

УДК 547.386

DOI: 10.17072/2223-1838-2019-1-62-74

П.А. Шалагинова, Ю.Б. Ельчищева, А.С. Максимов, П.Т. Павлов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

N-ТРИДЕКАНОИЛ-N'-(2-НАФТИЛСУЛЬФОНИЛ)ГИДРАЗИН – КАК РЕАГЕНТ ДЛЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ИОНОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ АММИАЧНЫХ РАСТВОРОВ

Исследованы физико-химические свойства (растворимость, кислотно-основные равновесия, устойчивость к гидролизу в щелочных средах, поверхностная активность и устойчивость пенообразования) N-тридеcanoил-N'-(2-нафтилсульфонил)гидразина (ТДСГ), необходимые для оценки его применения в качестве реагента в процессах концентрирования ионов цветных металлов. Изучены процессы комплексообразования ТДСГ с ионами Cu (II), Co (II), Ni (II), Zn (II) в аммиачных средах. Показано, что реагент в растворе образует комплексные соединения с соотношениями [Cu (II)]:[ТДСГ] = 1:1 и 1:2.

Ключевые слова: ацилсульфонилгидразины; комплексообразование; ионная флотация; собиратель; цветные металлы

P.A. Shalaginova, Y.B. Elchishcheva, A.S. Maximov, P.T. Pavlov

Perm State National Research University, Perm, Russia

N-TRIDECANOIL-N'-(2-NAFTHYL SULFONYL) HYDRAZINE - AS A REAGENT FOR CONCENTRATING NON-COLORED METAL IONS FROM AMMONIUM SOLUTIONS

Physical and chemical properties (solubility, acid-base balances, resistance to hydrolysis in alkaline media, surface activity and foam formation stability) of N-tridecanoyl-N'-(2-naphthylsulfonyl) hydrazine (TDSH), which are necessary for the evaluation of its use as reagent in the process of concentration of ions of non-ferrous metals. The complexation processes of TDSH with ions Cu(II), Co(II), Ni(II), Zn(II) in ammonia are studied. It is shown that the reagent in solution forms complex compounds with the ratios [Cu(II)]: [TDSH] = 1:1 and 1:2.

Keywords: acylsulfonylhydrazines; complexation; ionic flotation; collector; non-ferrous metals

© Шалагинова П.А., Ельчищева Ю.Б., Максимов А.С., Павлов П.Т., 2019

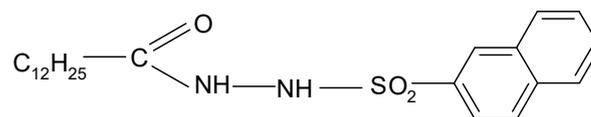
Введение

С целью расширения области поиска новых реагентов для процессов концентрирования ионов цветных металлов представляет интерес изучение производных ацилсульфонилгидразинов, содержащих гидразидную группу, способную к комплексообразованию с цветными металлами, и сульфонильную группу, которая должна придать исходным лигандам поверхностно-активные свойства и расширить возможности их применения. Ожидается, что сочетание данных групп позволит получить новые реагенты для концентрирования ионов металлов и минералов.

Известны N'-сульфонилгидразиды бензильной кислоты, предлагаемые в качестве реагентов для экстракционно-фотометрического определения осмия (VI) [1]. Авторами [2] были исследованы физико-химические, поверхностно-активные и комплексообразующие свойства N-ацил-N'-сульфонилгидразинов двух рядов: N-ацил-N'-(тозил)- и N-ацил-N'-(мезил)гидразинов – в качестве собирателей для ионной флотации цветных металлов. В ходе исследований было установлено, что свойства изучаемых соединений удовлетворяют требованиям, предъявляемым к потенциальным собирателям для ионной флотации. В работах [3, 4] были исследованы равновесия при комплексообразовании N-(ацил, арил)-N'-(2-нафтилсульфонил)гидразинов с ионами цветных металлов. Изученные реагенты зарекомендовали себя как хорошие осадители и собиратели ионов цветных металлов.

Известно, что флотационное извлечение пены зависит от гидрофобизирующей способности реагента. Хорошая гидрофобизация наблюдается у реагентов с объемными алкильными радикалами [5]. Утяжеление молекулы реагента за счет введения крупного гидрофобного радикала приводит к значительному расширению диапазона pH, количественному извлечению комплекса с ионами цветных металлов и повышению чувствительности аналитической реакции, но не уменьшает ее избирательности. Поэтому целью работы являлось изучение физико-химических и комплексообразующих свойств ТДСГ с ионами Cu (II) в аммиачных средах с целью определения возможности применения реагента в процессах концентрирования ионов цветных металлов.

