаются в область более высоких значений, и это смещение особенно заметно для системы Мо-СФ-ЛХ.

На рис. 2 представлены кривые зависимости оптической плотности растворов комплексов от концентрации салицилфлуорона в интервале  $(0,6 \div 20,0) \cdot 10^{-5}$  М при различных концентрациях КЛАВ и постоянной концентрации молибдена  $1,0 \cdot 10^{-5}$  М. Концентрации ЦП  $2,1 \cdot 10^{-4}$  М и  $5,2 \cdot 10^{-4}$  М, а также концентрацию ЛХ  $1,0 \cdot 10^{-3}$  М можно считать домицеллярными концентрациями ( $K_{KMЦП} = (5,8 \div 6,2) \cdot 10^{-4}$  М), в то время как концентрации  $12,5 \cdot 10^{-4}$  М и  $2,0 \cdot 10^{-3}$  М для ЦП и ЛХ соответственно - мицеллярными.

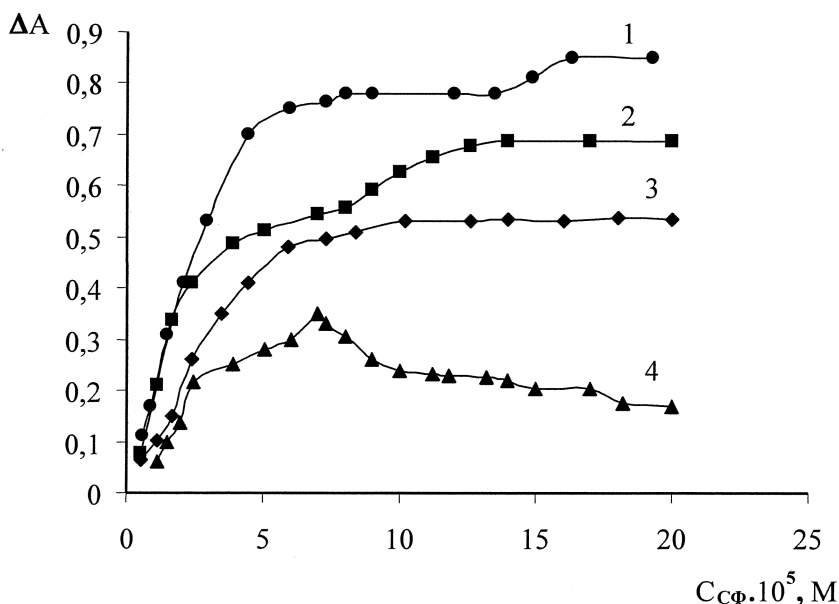


Рис. 2. Зависимость оптической плотности растворов хелатов от концентрации салицилфлуорона:  $(C(H_2SO_4) = 0,84 \text{ М (1)}; C(HCl) = 0,45 \text{ М (2, 3, 4)}; C_{Mo} = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ М})$ ; 1 –  $C_{ЦП} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ ;  $\lambda = 525 \text{ нм}$ ; 2 –  $C_{ЛХ} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ ;  $\lambda = 525 \text{ нм}$ ; 3 –  $C_{ЛХ} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ ;  $\lambda = 525 \text{ нм}$ ; 4 –  $C_{ЛХ} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ ;  $\lambda = 556 \text{ нм}$

Как видно из рис. 2, кривые, полученные при использовании домицеллярных концентраций ПАВ при аналитической длине волны 525 нм, имеют вид обычных кривых насыщения, предельные значения оптической плотности достигаются в присутствии примерно 8-кратного избытка реагента по отношению к металлу и остаются неизменными при дальнейшем увеличении концентрации реагента. В то же время аналогичные кривые, полученные при использовании мицеллярных концентраций ПАВ, имеют второй скачок, и предельные значения  $\Delta A$  на этом «плато» соответствуют примерно 14-16-кратному избытку реагента по отношению к металлу. Таким образом, можно считать, что механизм комплексообразования в системе с использованием мицеллярных концентраций ПАВ, связанный с солюбилизацией хелатов, является более сложным, чем при использовании домицеллярных концентраций ПАВ.

