

– ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И ЭЛЕКТРОХИМИЯ –

Научная статья

УДК 543.422.3+543.452+544.722.2

<http://doi.org/10.17072/2223-1838-2024-2-41-51>

**Изучение физико-химических свойств
N-нонаил-N'-(2-нафтилсульфонил)гидразина**

Юлия Борисовна Ельчищева, Юлия Сергеевна Шелгунова, Петр Тимофеевич Павлов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследования физико-химических свойств N-нонаил-N'-(2-нафтилсульфонил)гидразина (НСГ). Методами спектрофотометрии, рефрактометрии и гравиметрии исследована растворимость реагента в этаноле, 0,1 моль/л растворе КОН, толуоле, хлороформе, гексане. На основании полученных результатов исследования показано, что НСГ может быть использован в процессах флотации и экстракции. Протолитические равновесия в растворах реагента изучены спектрофотометрическим методом. Полученные значения констант кислотной диссоциации ($pK_{a1}=8,33\pm 0,08$; $pK_{a2}=13,15\pm 0,10$) доказывают, что НСГ является слабой двухосновной кислотой. С целью использования реагента в процессах концентрирования изучена устойчивость реагента в 0,1 моль/л растворе КОН спектрофотометрическим методом. Результаты исследования показали, что растворы НСГ достаточно устойчивы во времени в щелочных средах: степень гидролиза в течение 30 минут составляет 1,41 %. Сталагмометрическим методом определена поверхностная активность реагента. Установлено, что НСГ является поверхностно-активным веществом.

Ключевые слова: ацилсульфонилгидразины; органические лиганды; растворимость; ультрафиолетовая спектрометрия; поверхностная активность

Для цитирования: Ельчищева Ю.Б., Шелгунова Ю.С., Павлов П.Т. Изучение физико-химических свойств N-нонаил-N'-(2-нафтилсульфонил)гидразина // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2024. Т. 14, № 2. С. 41–51 <http://doi.org/10.17072/2223-1838-2024-2-41-51>

Original Article

<http://doi.org/10.17072/2223-1838-2024-2-41-51>

**Studying physical and chemical properties
N-nonail-N'-(2-naphthylsulphonyl)hydrazine**

Yulia B. Elchisheva, Yulia S. Shelgunova, Petr T. Pavlov

Perm State University, Perm, Russia

Abstract. The results of a study of the physicochemical properties of N-nonyl-N'-(2-naphthylsulphonyl)hydrazine (NSH) are presented. The solubility of the reagent in ethanol, 0,1 mol/l KOH solution, toluene, chloroform, and hexane was studied using spectrophotometry, refractometry and gravimetry. Based on the results of the study, it was shown that NSG can be used in flotation and extraction processes. Protolytic equilibria in reagent solutions were studied using the spectrophotometric method. The obtained values of acid dissociation constants ($pK_{a1}=8,33\pm 0,08$; $pK_{a2}=13,15\pm 0,10$) prove that NSH is a weak dibasic acid. In order to use the reagent in concentration processes, the stability of the reagent in a 0,1 mol/l KOH solution was studied using the spectrophotometric method. The results of the study showed that NSH solutions are quite stable over time in alkaline media: the degree of hydrolysis within 30 min is 1,41%. The surface activity of the reagent was determined using the stalagmometric method. It has been established that NSH is a surfactant.

Keywords: acylsulfonylhydrazines; organic ligands; solubility; ultraviolet spectrometry; surface activity

For citation: Elchisheva, Yu.B., Shelgunova, Yu.S. and Pavlov, P.T. (2024) “Studying physical and chemical properties N-nonail-N'-(2-naphthylsulphonyl)hydrazine”, *Bulletin of Perm University. Chemistry*, vol. 14, no. 2, pp. 41–51. <http://doi.org/10.17072/2223-1838-2024-2-41-51>

При поиске эффективных реагентов для концентрирования металлоионов большой интерес представляют хелатообразующие лиганды, способные образовывать малорастворимые комплексы [1]. С этой точки зрения заслуживают внимания ацилсульфонилгидразины (АСГ) – соединения, содержащие в своем составе гидразидную группу, способную к образованию прочных комплексных соединений с ионами цветных металлов, и сульфонильную. Сульфонильная группа обладает сильной электроакцепторной способностью и поэтому может активировать соседнюю аминогруппу, облегчая отрыв от нее протона, т.е. способна усиливать кислотные свойства соединения. Сочетание данных групп создает перспективу в области поиска новых реагентов для концентрирования ионов металлов.