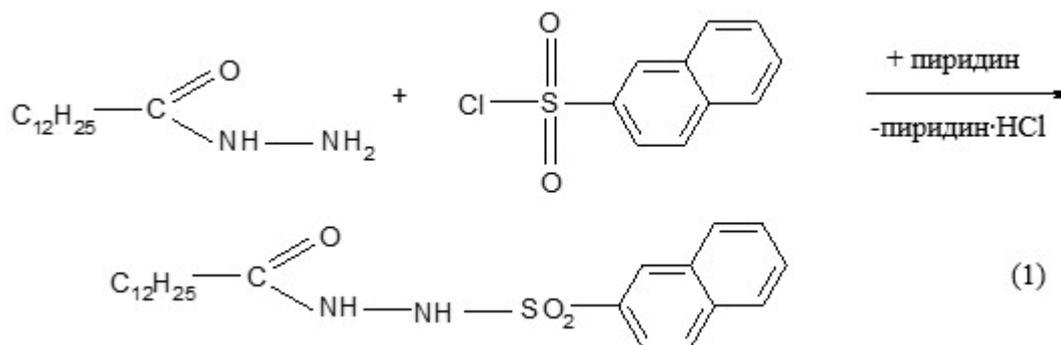
Изучаемый реагент можно представить следующей формулой:



Экспериментальная часть

1. Синтез ТДСГ

ТДСГ получали взаимодействием гидразида тридекановой кислоты с 2-нафтилсульфохлоридом в среде пиридина [6].



Индивидуальность и чистота реагентов подтверждена данными ТСХ, ИК-, ЯМР ^1H спектроскопии и элементным анализом.

2. Реактивы и приборы

В работе использовали стандартные водные растворы сульфатов Cu (II), Co (II), Ni (II), Zn (II) ($1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л), концентрации которых устанавливали комплексометрическим титрованием [4]; $1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л этанольный раствор ТДСГ; растворы гидроксида калия (моль/л: 1,0, 0,1, 0,01), сульфата аммония (2,0 моль/л), аммиака (моль/л: 2,0, 1,0, 0,1); раствор хлористоводородной кислоты (2,0 моль/л), раствор азотной кислоты (1,0 моль/л); растворители: гексан, толуол, хлороформ, изоамиловый спирт; 0,1 %-ный этанольный раствор ПАН.

ИК-спектры получали на Фурье-спектрометре IFS-66 (Bruker, Германия). Для получения УФ-спектров и нахождения оптической плотности применяли спектрофотометр СФ-2000 (ОКБ-Спектр, Санкт-Петербург). Значения рН измеряли на рН-метре АНИОН 4100 (Инфраспек-Аналит, Новосибирск) с комбинированным электродом ЭСК-10603/7. Элементный анализ проводили на анализаторе CHNS-932 (LECO Corporation, США). Кондуктометрическое титрование выполняли на кондуктометре SEVEN MULTI S70-K (Mettler Toledo, Швейцария).

Показатель преломления определяли на рефрактометре RE40D (Mettler Toledo, Япония). Остаточные концентрации ионов металлов после осаждения определяли на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой (Thermo ICAP 6500 DUO, США).

3. Методика осаждения металлов из аммиачных сред

Для изучения зависимости степени осаждения ионов металлов (S , %) от рН среды в мерную колбу вместимостью 25,0 мл помещали 2,5 мл $1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л раствора соли металла (для создания конечной концентрации раствора, равной $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л), затем добавляли различные количества раствора аммиака с концентрациями 0,01, 0,1 и 1,0 моль/л для создания заданного значения рН. Вносили 5,0 мл $1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л раствора ТДСГ в этиловом спирте, доводили до метки дистиллированной водой и перемешивали. Через 5 мин осадок отфильтровывали через бумажный фильтр с синей лентой. В фильтрате определяли $\text{pH}_{\text{равн}}$ и остаточное содержание ионов Co (II), Cu (II), Ni (II), Zn (II) атомно-эмиссионным методом. Эффективность осаждения (S , %) рассчитывали по формуле

$$S = \frac{C_o - C_{\text{водн}}}{C_o} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где C_o – начальная концентрация металла в водной фазе, мг/л;

$C_{\text{водн}}$ – концентрация металла в водной фазе после осаждения, мг/л.

Результаты и обсуждение

1. Физико-химические свойства АСГ

Для оценки практического использования реагента в процессах концентрирования необходимо изучить его растворимость в традиционно используемых растворителях. Растворимость реагента изучали методами гравиметрии, рефрактометрии и спектрофотометрии. Результаты исследований представлены в табл. 1, из которой следует, что ТДСГ не растворим в хлороформе, и умеренно растворяется в этаноле, толуоле, гексане и в 0,1 моль/л КОН.

Из полученных данных следует, что при использовании ТДСГ в качестве осадителя или собирателя при ионной флотации (ИФ) можно применять растворы реагента в этаноле и в 0,1 моль/л растворах щелочей.

Таблица 1

Растворимость ТДСГ в некоторых средах при 20°C

Установлено, что ацилсульфонилгидразины могут проявлять себя как слабые

Растворимость, моль/л (г/л)				
<i>EtOH</i>	<i>0,1 моль/л КОН</i>	<i>Толуол</i>	<i>Хлороформ</i>	<i>Гексан</i>
$1,00 \cdot 10^{-3}$ (0,42)	$3,75 \cdot 10^{-3}$ (1,57)	$3,00 \cdot 10^{-3}$ (1,30)	-	$3,30 \cdot 10^{-3}$ (1,40)

двухосновные кислоты [3], характеризующиеся константами кислотной диссоциации K_{a1} и K_{a2} . Для определения констант ионизации ТДСГ использовали спектрофотометрический метод [7]. Спектры поглощения растворов ТДСГ в нейтральных и щелочных средах отличаются, что подтверждает наличие в растворах соединений кислотно-основных равновесий (рис. 1). Для расчета значений pK_a ТДСГ была изучена зависимость оптической плотности растворов ТДСГ от значений pH среды при оптимальной длине волны (рис. 2).