На рис. 3 представлены кривые 1 и 2 зависимости оптической плотности растворов комплексов при  $\lambda = 525$  нм от концентрации ПАВ при постоянных концентрациях реагента ( $8,0 \cdot 10^{-5}$  М и  $8,4 \cdot 10^{-5}$  М).

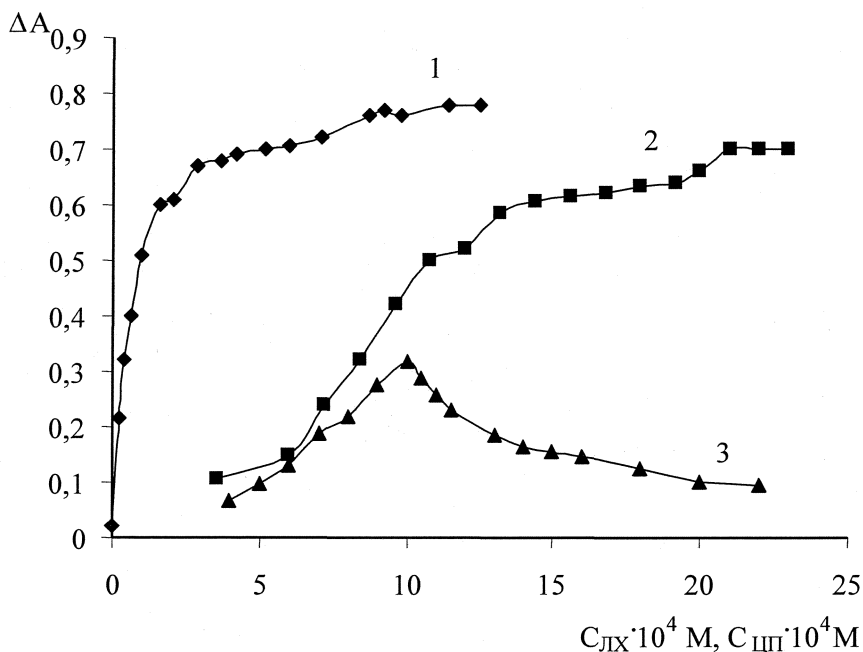


Рис. 3. Зависимость оптической плотности растворов хелатов от концентрации цетилпиридиния хлорида (1) и лаурилхолина иодида (2, 3):  $C_{Mo} = 1,0 \cdot 10^{-5}$  М;  $C_S = 3\%$ ; 1 –  $C_{CФ} = 8,0 \cdot 10^{-5}$  М;  $C(H_2SO_4) = 0,80$  М;  $\lambda = 525$  нм; 2 –  $C_{CФ} = 8,4 \cdot 10^{-5}$  М;  $C(H_2SO_4) = 0,40$  М;  $\lambda = 525$  нм; 3 –  $C_{CФ} = 6,5 \cdot 10^{-5}$  М;  $C(HCl) = 0,45$  М;  $\lambda = 556$  нм

Из рис. 3 видно, что восходящая часть кривой 1 отвечает процессу комплексообразования с участием отдельных ионов модификатора. Предельные значения  $\Delta A$  достигаются в интервале концентраций ЦП, близких к величине его критической концентрации мицеллообразования. При дальнейшем увеличении концентраций КПАВ, близких к  $(10 \div 12,5) \cdot 10^{-4}$  М, происходит, вероятно, перестройка структуры субстрата или места его локализации в мицелле, что сопровождается некоторым увеличением оптической плотности растворов. Кривая 2 с использованием ЛХ вместо ЦП имеет вид интегральной кривой титрования с двумя скачками.

Кривые зависимости оптической плотности растворов хелатов, построенные при длине волны 556 нм, от концентрации реагента (при постоянной концентрации ЛХ) и от концентрации ЛХ (при постоянной концентрации реагента), как видно из рис. 2 и рис. 3, имеют вид кривых с резко выраженным максимумом; они соответствуют образованию метастабильной формы хелата.

Для изучения состава комплексных соединений, образующихся в исследуемой системе в различных условиях, выбрали метод сдвига равновесия и использовали экспериментальные данные, часть которых представлена графически на рис. 2 и рис. 3. Результаты обработки соответствующих линейных участков билогарифмических кривых приведены в табл. 1,2.