Интерес к ацильным производным сульфогидразидов связан с широкой и многогранной сферой их применения: поверхностно активные вещества, антиоксиданты, вулканизирующие агенты, основа источников питания в радиоэлектронной технике, фунгициды, медицинские препараты [2, 3]. В работах Чекановой Л.Г с сотрудниками исследованы физико-химические свойства N-ацил-N'-(*p*-толуолсульфонил)гидразинов $RC(O)NHNHSO_2C_6H_4(CH_3)$, R – C_6H_{13} , $C_4H_9CH(C_2H_5)$, $C_{12}H_{25}$, ди(*n*-толуолсульфонил)гидразина $C_6H_4(CH_3)SO_2NHNHSO_2C_6H_4(CH_3)$. Изучены процессы комплексообразования АСГ с ионами Cu(II), Co(II) и Ni(II) в аммиачных и щелочных растворах. Показана возможность использования реагентов в качестве собирателей для ионной флотации цветных металлов [4–6].

Флотационное извлечение пены зависит от гидрофобизирующей способности реагента.

Хорошая гидрофобизация наблюдается у реагентов с объемными алкильными радикалами [7]. Утяжеление молекулы реагента за счёт введения крупного гидрофобного радикала приводит к значительному расширению диапазона pH комплексообразования, количественному извлечению комплекса с ионами цветных металлов и повышению чувствительности аналитической реакции, но не уменьшает её избирательности. Поэтому работы авторов [8, 9] были посвящены изучению физико-химических свойств и процессов комплексообразования N-(ацил,арил)-N'-(2-нафтилсульфонил)гидразинов общей формулой $RC(O)NHNHSO_2C_{10}H_7$, где R = C_5H_{11} ; $C_4H_9CH(C_2H_5)$; $C_{14}H_{29}$ и $C_6H_5(OH)$ с ионами цветных металлов в аммиачных средах. Изученные реагенты зарекомендовали себя, как хорошие осадители и собиратели ионов цветных металлов.

Для дополнения нафтильного ряда N-(ацил)-N'-(2-нафтилсульфонил)гидразинов, а также для определения возможности применения реагента в процессах концентрирования ионов цветных металлов авторами изучены физико-химические и поверхностно-активные свойства N-нонаил-N'-(2-нафтилсульфонил)гидразина (НСГ).

Экспериментальная часть

Синтез реагента: N-нонаил-N'-(2-нафтилсульфонил)гидразин получали взаимодействием гидразида нонановой кислоты с 2-нафтилсульфохлоридом в среде пиридина [10]. Индивидуальность и чистота реагента подтверждена данными ТСХ, ИК-, ЯМР 1H спектроскопии и элементным анализом.

В работе использованы стандартный $1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л этанольный раствор НСГ, точную концентрацию которого устанавливали кондукто-

метрическим титрованием 0,1 моль/л раствором КОН [11]; растворы гидроксида калия (моль/л: 10,0; 1,0; 0,1; 0,01); растворители: этиловый спирт, гексан, толуол, хлороформ.

Для проведения *спектрофотометрических исследований* (определение растворимости НСГ 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 НСГ* выполняли кондуктометрическое титрование на кондуктометре SEVEN MULTIS 70-K (MettlerToledo, Швейцария).

