

УДК 543.632.9, 543.422.3-76

DOI: 10.17072/2223-1838-2021-1-71-81

Ю.Б. Ельчищева, К.С. Горбунова, П.Т. Павлов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**N-(2-ГИДРОКСИБЕНЗОИЛ)-N'-(п-ТОЗИЛ)ГИДРАЗИНА**

Представлены результаты исследования физико-химических свойств N-(2-гидроксибензоил)-N'-(п-тозил)гидразина (ГБСГ). Исследована растворимость реагента в этаноле, 0,1 моль/л растворе КОН, толуоле, хлороформе, гексане методами спектрофотометрии, рефрактометрии и гравиметрии. На основании полученных результатов показано, что ГБСГ может быть использован в процессах флотации и экстракции. Кислотно-основные равновесия в растворах реагента изучены спектрофотометрическим методом. Полученные значения констант кислотной диссоциации ($pK_{a1} = 7,93 \pm 0,34$; $pK_{a2} = 10,48 \pm 0,15$) доказывают, что ГБСГ является слабой двухосновной кислотой. Изучена гидролитическая устойчивость реагента спектрофотометрическим методом. Результаты исследования показали, что растворы ГБСГ достаточно устойчивы во времени в щелочных средах: степень гидролиза в течение двух часов составляет 2,35%. Сталагмометрическим методом определена поверхностная активность реагента. Установлено, что ГБСГ является поверхностно-активным веществом.

Ключевые слова: ацилсульфонилгидразины; физико-химические свойства; органические лиганды; растворимость; ультрафиолетовая спектроскопия

Поступила в редакцию 29.01.2021; после доработки 11.02.2021; принята к публикации 24.02.2021

Y.B. Elchishcheva, K.S. Gorbunova, P.T. Pavlov

Perm State University, Perm, Russia

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF**N-(2-HYDROXYBENZOYL)-N'-(p-TOSYL) HYDRAZINE**

The results of a study of the physicochemical properties of N-(2-hydroxybenzoyl)-N'-(p-tosyl) hydrazine (GBSH) are presented. The solubility of the reagent in ethanol, 0.1 mol / L KOH solution, toluene, chloroform, hexane was studied by spectrophotometry, refractometry, and gravimetry. Based on the results obtained, it was shown that GBSG can be used in the processes of flotation and extraction. Acid-base equilibria in reagent solutions were studied spectrophotometrically. The obtained values of the acid dissociation constants ($pK_{a1} = 7.93 \pm 0.34$; $pK_{a2} = 10.48 \pm 0.15$) prove that GBSH is a weak diacid. The hydrolytic stability of the reagent was studied by the spectrophotometric method. The results of the study showed that HBHS solutions are sufficiently stable over time in alkaline media: the degree of hydrolysis within two hours is 2.35%. The surface activity of the reagent was determined by the stalagmometric method. It has been established that GBSG is a surfactant.

Keywords: acylsulfonylhydrazines; physico-chemical properties; organic ligands; solubility; ultraviolet spectrometry

Received 29.01.2021; revised 11.02.2021; accepted 24.02.2021

© Ельчищева Ю.Б., Горбунова К.С., Павлов П.Т., 2021



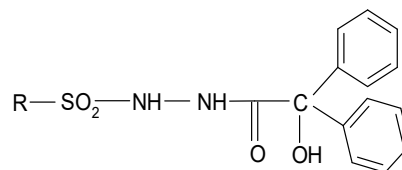
Данная статья распространяется на условиях лицензии
Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная.

С целью расширения области поиска новых реагентов для процессов концентрирования ионов цветных металлов представляет интерес изучение ацилсульфонилгидразинов (АСГ), которые к настоящему времени зарекомендовали себя как перспективные хелатообразующие лиганды, образующие при комплексообразовании флотоактивные комплексы [1].

Чекановой Л.Г. с сотрудниками выполнен цикл работ по исследованию физико-химических свойств N-ацил-N'-(п-тозил)-гидразинов общей формулой $RC(O)NHNHSO_2C_6H_4(CH_3)$, где $R = H, C_2H_5, C_3H_7, C_4H_9, C_6H_{13}, C_4H_9CH(C_2H_5), C_8H_{15}, C_{10}H_{21}, C_{12}H_{25}$. [2]. Показана возможность использования АСГ в качестве собирателей для ионной флотации цветных металлов [3].