Таблица 1  
Стехиометрические коэффициенты для реагента в составе хелатов, образующихся в системе Мо – СФ – ЦП  
( $C_{Mo} = 1,0 \cdot 10^{-5}$  М)

$C_{ЦП},$ М·10 <sup>4</sup>	0,84 М H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (C <sub>S</sub> = 3 %)		0,78 М HCl (C <sub>S</sub> = 10 %)	
	$C_R, M \cdot 10^5$	$b \pm \Delta b (n; \rho)^*$	$C_R, M \cdot 10^5$	$b \pm \Delta b (n; \rho)^*$
2,1	2÷8	$2,2 \pm 0,4 (6; 0,987)$	2,4÷12,0	$1,8 \pm 0,3 (7; 0,998)$
5,2	2÷7	$2,5 \pm 0,3 (7; 0,995)$	4,5÷10,4	$2,8 \pm 0,6 (5; 0,994)$
12,5	2÷7	$3,0 \pm 0,4 (6; 0,994)$	8÷12	$3,6 \pm 0,5 (7; 0,999)$

\* n - число параллельных опытов; ρ - коэффициент корреляции.

Как следует из данных табл. 1, состав хелатов в значительной степени зависит от концентрации КЛАВ. При использовании  $C_{ЦП} = 2,1 \cdot 10^{-4}$  М (т. е. ниже ККМ) происходит образование стехиометрического хелата с соотношением металл : реагент = 1 : 2, в то время как при более высоких концентрациях ПАВ - образование хелатов состава 1 : 3 и 1 : 4 с молярными коэффициентами погашения, равными  $(15,2 \div 16,5) \cdot 10^4$  при  $\lambda_{\max} = 525 \div 527$  нм.

Для достижения максимального выхода стехиометрического хелата состава 1 : 2 в среде  $H_2SO_4$  требуется не менее, чем 8-кратный избыток реагента по отношению к металлу, а в среде  $HCl$  — не менее, чем 14-кратный, что связано с конкурирующим влиянием 2-пропанола (увеличение концентрации от 3 %-ной до 10 %-ной).

Стехиометрические коэффициенты для ЦП в составе хелатов в выбранных условиях ( $0,8$  М  $H_2SO_4$ ;  $C_R = 8 \cdot 10^{-5}$  М) составляют  $1,05 \pm 0,17$  (5; 0,996) и  $1,9 \pm 0,4$  (7; 0,975) в интервале концентраций ПАВ  $(0,2 \div 1) \cdot 10^{-4}$  М и  $(1 \div 6) \cdot 10^{-4}$  М соответственно, и для достижения максимальных значений молярного коэффициента погашения требуется приблизительно 10-кратный избыток хлорида ЦП по отношению к СФ.

Таблица 2

Стехиометрические коэффициенты компонентов в составе хелатов, образующихся в системе Мо–СФ–ЛХ ( $C_{Mo} = 1,0 \cdot 10^{-5}$  М;  $0,45$  М  $HCl$ ;  $C_S = 3$  %)

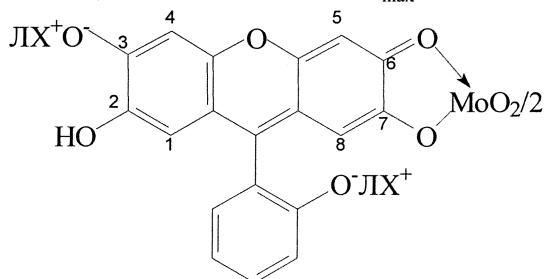
Условия	Для реагента (СФ)		Условия	Для ПАВ (ЛХ)	
	$C_R, M \cdot 10^5$	$b \pm \Delta b (n; \rho)^*$		$C_{ПАВ}, M \cdot 10^3$	$b \pm \Delta b (n; \rho)^*$
$C_{ПАВ} = 1,0 \cdot 10^{-3}$ М $\lambda = 556$ нм	$0,8 \div 6,0$	$1,97 \pm 0,05$ (16; 0,998)	$C_R = 6,0 \cdot 10^{-5}$ М $\lambda = 525$ нм	$0,4 \div 1,4$	$3,90 \pm 0,26$ (13; 0,996)
$C_{ПАВ} = 1,0 \cdot 10^{-3}$ М $\lambda = 525$ нм	$2,0 \div 9,0$	$2,5 \pm 0,2$ (12; 0,994)	$C_R = 14,0 \cdot 10^{-5}$ М $\lambda = 525$ нм	$0,8 \div 1,8$	$3,87 \pm 0,34$ (9; 0,995)
$C_{ПАВ} = 2,0 \cdot 10^{-3}$ М $\lambda = 525$ нм	$0,6 \div 4,5$	$2,40 \pm 0,17$ (9; 0,996)	$C_R = 6,5 \cdot 10^{-5}$ М $\lambda = 556$ нм	$0,2 \div 0,6$	$2,34 \pm 0,23$ (9; 0,995)
	$7,8 \div 12,0$	$3,32 \pm 0,26$ (9; 0,997)		$0,6 \div 0,9$	$3,77 \pm 0,36$ (7; 0,994)