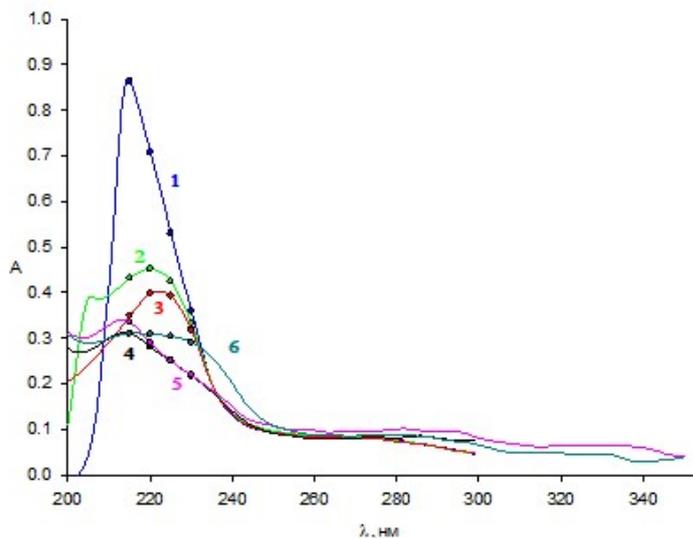


Рис. 1. Спектры поглощения растворов ТДСГ в воде в зависимости от рН;
 $C_{\text{ТДСГ}} = 1,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л; 1 – рН 13,38; 2 – рН 12,25; 3 – рН 10,80; 4 – рН 7,51; 5 – рН 5,94;
 6 – рН 3,97 (использовали растворы КОН и HCl)

Для растворов ТДСГ на кривой $A \sim f(\text{pH})$ наблюдали два перегиба. Полученные данные свидетельствуют о том, что реагенты являются слабыми двухосновными кислотами. Полученные значения pK_a реагента: $\text{pK}_{a1} = 6,93 \pm 0,58$

и $\text{pK}_{a2} = 11,23 \pm 0,03$. Можно предположить, что комплексообразование ТДСГ с ионами цветных металлов должно существовать в щелочных и аммиачных средах.

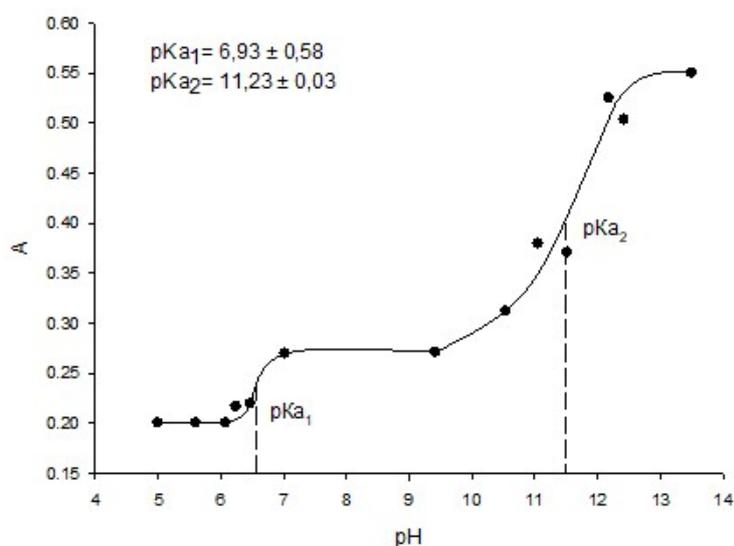


Рис. 2. Зависимость оптической плотности (A) раствора ТДСГ в воде от $\text{pH}_{\text{равн}}$;
 $C_{\text{ТДСГ}} = 1,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л; $\lambda = 225$ нм; $l = 1,0$ см

В связи с этим актуально было исследовать устойчивость реагента в щелочных растворах. Определение гидролитической устойчивости изучали спектрофотометрическим методом [8]. Растворы ТДСГ с концентрацией $6,0 \cdot 10^{-6}$ моль/л в 1,0 моль/л КОН термостатировали при $(60 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ в течение двух часов. Убыль концентрации реагентов определяли через 30, 60, 90 и 120 мин. После охлаждения растворы фотометрировали на фоне холостого опыта при оптимальной длине волны. Зависимость степени гидролиза от времени нагревания растворов ТДСГ представлена в табл. 2. Результаты исследования устойчивости ТДСГ показыва-

ли, что реагент в подобных условиях достаточно стабилен – степень гидролиза в течение двух часов составила 23,4 %. Хотелось отметить, что среди ранее исследуемых АСГ реагенты с нафтильным радикалом показали себя более устойчивыми в щелочных средах при нагревании.