Растворимость НСГ в толуоле, гексане, хлороформе и воде определяли гравиметрическим методом, используя сушильный шкаф LOIP LF 60/350-VS1 и аналитические весы фирмы ACCULAB (США). Ацилсульфонилгидразины хорошо растворимы в этиловом спирте, поэтому поверхностное натяжение на границе раствор НСГ – воздух измеряли последовательно разбавленных спиртовых растворов реагента 0,1 моль/л раствором КОН сталагмометрическим методом. Предварительно определяли поверхностное натяжение водно-спиртовых растворов без реагента.

Результаты и их обсуждение

Определение растворимости НСГ. Для оценки практического использования реагента в процессах концентрирования металлов необходимо изучить его растворимость в традиционно используемых растворителях. В качестве растворителей флотореагентов обычно исполь-

зуют 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 НСГ.

Растворимость НСГ в хлороформе, гексане и толуоле определяли гравиметрическим методом. Для этого в стеклянных бюксах готовили насыщенные растворы реагента и выдерживали их в термостатируемых условиях при $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 24 ч. После фильтрования отбирали аликвоты (1,0 мл), упаривали в сушильном шкафу при температуре $(105-110)^\circ\text{C}$ до постоянной массы. Расчет растворимости S (г/л) проводили по формуле

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

где m_1 – масса пустого бюкса, г; m_2 – масса бюкса с реагентом после высушивания, г.

Растворимость НСГ в 0,1 моль/л растворе КОН определена спектрофотометрическим методом в кварцевых кюветах с толщиной слоя 1,0 см [12]. С целью определения максимального светопоглощения зарегистрированы спектры поглощения раствора реагента в 0,1 моль/л КОН (рис. 1).

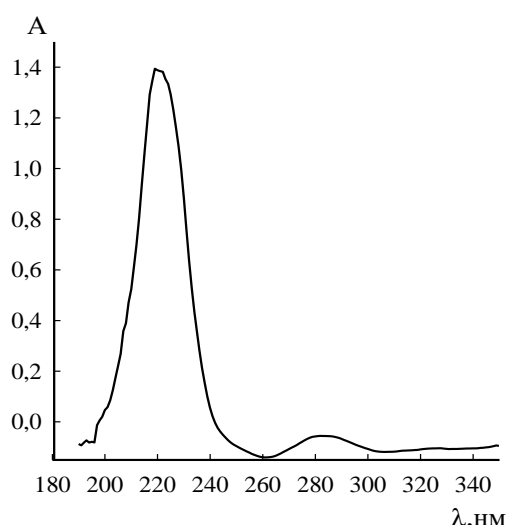


Рис. 1. Спектр поглощения раствора НСГ в 0,1 моль/л КОН; $C_{\text{НСГ}} = 2,5 \cdot 10^{-5}$ моль/л; $l = 1,0$ см

Из рис. 1 следует, что оптимальная длина волны составляет 218 нм. В оптимальных условиях построен градуировочный график для определения растворимости реагента в 0,1 моль/л КОН (рис. 2). Закон Бугера-Ламберта-Бера выполняется в интервале от $0,8 \cdot 10^{-5}$ до $2,5 \cdot 10^{-5}$ моль/л. По градуировочному графику рассчитан средний молярный коэффициент светопоглощения, который составляет $4,52 \cdot 10^4$ см²/моль.

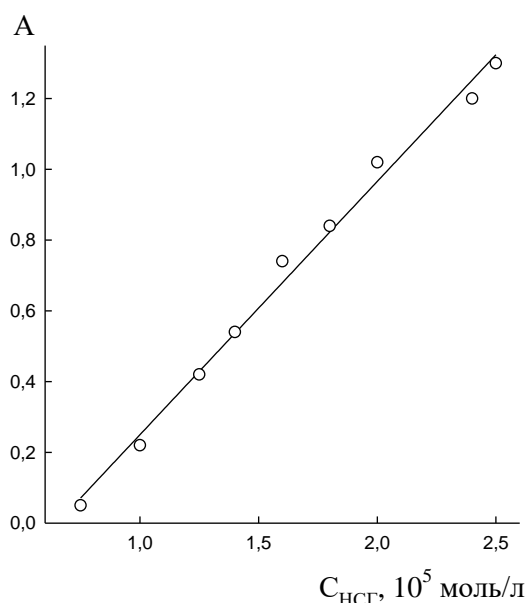


Рис. 2. Градуировочный график для определения растворимости НСГ в 0,1 моль/л КОН:

$$C_{НСГ}^{исх} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}, \lambda = 218 \text{ нм}, l = 1,0 \text{ см}$$