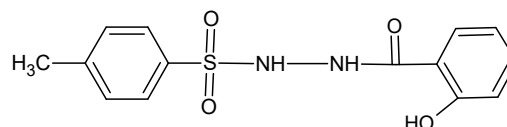
Авторами [4] изучены физико-химические свойства представителя исследуемого ряда N-ацил-N'-(п-тозил)гидразинов с разветвленным небольшим алкильным радикалом, а именно N-(2,2-диметилпропаноил)-N'-п-тозил-гидразина (НППТ), необходимые для оценки возможности применения реагента в процессах концентрирования ионов цветных металлов, в частности, экстракции и флотации. Реагент апробирован на сульфидной медной руде Томинского месторождения (Челябинская область). В результате экспериментов установлено, что реагент обладает выраженными собирательными свойствами по отношению к медным рудам.

Воробьевой Н.Е. с сотрудниками [5] изучены физико-химические свойства ацилсульфонилгидразинов общей формулой (1):



где R: $C_6H_5, n-CH_3-C_6H_4, n-CH_3O-C_6H_4, n-NH_2-C_6H_4, n-Br-C_6H_4, n-NO_2-C_6H_4, o-CH_3-C_6H_4$. Исследованные АСГ предложены для экстракционно-фотометрического определения осмия (VI) [6].

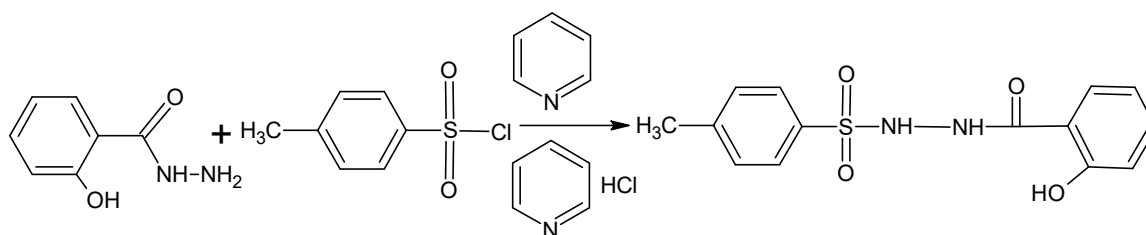
Представляло интерес исследовать АСГ с ароматическим радикалом в качестве представителя паратолуольного ряда. Целью настоящей работы было исследование физико-химических свойств N-(2-гидроксibenзоил)-N'-(п-тозил)гидразина (ГБСГ) с целью определения возможности применения реагента в процессах концентрирования цветных металлов. Исследуемый реагент можно представить следующей формулой (2):



Экспериментальная часть

Синтез реагента

N-(2-гидроксibenзоил)-N'-(п-толуолсульфонил)гидразин получили взаимодействием гидразида салициловой кислоты с тозилхлоридом в среде пиридина [7].



Строение реагента подтверждены данными ИК-, ЯМР ^1H -спектроскопии и элементного анализа.

Реактивы и приборы

В работе использовали стандартный $1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л этанольный раствор ГБСГ, точную концентрацию которого устанавливали кондуктометрическим титрованием 0,1 моль/л раствором КОН [8]; растворы гидроксида калия (моль/л: 1,0; 0,1; 0,01); аммиака (моль/л: 2,0; 1,0; 0,1); раствор хлористоводородной кислоты (2,0 моль/л), раствор азотной кислоты (1,0 моль/л); растворители: этиловый спирт, гексан, толуол, хлороформ.

Для проведения спектрофотометрических исследований (определение растворимости ГБСГ в 0,1 моль/л КОН; изучение гидролитической устойчивости реагента в 0,1 моль/л КОН; исследование кислотно-основных равновесий) применяли спектрофотометр СФ-2000 (ОКБ-Спектр, Санкт-Петербург). Значения рН растворов реагента измеряли на рН-метре АНИОН 4100 (Инфраспек-Аналит, Новосибирск) с комбинированным электродом ЭСК-10603/7. Для определения точной концентрации ГБСГ выполняли кондуктометрическое титрование на кондуктометре SEVEN MULTI S70-K (Mettler Toledo, Швейцария). Для определения растворимости реагента в этиловом спирте измеряли показатель преломления на рефрактометре RE40D (Mettler Toledo, Япония). Растворимость ГБСГ в толуоле, гексане и хлороформе определяли гравиметрическим методом, используя сушильный шкаф LOIP LF 60/350-VS1 и аналитические весы фирмы ACCULAB (США). Ацилсульфонилгидразины

практически не растворимы в воде, но хорошо растворимы в этиловом спирте, поэтому поверхностное натяжение на границе раствор ГБСГ – воздух измеряли последовательным разбавлением спиртовых растворов реагента сталагмометрическим методом [9]. Предварительно определяли поверхностное натяжение водно-спиртовых растворов без реагента.