Таблица 2

Степень гидролиза (α , %) ТДСГ в 1,0 моль/л
 КОН от времени нагревания растворов

($C_{\text{ТДСГ}} = 6,0 \cdot 10^{-6}$ моль/л, $\lambda = 222$ нм; $t = 60 \pm 0,5$ °C)

Соединение	Степень гидролиза (%) от времени нагревания, мин			
	30	60	90	120
ТДСГ	9,12	11,42	14,52	23,41

Одной из характеристик, позволяющих установить возможность применения того или иного вещества в качестве флотореагента, является его способность понижать поверхностное натяжение на границе жидкость – газ [9]. Адсорбцию ТДСГ на границе раздела вода – воздух изучали сталагмометрическим методом [10]. Введение ТДСГ с концентрациями от $1,0 \cdot 10^{-5}$ до $1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л (по 0,1 моль/л КОН) значительно влияет на значения поверхностного натяжения в сравнении с фоновым раствором. Изучаемые реагенты снижают поверхностное натяжение на границе стандартный раствор – воздух более чем в два раза, поэтому ТДСГ можно отнести к ПАВ (табл. 3).

Таблица 3

Изменение поверхностного натяжения ТДСГ на границе раствор – воздух

Стдсг, моль/л	σ , мН/м
$1,0 \cdot 10^{-2}$	28,69
$5,0 \cdot 10^{-3}$	31,49
$2,0 \cdot 10^{-3}$	32,93
$1,0 \cdot 10^{-3}$	34,09
$5,0 \cdot 10^{-4}$	39,69
$1,0 \cdot 10^{-4}$	61,65
$5,0 \cdot 10^{-5}$	65,85
$1,0 \cdot 10^{-5}$	68,99

Значение тангенса угла наклона прямой, касательной к изотерме поверхностного натяжения щелочных растворов ТДСГ в

области малых концентраций соответствует значению поверхностной активности реагентов [11]. Расчет поверхностной активности осуществляли по формуле

$$G = - \frac{d\sigma}{dc} \text{ при } c \rightarrow 0.$$

Согласно проведенным расчетам, поверхностная активность реагента (G , Н·м²/моль) составила: ТДСГ – 0,067. Из полученных результатов следует, что ТДСГ проявляет поверхностную активность в водно-щелочных растворах.

Роль пены и ее свойств во флотационном процессе исключительно велика. От пены во многом зависит качество сублата. Несмотря на то, что флотационные пены, содержащие воздух, частицы сублата и воду, являются трехфазными, методически представляется более верным изучение первоначально двухфазных пен [12]. На пенообразование в значительной степени влияют рН раствора, температура [13]. Поэтому представляло интерес провести изучение устойчивости пенообразования в щелочных растворах ТДСГ. Результаты измерений приведены в табл. 4.

Полученные результаты исследований показали, что ТДСГ образует достаточно устойчивые пены, поэтому при проведении ИФ, возможно не потребуются введение дополнительного пенообразователя.

Изменения устойчивости объема пены растворов ТДСГ во времени

Изменение объема пены (V, мл) от концентрации реагента во времени							
$C_{\text{ТДСГ}}$, моль/л	τ , с						
	0	5	10	30	60	90	120
$2,50 \cdot 10^{-3}$	50	50	49	40	39	38	37
$1,25 \cdot 10^{-3}$	40	40	39	33	30	29	28
$6,25 \cdot 10^{-4}$	32	32	30	24	23	23	22
$3,13 \cdot 10^{-4}$	20	20	18	17	16,5	16	16
$1,56 \cdot 10^{-4}$	14	14	13	12	12	12	11,5
$7,80 \cdot 10^{-5}$	12	12	11	11	11	10,5	10,5
$3,90 \cdot 10^{-5}$	7	7	7	7	7	7	7

3. Комплексообразующие свойства ТДСГ

Комплексообразование ТДСГ с ионами цветных металлов изучали методом осаждения, так как образующиеся осадки не растворимы в воде и обычных растворителях (рис. 4).

Из рис. 4 следует, что ионы Cu (II) осаждаются в достаточно широком диапазоне pH 6,0–11,0, ионы Co (II) и Ni (II)

количественно извлекаются в интервале pH 8,0–10,0, ионы Zn (II) – pH 7,0–10,0. В случае осаждения Cu (II) влияние ионов аммония незначительно, так как в меньшей степени происходит конкурирующая реакция образования аммиачных комплексов. Максимальная степень осаждения наблюдается у ионов Cu (II) и составляет 99,99 %.