Для определения растворимости НСГ в 0,1 моль/л растворе КОН растворитель насыщали реагентом, термостатировали при темпе-

ратуре $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 24 часов. Насыщенный раствор фильтровали через фильтр с синей лентой и после разбавления аликвоты фильтра 0,1 моль/л раствором КОН фотометрировали в оптимальных условиях при длине волны 218 нм.

Для определения растворимости в этиловом спирте применяли изотермический метод сечений профессора Р.В. Мерцлина [13], а в качестве измеряемого физического свойства, соответственно, выступал показатель преломления жидкой фазы (растворителя). В стеклянные бюксы помещали одинаковое количество растворителя массой 0,5000 г, вносили переменное количество реагента для создания достаточной серии смесей взвешиванием 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 в течение 24 ч при периодическом перемешивании. Воспроизводимость значений показателя преломления свидетельствует о достижении равновесия между жидкой и твердой фазами. Показатель преломления жидкой фазы определен с погрешностью $\pm 1 \cdot 10^{-4}$. Данные о растворимости реагента приведены в табл. 1, из которой следует, что НСГ хорошо растворяется в спирте, в хлороформе, водных растворах КОН, умеренно растворим – толуоле и гексане.

Таблица 1

Растворимость НСГ в некоторых средах ($t=20^\circ\text{C}$)

Растворимость НСГ	Этиловый спирт	0,1 моль/л КОН	Толуол	Хлороформ	Гексан
моль/л	$1,80 \cdot 10^{-1}$	$1,70 \cdot 10^{-1}$	$4,70 \cdot 10^{-3}$	$6,10 \cdot 10^{-1}$	$1,70 \cdot 10^{-3}$
г/л	65,0	61,8	1,70	221	0,60

Устойчивость к гидролизу в щелочных средах: одним из основных требований к реагентам для использования их в процессах концен-

трирования ЦМ является их стабильность, в том числе химическая, во времени. Так как комплексообразование АСГ с ионами ЦМ пре-

имущественно происходит в щелочных средах, то актуально определить устойчивость НСГ в щелочных растворах. Устойчивость реагента к гидролизу определяли спектрофотометрическим методом [14]. Щелочной раствор НСГ с концентрацией $1,4 \cdot 10^{-5}$ моль/л в 0,1 моль/л растворе КОН термостатировали при температуре $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 30 минут. Оптическую плотность исследуемых растворов измеряли на фоне холостого опыта при оптимальной длине волны 218 нм. Расчет степени гидролиза НСГ осуществляли по следующей формуле (3):

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

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

По истечении времени качественный состав изучаемого раствора НСГ был постоянен, что подтверждают идентичные спектры поглощения. 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, так как через 30 минут степень гидролиза составляет 1,41 %.

Таблица 2

Степень гидролиза НСГ в 0,1 моль/л КОН

τ , мин	5	10	15	20	30
α , %	0,55	0,74	1,16	1,22	1,41

Определение поверхностного натяжения.

Адсорбция НСГ на границе раздела водно-спиртовой раствор-воздух изучена с помощью сталагмометрического метода [15]. Введение реагента в диапазоне концентраций от $7,81 \cdot 10^{-5}$

до $1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л значительно повлияло на значения поверхностного натяжения по сравнению с фоновым раствором. НСГ снижает поверхностное натяжение на границе стандартный раствор – воздух более чем в два раза, поэтому реагент можно отнести к ПАВ.

На рис. 3 приведена изотерма поверхностного натяжения НСГ. Падающая ветвь кривой отражает процесс постепенного заполнения поверхностного слоя молекулами ПАВ, при этом адсорбция достигает предельного значения, а дальнейшее введение ПАВ приводит к образованию мицелл в объеме раствора и менее значительно сказывается на величине поверхностного натяжения раствора.