Физико-химические свойства

Определение растворимости

Для оценки практического использования реагента в процессах концентрирования металлов необходимо изучить его растворимость в традиционно используемых растворителях. В качестве растворителей флотореагентов обычно используют воду, растворы кислот или щелочей, а экстрагентов – несмешиваемые с водой органические растворители (углеводороды, кислородсодержащие соединения или их смеси). Именно этими соображениями обусловлен выбор растворителей для ГБСГ.

Для изучения растворимости реагента в 0,1 моль/л растворах КОН применяли спектрофотометрический метод [10]. С целью определения максимального светопоглощения сняты спектры раствора ГБСГ в растворе КОН (рис.1).

В дальнейшем при оптимальной длине волны (327 нм) построен градуировочный график (рис. 2) для определения концентрации ГБСГ. Закон Бугера–Ламберта–Бера выполняется в интервале от $2 \cdot 10^{-5}$ до $2,4 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Молярный коэффициент светопоглощения составляет $7800 \text{ см}^2/\text{моль}$. Для определения растворимости реагента 0,1 моль/л водный раствор КОН насыщали ГБСГ, термостатировали при температуре $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 24 часов. Насы-

щенный раствор отфильтровали через фильтр с синей лентой, путем разбавления аликвоты получали растворы с различной концентрацией реагента и измеряли их оптическую плотность в кварцевых кюветах.

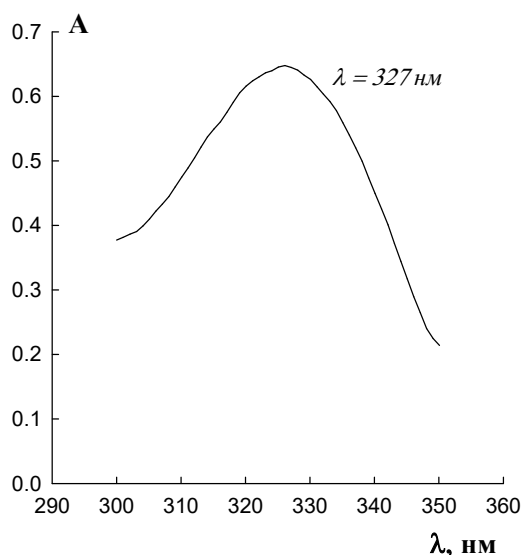


Рис. 1. Спектр поглощения ГБСГ в 0,1 моль/л КОН;
 $C_{\text{ГБСГ}} = 4,0 \cdot 10^{-5}$ моль/л; $l = 1,0$ см

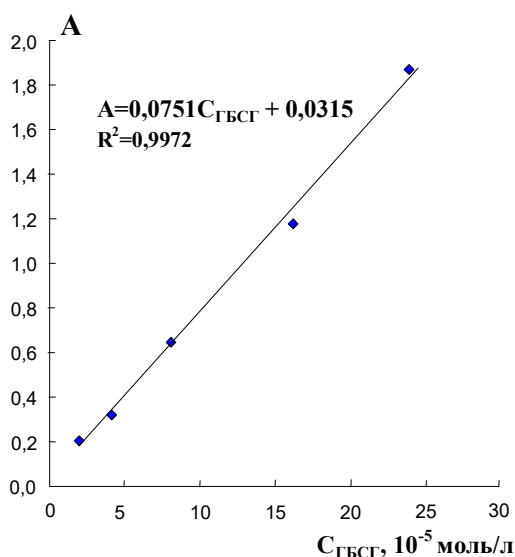


Рис. 2. Градуировочный график для определения растворимости ГБСГ в 0,1 моль/л растворе КОН;
 $\lambda = 327$ нм, $l = 1,0$ см

Для определения растворимости ГБСГ в этиловом спирте применяли изотермический метод сечений профессора Р.В. Мерцлина [11]. Для создания серии смесей в стеклянные бюк-

сы помещали одинаковое количество растворителя массой 0,5 г и переменное количество реагента, взвешенные на аналитических весах ($\pm 2 \cdot 10^{-4}$ г). Полученные смеси в закрытых бюксах термостатировали ($20 \pm 1^\circ\text{C}$) и выдерживали для насыщения жидкой фазы реагентом, как минимум, в течение 24 ч при периодическом перемешивании. Постоянство значения показателя преломления жидкой фазы для каждой навески свидетельствовало о достижении состояния равновесия. Показатели преломления жидкой фазы измеряли с погрешностью $\pm 1 \cdot 10^{-4}$. Результаты экспериментов представлены на рис. 3.