\* n — число параллельных опытов;  $\rho$  - коэффициент корреляции.

Как следует из данных табл. 2, в достаточно широком интервале концентраций реагента происходит одновременное образование двух хелатов с  $\lambda_{\max} = 525$  нм с соотношением металл : реагент = 1 : 2 и 1 : 3. Образование хелата стехиометрического состава 1 : 2 зафиксировано в  $0,4$  М  $H_2SO_4$  при  $C_{ЛХ} =$

$2 \cdot 10^{-3}$  М: для его максимального образования требуется примерно 6-7-кратный избыток реагента по отношению к металлу ( $\epsilon_{525} = 12,0 \cdot 10^4$ ). При увеличении концентрации СФ приблизительно в 2 раза (как в сернокислрой, так и в солянокислой среде) происходит образование сверхстехиометрического хелата состава 1:3 с  $\epsilon_{525} = 13,6 \cdot 10^4$ .

Стехиометрические коэффициенты для ЛХ в составе хелатов, полученные при использовании солянокислых растворов при разных концентрациях реагента, как видно из табл. 2, равны четырем. Условия максимального образования хелата с  $\lambda_{\max} = 556$  нм видны из сравнения кривой 4 (рис. 2) и кривой 3 (рис. 3). Как следует из данных табл. 2, в этих условиях вначале образуется хелат, удовлетворяющий соотношению металл : реагент : ПАВ = 1 : 2 : 2, который при увеличении концентрации ЛХ переходит в хелат состава 1 : 2 : 4. Образование обоих хелатов происходит в домицеллярной области концентраций ПАВ с участием отдельных ионов модификатора. Механизм образования такого рода хелатов обозначается в литературе [4] термином «многоцентровое взаимодействие». Хелатный ассоциат состава 1:2:4 с  $\lambda_{\max} = 556$  нм имеет, по всей вероятности, следующую структуру:



Этот продукт является симметричным, так как на обоих концах сопряжения в положениях 3 и 6 хромофорной системы реагента находятся атомы кислорода, к которым присоединяются катионы ПАВ и металла. При этом увеличивается цепь сопряжения и достигается, как и следовало ожидать [4], достаточно высокая для 2,3,7-ТОФ контрастность спектрофотометрического определения молибдена ( $\Delta\lambda = 90$  нм). Максимальный выход продукта реакции с  $\lambda_{\max} = 556$  нм наблюдается при строго определенных в данных условиях концентрациях реагента и КПАВ, а при дальнейшем увеличении концентраций этих компонентов происходит его структурная перестройка - ион модификатора переходит из положения 3 в положение 2, чему способствует внутримолекулярная водородная связь, которая может образоваться между 2-гидроксигруппой связанного в комплекс реагента и карбонильной группой ЛХ. Освобождение 3-гидроксигруппы приводит к тому, что по этой группе за счет водородного связывания происходит внешнесферная координация молекулярной формы реагента. В спектре поглощения хелатного ассоциата постепенно исчезает длинноволновая полоса и увеличивается интенсивность полосы с  $\lambda_{\max} = 525$  нм.