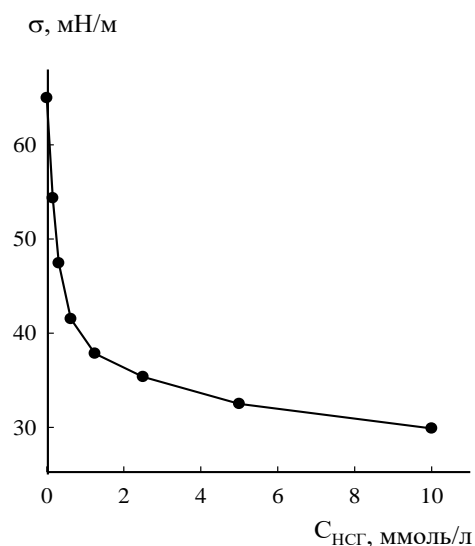


Рис. 5. Изотерма поверхностного натяжения на границе водно-спиртового щелочного раствора НСГ – воздух

Значение тангенса угла наклона прямой, касательной к изотерме поверхностного натяжения водно-щелочных растворов НСГ в области малых концентраций соответствует значению поверхностной активности реагента (G). Расчет производили по формуле:

$$G = \left(-\frac{d\sigma}{dC} \right)_{C \rightarrow 0} = -\operatorname{tg} \alpha.$$

Согласно проведенным расчетам, поверхностная активность N-нонаил-N'-(2-нафтилсульфонил)гидразина составляет $0,05 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{моль}$. Полученное значение согласуется с литературными данными по поверхностной активности анионоактивных ПАВ ($0,02\text{--}0,05 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{моль}$). Из этого следует, что реагент способен проявлять поверхностную активность в водно-щелочных растворах.

Изучение устойчивости пены во времени.

Роль пены и ее свойств во флотационном процессе исключительно велика. От характера поведения пены во многом зависит качество сублата – соединения ПАВ с извлекаемым коллигеном (металлом). Несмотря на то, что флотационные пены, содержащие воздух, частицы сублата и воду, являются трехфазными, методически представляется более верным изучение первоначально двухфазных пен. На пенообразование в значительной степени влияют pH раствора, температура.

Недостаточно устойчивые пены уменьшают эффективность извлечения по причине недостаточного выноса образующегося сублата, а чрезмерно стабильные минерализованные

пены затрудняют дальнейший технологический процесс с извлекаемым коллигеном в виде пенного продукта, например, дальнейшие операции дополнительной (перечистой) флотации. Для флотации необходимо использовать умеренно устойчивые пены. Именно поэтому представляет интерес изучить устойчивость пен, образующихся при добавлении НСГ в качестве поверхностно-активного вещества [16].

В цилиндр объемом 50,0 мл с притертой пробкой наливали 25,0 мл исследуемого раствора ПАВ и встряхивали в течение 60 с. После прекращения встряхивания отмечали объем образовавшейся пены и изменение объема пены во времени. Аналогичные опыты проводят с растворами НСГ, разбавленными в 2, 4, 8, 16 раз и т.д. до тех пор, пока реагент не будет давать устойчивой пены. Результаты измерений приведены в табл. 4. Полученные результаты исследований показали, что НСГ образует достаточно устойчивые пены, поэтому при проведении ионной флотации, возможно, не требуется введение дополнительного пенообразователя.