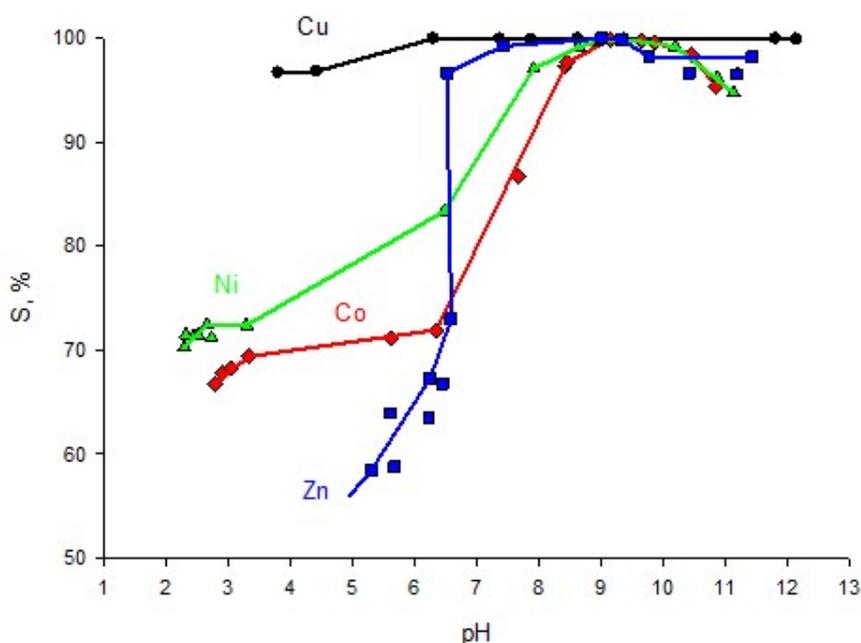


Рис. 3. Зависимость степени осаждения (S, %) ионов цветных металлов ТДСГ от pH_{равн} раствора; $C_{\text{Cu(II)}} - 71,4$ мг/л, $C_{\text{Co(II)}} - 69,2$ мг/л, $C_{\text{Ni(II)}} - 66,0$ мг/л, $C_{\text{Zn(II)}} - 70,3$ мг/л; [Me(II)]:[ТДСГ] = 1:2; аммиачная среда

Экспериментально установлено, что время формирования осадка комплексов составляет 5 мин.

Изучение молярных соотношений [Me (II)]:[ТДСГ] проводили методами насыщения (рис. 4), сдвига равновесия (рис. 5), Асмуса

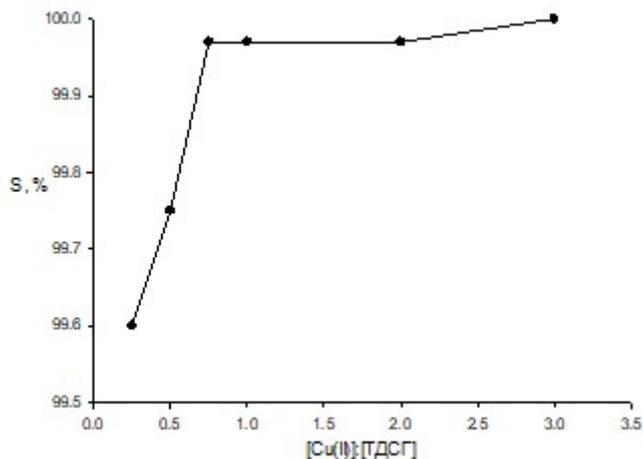


Рис. 4. Зависимость степени извлечения (S, %) ионов меди с ТДСГ от количества реагента
 $C_{исх}(\text{ТДСГ}) = 1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л, $C_{Cu} = 1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л

(рис. 6) [14]. Также полученные результаты были подтверждены методом кондуктометрического титрования (рис. 7 и 8). Полученные результаты позволили установить соотношение [Me (II)]:[ТДСГ] = 1:1 и 1:2.

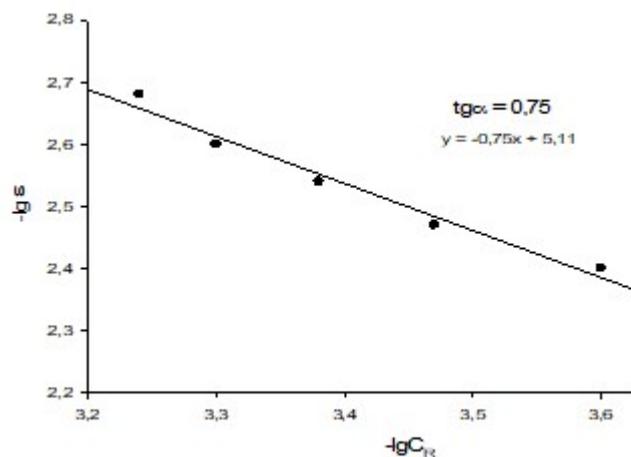


Рис. 5. Обработка кривой насыщения методом сдвига равновесий

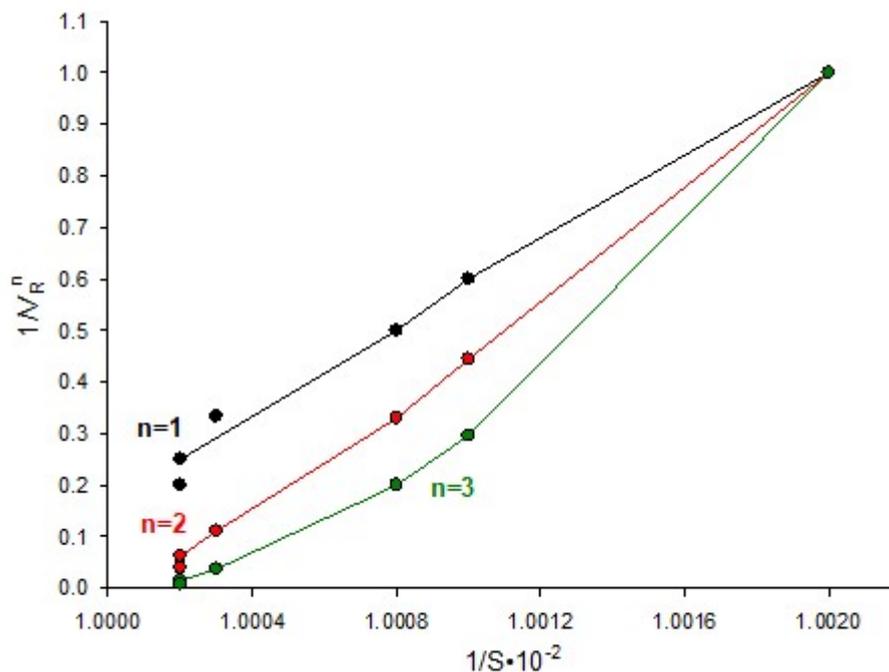


Рис. 6. Изучение молярных соотношений [Cu(II)]:[ТДСГ] методом Асмуса;
 $C_{исх}(\text{ТДСГ}) = 1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л, $C_{Cu} = 1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л; pH 8,0 – 9,0