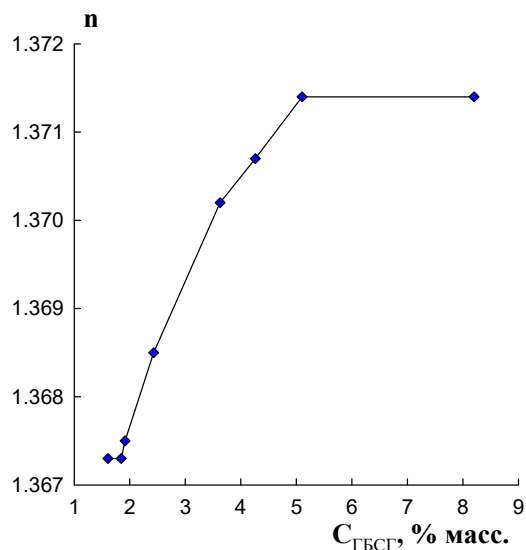


Рис. 3. Зависимость показателя преломления жидкой фазы от концентрации реагента в этиловом спирте

Растворимость реагента в хлороформе, гексане и толуоле определена гравиметрическим методом. Для этого растворитель (5,0 мл) насыщали ГБСГ, термостатировали при комнатной температуре ($20 \pm 1^\circ\text{C}$) в течение 24 часов. Далее после фильтрования отбирали аликвоту раствора реагента (1,0 мл), упаривали в сушильном шкафу в стеклянных бюксах при температуре $100-105^\circ\text{C}$ до постоянной массы.

Растворимость S (г/л) рассчитывали по формуле

$$S = (m_2 - m_1) \cdot 1000,$$

где m_1 – масса пустого бюкса, г; m_2 – масса бюкса с веществом, г.

В табл. 1 представлены результаты исследования растворимости реагента. Наблюдается

хорошая растворимость ГБСГ в 0,1 моль/л растворе КОН, этаноле и хлороформе; реагент умеренно растворим в толуоле и плохо – в гексане. Полученные результаты показали, что реагент может использоваться в процессах флотации и экстракции.

Таблица 1

Растворимость N-(2-гидроксибензоил)-N'-(п-тозил)гидразина при 20 °С

Растворимость, моль/л (г/л)				
0,1 моль/л КОН	этанол	гексан	толуол	хлороформ
$5,24 \cdot 10^{-2}$ (16,0)	$1,67 \cdot 10^{-1}$ (51,0)	$6,54 \cdot 10^{-4}$ (0,200)	$7,52 \cdot 10^{-3}$ (2,30)	$1,76 \cdot 10^{-2}$ (5,40)

Кислотно-основные равновесия

Изучение протолитических равновесий в растворах реагента важно не только для понимания распределения различных форм в зависимости от кислотности среды, но также способствует прогнозированию области рН существования комплексных соединений. Для определения констант диссоциации использован спектрофотометрический метод [12]. Поскольку различные формы реагента имеют разное поглощение, УФ-спектры поглощения растворов ГБСГ в зависимости от рН различаются (рис. 4), что подтверждает наличие в растворах соединений кислотно-основных равновесий.

Для определения значений pK_a реагента изучена зависимость оптической плотности растворов ГБСГ от рН раствора при длине волны 320 нм. Для растворов реагента на кривой $A \sim f(pH)$ наблюдали два перегиба: первый – в области рН = 6,3-9,0, который соответствует диссоциации ГБСГ по I ступени, второй – при рН = 10,3-10,8, соответствующий диссоциации по II ступени (рис. 5). Рассчитанные значения констант кислотной диссоциации

составили: $pK_{a1} = 7,93 \pm 0,34$ и $pK_{a2} = 10,48 \pm 0,15$. Поэтому предполагается, что комплексобразование реагента с ионами цветных металлов будет происходить в щелочных средах.

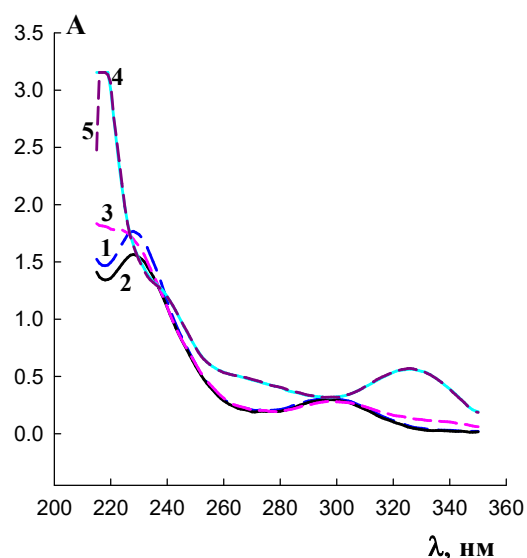


Рис. 4. Спектры поглощения растворов ГБСГ в зависимости от рН;