Таблица 1

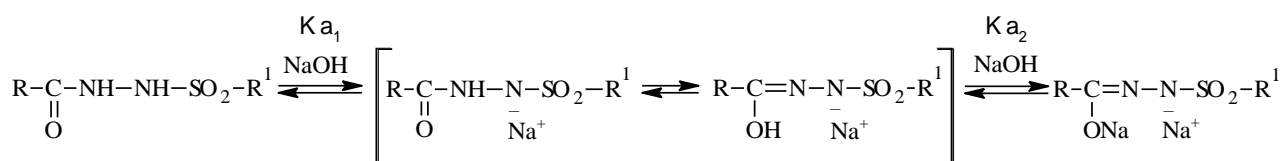
Изменение устойчивости объема пены (V, мл) от концентрации НСГ во времени

С _{НСГ} , моль/л	τ, с								
	0	5	10	15	20	30	60	90	120
$5,00 \cdot 10^{-3}$	30	23	1	1	1	-	-	-	-
$2,50 \cdot 10^{-3}$	31	27	2	1	1	-	-	-	-
$1,25 \cdot 10^{-3}$	40	32	28	2	2	1	1	1	1
$6,25 \cdot 10^{-4}$	43	36	32	29	27	2	2	2	2
$3,13 \cdot 10^{-4}$	45	45	43	40	38	20	3	3	3
$1,56 \cdot 10^{-4}$	45	45	45	41	39	15	4	3	3
$7,81 \cdot 10^{-5}$	40	39	36	36	35	10	5	4	3
$3,91 \cdot 10^{-5}$	38	36	34	33	32	10	5	4	4

Кислотно-основные равновесия. Изучение протолитических равновесий в растворах реагента важно не только для понимания распределения различных форм в зависимости от кис-

лотности среды, но также способствует прогнозированию области pH существования комплексных соединений. N-ацил-N'-сульфонилгидразины могут выступать как слабые двух-

основные NH-кислоты (H_2L), которые можно охарактеризовать соответствующими константами кислотной диссоциации K_{a1} и K_{a2} .



Процесс кислотной ионизации сульфонилгидразидов сопровождается первоначальным отрывом протона $NHSO_2$ -фрагмента за счет большего акцепторного действия SO_2 по сравнению с группой CO [17].

Для определения констант диссоциации использован спектрофотометрический метод. Поскольку различные формы реагента имеют разное поглощение, УФ-спектры поглощения растворов НСГ в зависимости от pH отличаются, что подтверждает наличие в растворах реагента кислотно-основных равновесий.

Для расчета значений pK_{a1} и pK_{a2} исследуемого реагента изучена зависимость оптической плотности растворов от значений pH среды при $\lambda = 220$ нм. Для растворов НСГ на кривой $A \sim f(pH)$ наблюдали 2 перегиба: первый – в области $pH = 7,5-9,5$, соответствующий диссоциации реагента по I ступени, а второй при $pH = 12,0-14,0$, соответствующий диссоциации по II ступени. Полученные значения pK_{a1} и pK_{a2} были обработаны методом математической статистики и соответственно составили $pK_{a1} = 8,33 \pm 0,08$ и $pK_{a2} = 13,15 \pm 0,10$. Из полученных значений pK видно, что исследуемый реагент – слабая двухосновная кислота, диссоциирующая по двум ступеням в зависимости от pH раствора. Можно предположить, что комплексы исследуемого реагента с ионами цветных металлов должны существовать в щелочных средах. По-

В растворе теоретически при изменении кислотности наблюдаются следующие равновесия:

этому актуальным является изучение устойчивости НСГ в растворе КОН.

Построены распределительные диаграммы для протолитических равновесных форм реагента в зависимости от кислотности среды [18] (рис. 4).

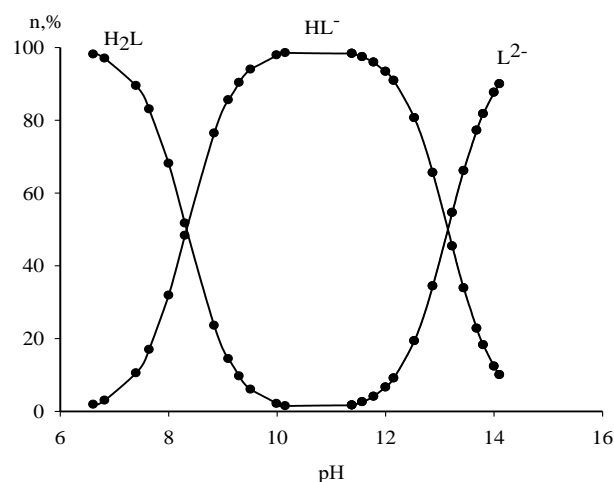


Рис. 4. Диаграмма распределения равновесных форм НСГ

Заключение

Результаты исследования растворимости НСГ показали, что реагент предположительно можно использовать в процессах экстракции и флотации.