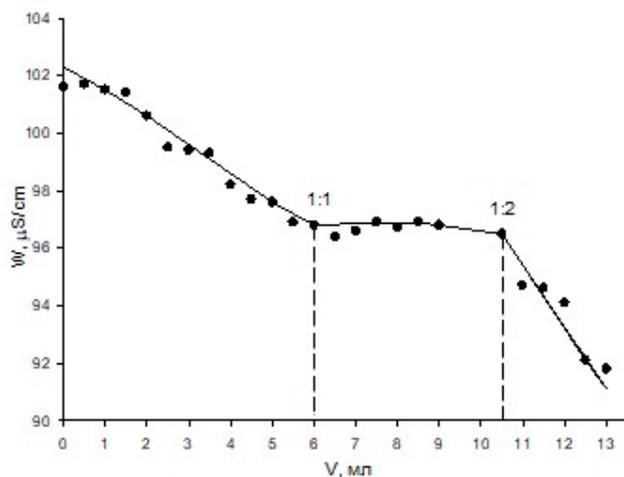


Рис. 7. Зависимость электропроводности раствора (W)

CuSO_4 от количества ТДСГ;
 $C^{\text{исх}}(\text{ТДСГ}) = 1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л;
 $C^{\text{исх}}(\text{Cu (II)}) = 1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л; $V_{\text{Cu(II)}} = 5,0$ мл;
 $V_o = 72,0$ мл ($[\text{EtOH}]:[\text{H}_2\text{O}] = 1:2$);
 аммиачная среда, pH = 9,5.

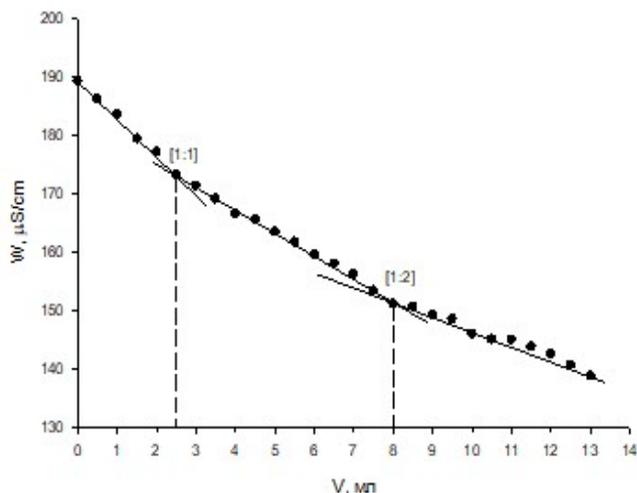


Рис. 8. Зависимость электропроводности раствора (W)

CoSO_4 от количества ТДСГ;
 $C^{\text{исх}}(\text{ТДСГ}) = 1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л;
 $C^{\text{исх}}(\text{Co (II)}) = 1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л; $V_{\text{Co(II)}} = 5,0$ мл;
 $V_o = 72,0$ мл ($[\text{EtOH}]:[\text{H}_2\text{O}] = 1:2$);
 аммиачная среда, pH = 9,0

4. Экстракционно-фотометрическое определение

Ранее методы определения молярных соотношений $[\text{Me (II)}]:[\text{R}]$ были исследованы косвенным способом: по определению остаточного содержания ионов металлов в фильтрате после извлечения осадков комплексного соединения АСГ с ионами металлов.

Полученные результаты было решено подтвердить экстракционно-фотометрическим методом, так как разработка этой методики дала бы возможность прямого определения ионов Cu (II) с ТДСГ. Для возможной экстракции комплексных соединений были выбраны следующие растворители: толуол, хлороформ, гексан и изоамиловый спирт.

В водной фазе определяли остаточное содержание ионов Cu (II) атомно-

эмиссионным методом. Результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5

Степень извлечения ионов Cu^{2+}

Растворитель	Е, %
	ТДСГ с Cu^{2+}
Толуол	99,96
Гексан	99,90
Хлороформ	99,84
Изоамиловый спирт	92,64

Из всех предложенных для экстракции растворителей выбрали толуол, так как при его использовании наблюдалось количественное извлечение комплексного соединения в органическую фазу с хорошим расслаиванием.

Метод насыщения в варианте экстракционно-фотометрического определения

В мерную колбу на 25,0 мл вводили 2,5 мл $1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л раствора соли Cu (II); 1,0 мл 0,1 моль/л раствора аммиака для создания оптимального значения pH ~ 9 и 2,5 мл $1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л раствора реагента. Через 5–10 мин после созревания осадка комплексного соединения, содержимое колбы (25,0 мл) переносили в делительную воронку, добавляли 5,0 мл органического растворителя и встряхивали 5 мин. Для лучшего расслаивания добавляли 10,0 мл этилового спирта и 1,0 г NaCl.