$C = 8,0 \cdot 10^{-5}$ моль/л, 1 – рН-1,00; 2 – рН-3,94; 3 – рН-6,80; 4 – рН-10,90; 5 – рН-13,20; (применялись растворы КОН И HCl)

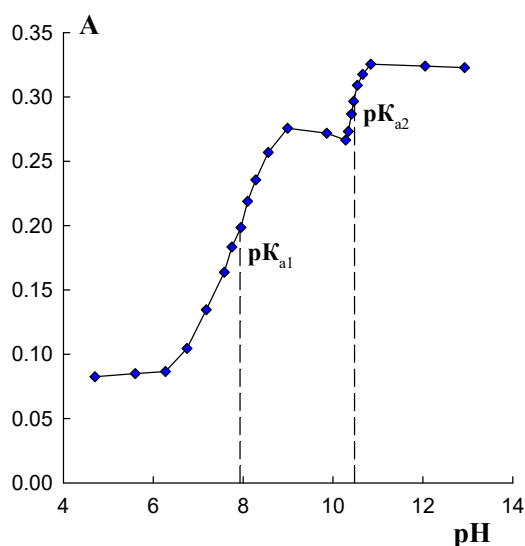


Рис. 5. Определение констант кислотной диссоциации ГБСГ, $C = 8,0 \cdot 10^{-5}$ моль/л; $\lambda = 320$ нм; $l = 1,0$ см

Определение устойчивости к гидролизу в щелочных средах

Для проведения флотации важным условием является достаточная устойчивость реагента [13]. Комплексообразование реагента с ионами цветных металлов, как упомянуто ранее, возможно в щелочных растворах, поэтому актуальным является изучение устойчивости в растворе КОН. Гидролитическую устойчивость определяли спектрофотометрическим

методом. Раствор ГБСГ ($8,0 \cdot 10^{-5}$ моль/л) в 0,1 моль/л растворе КОН выдерживали при комнатной температуре в течение двух часов. Изменение концентрации реагента определяли через 15, 30, 60, 90 и 120 минут. Исследуемые растворы фотометрировали на фоне холостого опыта при оптимальной длине волны. Расчет степени гидролиза ГБСГ осуществляли по следующей формуле:

$$\alpha, \% = \frac{A_0 - A_i}{A_0} \cdot 100$$

где A_0 – оптическая плотность раствора реагента в начальный момент времени; A_i – оптическая плотность раствора реагента после термостатирования.

По истечении двух часов качественный состав изучаемого раствора ГБСГ был постоянен, что подтверждают идентичные спектры поглощения ($\lambda = 327$ нм). Зависимость степени гидролиза от времени выдерживания раствора реагента отображена в табл. 2. По полученным результатам можно сделать вывод, что реагент проявляет достаточно высокую устойчивость в щелочной среде в течение двух часов.

Таблица 2

Степень гидролиза (α , %) ГБСГ в 0,1 моль/л КОН во времени

($C_{\text{ГБСГ}} = 8,0 \cdot 10^{-5}$ моль/л; $\lambda = 327$ нм; $\tau = 20 \pm 1^\circ\text{C}$)

τ , мин	0	15	30	60	90	120
α , %	0	0,44	1,03	1,77	1,92	2,35

Поверхностно-активные свойства

Использование того или иного вещества в качестве флотореагента устанавливается с помощью такой характеристики, как способность понижать поверхностное натяжение на границе жидкость-газ [14]. Адсорбцию ГБСГ на границе раздела водно-спиртовой раствор-

воздух изучали с помощью сталагмометрического метода [15]. Исследуемое соединение хорошо растворимо в воде, поэтому поверхностное натяжение на границе раствор ГБСГ – воздух измеряли в нейтральных средах. Введение реагента с концентрациями от $1,0 \cdot 10^{-5}$ до $1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л значительно повлияло на значе-

ния поверхностного натяжения по сравнению с фоновым раствором. Реагент снижает поверхностное натяжение на границе стандартный раствор – воздух более чем в два раза, поэтому ГБСГ можно отнести к ПАВ (табл. 3).

Таблица 3

Изменения поверхностного натяжения ГБСГ на границе водно-спиртовой раствор-воздух

С _{ГБСГ} , моль/л	σ, мН/м
1,0·10 ⁻²	29,58
5,0·10 ⁻³	31,47
4,0·10 ⁻³	33,61
3,0·10 ⁻³	35,64
2,0·10 ⁻³	38,41
1,0·10 ⁻³	49,30
2,0·10 ⁻⁴	58,00
1,0·10 ⁻⁴	65,73
5,0·10 ⁻⁵	67,22
1,0·10 ⁻⁵	68,79

Значение тангенса угла наклона прямой, касательной к изотерме поверхностного натяжения водно-спиртовых растворов ГБСГ в области малых концентраций соответствует значению поверхностной активности реагентов. Расчет производили по формуле

$$G = -\frac{d\sigma}{dc}$$

(при c→0).