Доказано, что НСГ является слабой двухосновной кислотой. Полученные значения pK_{a1} и pK_{a2} составили $8,33 \pm 0,08$ и соответственно $13,15 \pm 0,10$. Можно предположить, что комплексообразование НСГ с ионами цветных металлов должно существовать в щелочных средах.

Спектрофотометрическое исследование гидролитической устойчивости показало, что реагент достаточно устойчив в щелочных средах.

Поверхностная активность реагента составляет $0,05 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{моль}$, поэтому НСГ проявляет поверхностную активность в водно-щелочных растворах.

Полученные результаты исследований стабильности пенообразования показали, что НСГ образует достаточно объемные и устойчивые пены, поэтому при проведении флотации можно не потребовать введение дополнительного пенообразователя.

Список источников

1. Радусhev А.В., Чеканова Л.Г., Чернова Г.В. Реагенты для ионной флотации цветных металлов // Цветные металлы. 2005. № 7. С. 34–41.
2. Marques. S.M., Abate C.C., Chaves S. et al. New bifunctional metalloproteinase inhibitors: an integrated approach towards biological improvements and cancer therapy // Journal of Inorganic Biochemistry. 2013. Vol. 127. P. 188–202.
3. Shyam K., Penketh P.G., Divo A.A., et al. Synthesis and evaluation of 1-acyl-1,2-bis(methylsulfonyl)-2-(2-chloroethyl)hydrazines as antineoplastic agents // Journal of Medicinal Chemistry. 1993. Vol. 36, № 23. P. 3496–3502.
4. Чеканова Л.Г., Радусhev А.В., Воронкова О.А. и др. Извлечение ионов цветных металлов из аммиачных растворов с N-ацил-N'-(*n*-толуолсульфонил)гидразинами // Химическая технология. 2011. Т. 12, № 12. С. 754–759.
5. Воронкова О.А., Чеканова Л.Г., Щербань М.Г. и др. Комплексообразование и флотация ионов цветных металлов из щелочных растворов с N-ацил-N'-(*p*-толуолсульфонил)-гидразинами // Журнал прикладной химии. 2012. Т. 85, № 12. С. 2005–2010.
6. Чеканова Л.Г., Воронкова О.А., Радусhev А.В. и др. Комплексообразование N-ацил-N'-(*n*-толуолсульфонил)гидразинов с ионами цветных металлов в аммиачных средах // Журнал неорганической химии. 2013. Т. 58, № 1. С. 112–116.
7. Глембоцкий В.А., Классен В.И. Флотация. М.: Недра, 1973. 384 с.
8. 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». 2017. Т. 7, № 2. С. 194–208.
9. Ельчищева Ю.Б., Максимов А.С., Андрова А.В. и др. N-(2-гидроксibenзоил)-N'-(2-нафтилсульфонил)гидразин – как реагент для осаждения ионов цветных металлов из аммиачных растворов // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2018. Т. 8, № 2. С. 131–144.
10. Веретенникова О.В. Арилсульфогидразиды дизамещенных гликолевых кислот и их производные. Дисс. ... канд. хим. наук. Пермь, 1984. 138 с.
11. Радусhev А.В., Чеканова Л.Г., Гусев В.Ю. и др. Определение гидразидов и 1,2-диацилгидразинов алифатических карбоновых кислот кондуктометрическим титрованием // Журнал аналитической химии. 2000. Т. 55, № 5. С. 496–499.