Водную фазу сливали, а к органической фазе добавляли 5,0 мл 2,0 моль/л раствора серной кислоты. Оптимально время реэкстракции составило 5 мин. Реэкстракт сливали в коническую колбу для титрования и нейтрализовали раствором 1,0 моль/л KOH до слабокислой среды, добавляли ацетатный буферный раствор pH ~ 5 , индикатор ПАН и титровали комплексометрическим методом [15]. Таким образом, определяли количество ионов Cu (II), находящихся в комплексном соединении. Степень извлечения ионов Cu (II) от количества добавленного реагента представлена на рис. 9.

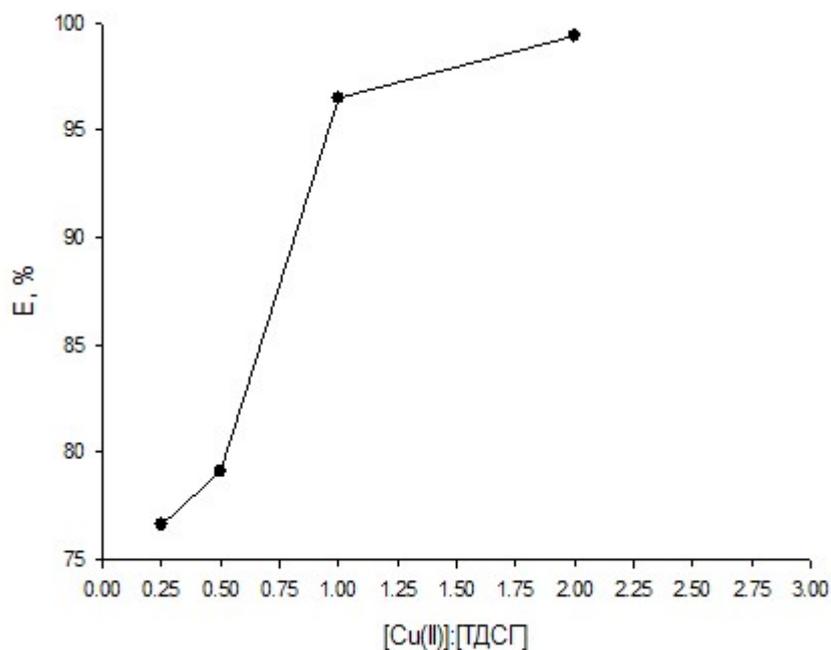


Рис. 9. Зависимость степени извлечения (E, %) ионов меди ТДСГ от количества реагента методом экстракционно-фотометрического определения
 $C_{исх}(\text{ТДСГ}) = 1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л, $C_{исх}(\text{Cu(II)}) = 1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л

Таким образом, метод насыщения в варианте экстракционно-фотометрического определения также подтвердил молярное соотношение $[M^{2+}]:[\text{ТДСГ}] = 1:1$.

Выводы

В ходе полученных исследований установлено, что свойства ТДСГ (хорошая растворимость в растворах щелочей, устойчивость к щелочному гидролизу, низкая

растворимость комплексов с цветными металлами в воде, способность понижать поверхностное натяжение на границе жидкость – газ почти в 2,5 раза, устойчивое пенообразование) позволяют использовать данный реагент для концентрирования ионов цветных металлов в процессах экстракции, ионной флотации и осаждения.

Библиографический список

1. Воробьева Н.Е. Ацилсульфонилгидразины – реагенты на осмий: автореф. дис. ... канд. хим. наук. Рига, 1989. 17 с.
2. Отчет о научно-исследовательской работе (№ 02201362191) Исследование равновесий в гетерогенных системах, содержащих соединения металлов и N,O-содержащие органические лиганды/ Пермь, ИТХ УрО РАН 2014. 172 с.
3. Ельчищева Ю.Б., Павлов П.Т., Шахторин Н.А. N-гексаноил-*N'*-(2-нафтилсульфонил)-гидразин – реагент для концентрирования ионов цветных металлов // Современные достижения химических наук: материалы Всероссийской юбилейной конф. с междунар. участием, посвященной 100-летию Пермского университета. Пермь, 2016. 235–237.
4. Ельчищева Ю.Б., Сунгатуллина Л.Р., Армянинова Е.Д., и др. Физико-химические и комплексообразующие свойства N-ацил-*N'*-(2-нафтилсульфонил)гидразинов. Вестник Пермского университета. Серия Химия Пермь. 2018. Т. 7, вып. 2. С. 194–208.
5. Сумм Б.Д. Основы коллоидной химии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: издательский центр «Академия», 2007. 240с.
6. Веретенникова О.В. Арилсульфогидразиды дизамещенных гликолевых кислот и их производные: дис. ... канд. хим. наук. Пермь, 1984. 138 с.
7. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. Л.: Химия, 1986. С. 240–250.
8. Ельчищева Ю.Б. Равновесия при комплексообразовании 1,2-диацилгидразинов с ионами цветных металлов: дисс. ... кандидата хим. наук. Пермь, 2008. 113 с.
9. Айвазов Б.В. Практикум по химии поверхностных явлений и адсорбции. М.: Высшая школа, 1973. – 208 с.
10. Коллоидная химия: метод. указания к выполнению лабораторных работ сост. М.Г. Щербань / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2006. 72 с.
11. Абрамзон А.А., Бочаров В.В., Гаевой Г.М. и др. Поверхностно-активные вещества (справочник). Л.: Химия, 1979. 376 с.
12. Глембоцкий В.А., Классен В.И. Флотация. М.: Недра, 1973. 384 с.
13. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение. Спб.: Профессия, 2004. 240 с.
14. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. Л.: Химия, 1986. 240–250с.
15. Шварценбах Т., Флашка Г. Комплексометрическое титрование. М.: Химия, 1970. 360с.