При увеличении числа координированного лиганда, т.е. при переходе от стехиометрического соединения состава 1 : 2 : 4 к сверхстехиометрическим соединениям состава 1 : 2,5 : 4 и 1 : 3,3 : 4 сохраняется постоянным стехиометрический коэффициент для ЛХ, равный четырем, что свидетельствует о том, что катионы модификатора находятся во внутренней координационной сфере и в образовании внешней координационной сферы не участвуют.

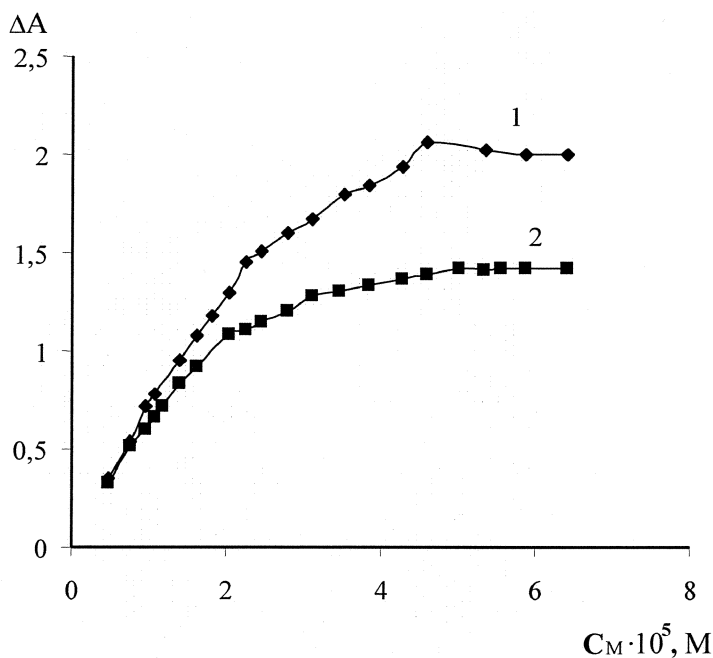


Рис. 4. Зависимость оптической плотности растворов хелатов от концентрации молибдена:  
 $C_{\text{сф}} = 8,96 \cdot 10^{-5} \text{ М}$ ;  $C_s = 3\%$ ; 1 –  $C_{\text{цп}} = 12,5 \cdot 10^{-4} \text{ М}$ ;  $C(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,8 \text{ М}$ ; 2 –  $C_{\text{лх}} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ ;  $C(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,4 \text{ М}$

В системе Мо-СФ-ЦП идентифицировать продукт реакции с  $\lambda_{\max} = 556$  нм значительно труднее, чем при использовании ЛХ. Этот продукт образуется с меньшим выходом и в более узких интервалах концентраций реагента и ПАВ, а исследование стабильной формы хелатного ассоциата с  $\lambda_{\max} = 525$  нм свидетельствует о том, что катионы ЦП присутствуют в нем со стехиометрическим коэффициентом, равным двум. Таким образом, механизм комплексообразования в сильноокислых средах в значительной степени зависит от природы КПАВ. Изучение зависимости оптической плотности растворов салицилфлуоронатов молибдена (VI) с использованием КПАВ от концентраций молибдена, взятых в широком диапазоне с целью получения предельных значений аналитического сигнала (рис. 4) показало, что эти зависимости состоят из двух линейных участков. Причем точки пересечения этих участков соответствуют четырехкратному избытку реагента по отношению к металлу, а точки пересечения вторых линейных участков с горизонтальным участком в условиях «насыщения» - двукратному избытку. Таким образом, характер этих зависимостей подтверждает ступенчатый характер комплексообразования в исследуемой

системе. Первые линейные участки могут быть использованы в качестве градуировочных графиков для чувствительного спектрофотометрического определения молибдена; растворы хелатов подчиняются основному закону светопоглощения в интервале концентраций молибдена  $(0,2 \div 2,0) \cdot 10^{-5}$  М.

Относительное стандартное отклонение результатов ( $S_r$ ) составляет 0,030 и 0,035 при использовании ЦП и ЛХ соответственно. Аналитическими формами в обоих вариантах служат хелаты с соотношениями металл : реагент : ПАВ, равными 1 : 4 : 2 и 1 : 4 : 4, которые максимально поглощают свет при  $\lambda = 525$  нм и имеют средние значения молярных коэффициентов погашения  $15,8 \cdot 10^4$  и  $13,6 \cdot 10^4$  соответственно. Достоинством предлагаемых вариантов является не только высокая чувствительность и хорошая воспроизводимость результатов анализа, но и низкие значения оптической плотности растворов сравнения, учитывающих окраску реагента.