По полученным расчетам поверхностная активность ГБСГ составляет 0,05 Нм²/моль (рис. 6). Из этого следует, что реагент способен проявлять поверхностную активность в водно-спиртовом растворе.

$$G = -\frac{d\sigma}{dc} = -\tan \alpha = \tan \varphi = 0,05 \left(\text{Н} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{моль}} \right)$$

(при c→0)

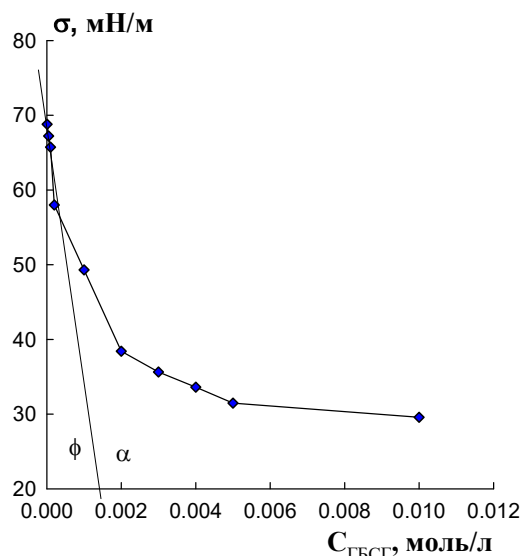


Рис. 6. Изотерма поверхностного натяжения на границе водно-спиртовой раствор ГБСГ – воздух

Кинетика пенообразования

При проведении флотации большую роль играет характер и свойства образующихся пен. Малоустойчивые (хрупкие) пены, так же, как и слишком устойчивые, не являются оптимальными для флотационного процесса [16]. Образующиеся пены должны обеспечивать вторичное (дополнительное) концентрирование флотируемого минерального сырья. Недостаточно устойчивые пены уменьшают эффективность извлечения по причине недостаточного выноса образующегося сублата, а чрезмерно стабильные минерализованные пены затрудняют дальнейший технологический процесс с извлекаемым коллигендом в виде пенного продукта, например, дальнейшие операции дополнительной (перечистой) флотации. Ввиду этого интерес представляет изучение устойчивости образующихся пен и изменение их объема во времени.

Несмотря на то, что флотационные пены, содержащие воздух, частицы сублата и воду, являются трехфазными, методически пред-

ставляется более верным изучение первоначально двухфазных пен [17].

Поэтому актуально провести изучение устойчивости пенообразования в водных растворах ГБСГ [18]. В цилиндр объемом 50 мл с притертой пробкой наливают 25 мл раствора реагента и встряхивают в течение 60 с. После прекращения встряхивания отмечают объем образовавшейся пены. Далее отмечают изменения объема пены во времени. Аналогичные опыты проводят с растворами ГБСГ, разбавленными в 2, 4, 8, 16 раз и т.д. (до тех концентраций, пока реагент устойчивой пены давать

не будет – получающаяся пена мгновенно разрушается). После проведения эксперимента делают вывод об устойчивости пены. Результаты исследования отображены в табл. 4.

Полученные значения исследований показали, что при концентрации реагента ($C_{\text{ГБСГ}} = 2,5 \cdot 10^{-3}$ моль/л) происходит быстрое разрушение пены, но при уменьшении концентрации образуются умеренно устойчивые пены, поэтому при проведении ионной флотации возможно потребуются введение дополнительного пенообразователя.

Таблица 4

Изменения устойчивости объема пены растворов ГБСГ во времени

С _{ГБСГ} , моль/л	Изменение объема пены (V, мл) от концентрации реагента во времени						
	τ, с						
	0	5	10	30	60	90	120
$1,25 \cdot 10^{-3}$	4	3	2	2	2	2	2
$6,25 \cdot 10^{-4}$	4	4	3	2	2	2	2
$3,13 \cdot 10^{-4}$	4	4	3	2	2	2	2
$1,56 \cdot 10^{-4}$	4	4	3	3	2	2	2
$7,80 \cdot 10^{-5}$	3	2	2	2	2	2	2
$3,90 \cdot 10^{-5}$	3	2	2	2	2	2	1

Результаты исследований показали, что свойства ГБСГ (хорошая растворимость в растворах щелочей, устойчивость к щелочному гидролизу, 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 ионной флотации.

Список литературы

1. Воронкова О.А., Чеканова Л.Г., Щербань М.Г., и др. Комплексообразование и флотация ионов цветных металлов из щелочных растворов с N-ацил-N'-(п-толуолсульфонил)-гидразинами // Журнал

прикладной химии. 2012. Т. 85, № 12. С. 2005–2010.