References

1. Vorobyov N.E. Atsylsulfonylhydrazines - osmium reagents: author. dis. ... Cand. chemical sciences. Riga, 1989. 17 p.

2. Report on research work (№ 02201362191) Study of equilibria in heterogeneous systems containing metal compounds and N, O-containing organic ligands / Perm, ITH UB RAS 2014. - 172 p.
3. Elchishcheva Yu.B., Pavlov P.T., Shakhtorin N.A. N-hexanoyl-N'- (2-naphthylsulfonyl) hydrazine - a reagent for the concentration of non-ferrous metal ions // Modern achievements of chemical sciences. Proceedings of the All-Russian anniversary conference with international participation, dedicated to the 100th anniversary of Perm University. Perm 2016 235-237.
4. Elchishcheva Yu.B., Sungatullina LR, Armyaninova Ye.D., Shakhtorin N.A., Pavlov PT, Maksimov A.S. Physico-chemical and complexing properties of N-acyl-N'- (2-naphthylsulfonyl) hydrazines. Bulletin of Perm University. The Chemistry series, Perm, 2018. T. 7, Vol. 2. pp. 194-208.
5. Summ B. D. Fundamentals of colloid chemistry: studies. allowance for stud. higher studies. institutions. - Moscow: Publishing Center "Academy", 2007. - 240s.
6. Veretennikova OV Arylsulfohydrazides of disubstituted glycolic acids and their derivatives. Diss. ... Cand. chem. sciences. Perm, 1984. - 138 p.
7. Bulatov M.I., Kalinkin I.P. A practical guide to photometric methods of analysis. - L.: Chemistry, 1986.-S. 240–250.
8. Elchishcheva Yu.B. Equilibria during complexation of 1,2-diacylhydrazines with non-ferrous metal ions: Diss. Candidate chem. sciences. Perm, 2008. 113 p.
9. Aivazov B.V. Workshop on the chemistry of surface phenomena and adsorption. - M.: Higher School, 1973. - 208 p.
10. Colloid chemistry: method. instructions for laboratory work / Perm. un-t; status M. G. Scherban. - Perm, 2006. - 72 p.
11. Abramzon A.A., Bocharov V.V., Gaevoy G.M. and other Surfactants (reference). - L.: Chemistry, 1979. 376 p.
12. Glembotsky V.A., Klassen V.I. Flotation. - M.: Nedra, 1973. 384 p.
13. Lange, K.R. Surfactants: synthesis, properties, analysis, application. - SPb.: Profession, 2004. 240 p.
14. Bulatov M.I., Kalinkin I.P. A practical guide to photometric methods of analysis. - L.: Chemistry, 1986. - 240-250s.
15. Schwarzenbach T., Flašková G. Complexometric titration. - M.: Chemistry, 1970. - 360s.

Об авторах

Шалагинова Полина Анатольевна,
студент кафедры аналитической химии и экспертизы
Пермский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
polyu.1@mail.ru.

Ельчищева Юлия Борисовна,
кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической химии и экспертизы
Пермский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
analitik1973@mail.ru.

Павлов Петр Тимофеевич,
кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии
Пермский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.

Максимов Андрей Сергеевич,
инженер кафедры аналитической химии и экспертизы
Пермский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.

About the authors

Shalaginova Polina Anatolievna,
student of the Department of Analytical Chemistry and Expertise
Perm State University,
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
polyu.1@mail.ru.

Elchischeva Yulia Borisovna,
candidate of chemistry, Associate Professor, Department of Analytical Chemistry and Expertise
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
analitik1973@mail.ru.

Pavlov Pyotr Timofeevich,
candidate of chemistry, Associate Professor, Department of Organic Chemistry
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990

Maksimov Andrey Sergeevich,
engineer of the Department of Analytical Chemistry and Expertise
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990

Информация для цитирования

Шалагинова П.А., Ельчищева Ю.Б., Максимов А.С., и др. N-тридеcanoил-*N'*-(2-нафтилсульфонил)гидразин – как реагент для концентрирования ионов цветных металлов из аммиачных растворов // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2019. Т. 9, вып. 1. С. 62–74. DOI: 10.17072/2223-1838-2019-1-62-74.

Shalaginova P.A., Elchishcheva Yu.B., Maksimov A.S., i dr. N-tridekanoil-*N'*-(2-naftilsulfonil)gidrazin – kak reagent dlia kontsentrirvaniia ionov tsvetnykh metallov iz ammiachnykh rastvorov [N-tridekanoil-*N'*-(2-naftihyl sulfonil) hydrazine - as a reagent for concentrating non-colored metal ions from ammonium solutions] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2019. Vol. 9. Issue 1. P. 62–74 (in Russ.). DOI:10.17072/2223-1838-2019-1-62-74.