## Литература

1. Назаренко, В.А. Триоксифлуороны / В.А. Назаренко, В.П. Антонович. - М.: Наука, 1973. - 182 с.
2. Руденко Э.И., Берестова Е.В., Иванова Л.О. и др. // Хим. журн. уральских ун-тов. — Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2002. - Т. 3. - С. 26-33.
3. Котик, Ф.И. Контроль металлов и сплавов в машиностроении: справочник / Ф.И. Котик, С.Г. Ибрагимов. - М.: Машиностроение, 1983. - 248 с.
4. Савин, С.Б. Поверхностно-активные вещества / С.Б. Савин, Р.К. Чернова, С.Н. Штыков. - М.: Наука, 1991. - 251 с.
5. Савин С.Б., Чернова Р.К., Лобачева И.В. и др. // Журн. аналит. химии. - 1981. - Т. 36, № 8. - С 1471-1476.
6. Балыкин В.П., Руденко Э.И., Иванова Л.О. и др. // Вестник Челябинского ун-та. Серия 4 «Химия». - 1996. - № 1. - С. 3-13.
7. Руденко Э.И., Белканова М.Ю., Набокова Н.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Математика, физика, химия». - 2008. - Вып. 11. - № 22 (122). - С 99-103.
8. Попов В.А., Руденко Э.И., Пальчун Т.А. и др. // Заводск. лаборатория. - 1990. - Т. 56, № 2. - С 103-104.

*Поступила в редакцию 1 марта 2010 г.*

## **EQUILIBRIUM IN THE SYSTEM MOLYBDENUM (VI) - SALICYLFLUORONE - CATIONIC SURFACTANT IN STRONGLY ACIDIC MEDIA**

Spectrophotometric methods have been used for study of the equilibrium in the systems Mo (VI) - salicylfluorone - cetylpyridinium chloride (CP) and Mo (VI) - salicylfluorone - laurylcholine iodide (LC). It has been established that the optimal acidity intervals are  $(0,20 \div 1,0)$  M for sulfuric or hydrochloric acid with the use of CP and  $(0,40 \div 0,50)$  M if LC is used. Analytical forms for the spectrophotometric determination of molybdenum are chelates with molar ratio of the components Mo : R : surfactant = 1 : 4 : 2 and 1 : 4 : 4 with the use of CP and LC correspondingly, which are characterized by molar absorption coefficients of  $15,8 \cdot 10^4$  and  $13,6 \cdot 10^4$ . Calibration charts are linear in the molybdenum concentration intervals  $(0,20 \div 2,0) \cdot 10^{-5}$  M, relative standard deviation does not exceed 0,035.

*Keywords: spectrophotometric analysis, molybdenum, salicylfluorone, trioxylfluorones, cationic surfactants, cetylpyridinium, laurylcholine.*

**Rudenko Eleonora Iosifovna** - PhD (Chemistry), Associate Professor, Analytical and Physical Chemistry Subdepartment, Chelyabinsk State University.

**Руденко Элеонора Иосифовна** - кандидат химических наук, доцент, кафедра «Аналитическая и физическая химия», Челябинский государственный университет.

**Petukhova Svetlana Leonidovna** - Undergraduate of Chemical Department, Chelyabinsk State University.

**Петухова Светлана Леонидовна** - студентка химического факультета Челябинского государственного университета.

**Ustaynceva Ksenia Aleksandrovna** - Undergraduate of Chemical Department, Chelyabinsk State University.

**Устьянцева Ксения Александровна** - студентка химического факультета Челябинского государственного университета.

**Danilina Elena Ivanovna** - PhD (Chemistry), Associate Professor, Analytical Chemistry Subdepartment, South Ural State University.

**Данилина Елена Ивановна** - кандидат химических наук, доцент, кафедра «Аналитическая химия», Южно-Уральский государственный университет.

E-mail: [deicu@mail.ru](mailto:deicu@mail.ru)