2. Ельчищева Ю.Б., Кириевская В.О., Павлов П.Т., Чалова Ю.И. Физико-химические и комплексообразующие свойства ацилсульфонилгидразинов // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2016. Т. 7, № 2. С. 92–101.

3. Чеканова Л.Г., Радушев А.В., Воронкова О.А., Байгачева Е.В., Алехина Ю.В. Извлечение ионов цветных металлов из аммиачных растворов с N-ацил-N'-(п-толуол-сульфонил)гидразинами // Химическая технология. 2011. № 12. С. 7547–59.

4. Васильев В.С., Ельчищева Ю.Б., Павлов П.Т., Чеканова Л.Г. Физико-химические свойства

- N-(2,2-диметилпропаноил)-N'-(p-толуолсульфонил)гидразина // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2019. Т. 9, № 3. С. 212–218.
5. Воробьева Н.Е. Ацилсульфонилгидразины – реагенты на осмий: дис. ... канд. хим. наук. Рига, 1989. 17 с.
 6. Воробьева Н.Е., Животисцев В.П., Павлов П.Т. Экстракционно-фотометрическое определение осмия (VI) N'-(p-толуолсульфонил)гидразидом бензиловой кислоты // Журнал аналитической химии. 1989. Т. 64, №. 3. С. 467–471.
 7. Веретенникова О.В. Арилсульфогидразиды дизамещенных гликолевых кислот и их производные: дис. ... канд. хим. наук. Пермь, 1984. 138 с.
 8. Радусhev А.В., Чеканова Л.Г., Гусев В.Ю., Сазонова Е.А. Определение гидразидов и 1,2-диацилгидразинов алифатических карбоновых кислот кондуктометрическим титрованием // Журнал аналитической химии. 2000. Т. 55, № 5. С. 496–499.
 9. Шукин Е.Д., Амелина Е.А., Перцов А.В. Коллоидная химия. М.: Изд-во МГУ, 1982. 348 с.
 10. Булатов М. И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа М.: Химия, 1986. 431 с.
 11. Никурашина Н.И., Мерцлин Р.В. Метод сечений. Приложение его к изучению многофазного состояния многокомпонентных систем. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1969. 122 с.
 12. Бернштейн И.Я., Каминский Ю.Л. Спектрофотометрический анализ в органической химии. Л.: Химия, 1986. 116 с.
 13. Ельчищева Ю.Б. Равновесия при комплексобразовании 1,2-диацилгидразинов с ионами цветных металлов: дис. ...канд. хим. наук. Пермь, 2008. 113 с.
 14. Айвазов Б.В. Практикум по химии поверхностных явлений и адсорбции. М.: Высшая школа, 1973. 208 с.
 15. Щербань М.Г. Коллоидная химия: метод. указания к выполнению лабораторных работ. Пермь, 2006. 72 с.
 16. Сорокин М.М. Флотационные методы обогащения. Химические основы флотации: учеб. пособие. М.: Изд. Дом МИСиС, 2010. 409 с.
 17. Глембоцкий В.А., Классен В.И. Флотация. М.: Недра, 1973. С. 384.
 18. Елесина В.В., Балабанова С.С., Верецагин А.Л. Получение и изучение устойчивости пен. Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та БТИ, 2018. 17 с.
- References**
1. Voronkova, O.A., Chekanova, L.G., Scherban, M.G., Radushev, A.V., Pavlov, P.T., Chernova, G.V. (2012), “Complexation and flotation of non-ferrous metal ions from alkaline solutions with N-acyl-N'-(p-toluenesulfonyl) -hydrazines”, *Journal of Applied Chemistry*, vol. 85, no. 12, pp. 2005-2010. (in Russian).
 2. Yelchischeva, Yu.B., Kirievskaya, V.O., Pavlov, P.T., Chalova Yu.I. (2016), “Physicochemical and complexing properties of acyl-sulfonylhydrazines”, *Bulletin of Perm University. Chemistry*, vol. 7, no. 2, pp. 92–101. (in Russian).
 3. Chekanova, L.G., Radushev, A.V., Voronkova, O.A., Baigacheva, E.V., Alekhina, Yu.V. (2011), “Extraction of non-ferrous metal ions from ammonia solutions with N-acyl-N'-(p-

- toluene-sulfonyl) hydrazines”, *Khimicheskaja tekhnologija*, no. 12, pp. 754–759. (in Russian).
4. Vasiliev, V.S., Yelchishcheva, Yu.B., Pavlov, P.T., Chekanova, L.G. (2019), “Physicochemical properties of N-(2,2-dimethylpropanoyl)-N'- (p-toluenesulfonyl) hydrazine”, *Bulletin of Perm University. Chemistry*, vol. 9, no. 3, pp. 212-218. (in Russian).
 5. Vorobieva, N.E. (1989) Acylsulfonylhydrazines - reagents for osmium, Ph.D. Thesis, Riga, USSR. (in Russian).
 6. Vorobieva N.E., Zhivopistsev V.P., Pavlov P.T. (1989), “Extraction-photometric determination of osmium (VI) N'- (p-toluenesulfonyl) with benzyl acid hydrazide”, *Journal of Analytical Chemistry*, vol. 64, no. 3, pp. 467-471. (in Russian).
 7. Veretennikova, O.V. (1984) *Arylsulfohydrazides of disubstituted glycolic acids and their derivatives*. Ph.D. Thesis, Perm, USSR. (in Russian).
 8. Radushev, A.V., Chekanova, L.G., Gusev, V.Yu., Sazonova, E.A. (2000), “Determination of hydrazides and 1,2-diacylhydrazines of aliphatic carboxylic acids by conductometric titration”, *Journal of Analytical Chemistry*, vol 55, no. 5, pp. 496-499. (in Russian).
 9. Shchukin, E.D., Amelina, E.A., Pertsov, A.V. (1982), *Kolloidnaya khimiya*, Moscow State University Publishing House, Moscow. (in Russian).
 10. Bulatov, M.I., Kalinkin, I.P. (1986), *Prakticheskoe rukovodstvo po fotometricheskim metodam analiza* [Practical guidance on photometric methods of analysis], Chemistry, Moscow. (in Russian).
 11. Nikurashina, N.I. and Mertslin, R.V. (1969), *Metod sechenij. Prilozhenie ego k izucheniyu mnogofaznogo sostoyaniya mnogokomponentnyh sistem* [The method of sections. Application to the study of his state multiphase multi-component systems], Saratov University, Saratov. (in Russian).
 12. Bernstein, I. Ya., Kaminsky, Yu. L. (1986), *Spectrophotometric analysis in organic chemistry*, Chemistry, Leningrad. (in Russian).
 13. Yelchischeva, Yu.B. (2008) Equilibrium in the complexation of 1,2-diacylhydrazines with non-ferrous metal ions, Ph.D. Thesis. Perm, Russia. (in Russian).
 14. Aivazov, B.V. (1973), *Workshop on the chemistry of surface phenomena and adsorption*, Higher school, Moscow. (in Russian).
 15. Shcherban, M.G. (2006), *Colloidal chemistry: method. instructions for laboratory work*, Perm University, Perm. (in Russian).
 16. Sorokin, M.M. (2010), *Flotation beneficiation methods. Chemical foundations of flotation: textbook. Allowance*, Ed. House MISIS, Moscow. (in Russian).
 17. Glembotskiy, V.A., Klassen, V.I. (1973), *Flotation*, Nedra, Moscow. (in Russian).
 18. Elesina, V.V., Balabanova, S.S., Vereshchagin, A.L. (2018), *Obtaining and studying the stability of foams*, Publishing house Alt. state tech. University BTI, Biysk. (in Russian).

Об авторах

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

Ксения Сергеевна Горбунова,
студент кафедры аналитической химии и
экспертизы
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
gorbunovaksusha98@gmail.com

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

About the authors

Yulia B. Elchishcheva ,
Candidate of Chemical Science ,
Associate Professor, Department of Analytical
Chemistry and Expertise,
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
analitik1973@mail.ru.

Ksenia S. Gorbunova ,
Student of the Department of Analytical Chemistry
and Expertise
Perm State University
614990, Perm, st. Bukirev, 15.
gorbunovaksusha98@gmail.com

Petr T. Pavlov ,
Candidate of Chemical Science ,
Associate Professor, Department of Organic Chemis-
try
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
pavlovpt@mail.ru

Информация для цитирования:

Ельчищева Ю.Б., Горбунова К.С., Павлов П.Т. Физико-химические свойства N-(2-гидроксибензоил)-N'-(p-тозил)гидразина // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2021. Т. 11, вып. 1. С. 71–81. DOI: 10.17072/2223-1838-2021-1-71-81.

Elchishcheva Yu.B., Gorbunova K.S., Pavlov P.T. *Fiziko-khimicheskie svoystva N-(2-gidroksibenzoil)-N'-(p-tozil)gidrazina* [Physico-chemical properties of N-(2-hydroxybenzoyl)-N'-(p-tosil)hydrazine] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2021. Vol. 11. Issue 1. P. 71–81 (in Russ.). DOI:10.17072/2223-1838-2021-1-71-81.