12. Булатов М. И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа М.: Химия, 1986. 431 с.
13. Никурашина Н.И., Мерцлин Р.В. Метод сечений. Приложение его к изучению многофазного состояния многокомпонентных систем. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1969. 122 с.
14. Бернштейн. И.Я., Каминский Ю.Л. Спектрофотометрический анализ в органической химии. Л.: Химия, 1986. 116 с.
15. Абрамзон А.А., Бочаров В.В., Гаевой Г.М. Поверхностно-активные вещества. Л.: Химия, 1979. 376 с.
16. Елесина В.В., Балабанова С.С., Верецагин А.Л. Получение и изучение устойчивости пен. Бийск: АлтГТУ, 2018. 17 с.
17. Черных В.П., Макурина В.И. Реакционная способность замещенных амидов и гидразидов ароматических сульфокислот // Реакционная способность органических соединений. 1977. Т. XIV, № I (49). С. 106–115.
18. Пешкова В.М., Громова М.И. Методы абсорбционной спектроскопии в аналитической химии. Москва: Высшая школа, 1976. 280 с.

Информация об авторах

Юлия Борисовна Ельчищева, кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической химии и экспертизы, Пермский государственный национальный исследовательский университет (614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15), analitik1973@mail.ru.

Юлия Сергеевна Шелгунова, студент, кафедра аналитической химии и экспертизы, Пермский государственный национальный исследовательский университет (614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15), nice.shelgunova@mail.ru.

Петр Тимофеевич Павлов, кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии, Пермский государственный национальный исследовательский университет (614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15), pavlovpt@mail.ru.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 14 мая 2024 г.; принята к публикации 29 мая 2024 г.

References

1. Radushev, A.V., Chekanova, L.G. and Chernova, G.V. (2005), "Reagents for ion flotation of non-ferrous metals", *Non-ferrous metals*, no. 7, pp. 34–41 (in Russian).
2. Marques, S.M., Abate, C.C., Chaves, S., Marques, F., Santos, I., Nuti, E., Rossello, A. and Santos, M.A. (2013), "New bifunctional metalloproteinase inhibitors: an integrated approach towards biological improvements and cancer therapy", *Journal of Inorganic Biochemistry*, vol. 127, pp. 188–202.
3. Shyam, K., Penketh, P.G., Divo, A.A., Loomis, R.H., Rose, W.C. and Sartorelli, A.C. (1993), "Synthesis and evaluation of 1-acyl-1,2-bis(methylsulfonyl)-2-(2-chloroethyl)hydrazines as antineoplastic agents", *Journal of Medicinal Chemistry*, vol. 36, no. 23, pp. 3496–3502.

4. Chekanova, L.G., Radushev, A.V., Voronkova, O.A., Baigacheva, E.V. and Alekhina, Yu.V. (2011), "Extraction of non-ferrous metal ions from ammonia solutions with N-acyl-N'-(p-toluenesulfonyl)hydrazines", *Chemical technology*, vol. 2, no. 12, pp. 754–759 (in Russian).
5. Voronkova, O.A., Chekanova, L.G., Shcherban, M.G., Radushev, A.V., Pavlov, P.T. and Chernova, G.V., (2012), "Complex formation 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).
6. Chekanova, L.G., Voronkova, O.A., Radushev, A.V., Pavlov, P.T. and Baigacheva, E.V. (2013), "Complexation of N-acyl-N'-(p-toluenesulfonyl)hydrazines with non-ferrous metal ions in ammonia media", *Journal of Inorganic Chemistry*, vol. 58, no. 1, pp. 112–116 (in Russian).
7. Glembotskiy, V.A. and Klassen, V.I. (1973), *Flotation*, Moscow, Nedra (in Russian).
8. Elchishcheva, Yu.B., Sungatullina, L.R., Armyaninova, E.D., Shakhtorin, N.A., Pavlov, P.T. and Maksimov, A.S. (2017), "Physicochemical and complexing properties of N-acyl-N'-(2-naphthylsulfonyl) hydrazines", *Bulletin of the Perm University. Chemistry*, vol. 7, no. 2, pp. 194–208 (in Russian).
9. Elchishcheva, Yu.B., Maksimov, A.S., Androva, A.V., Drobinina, V.R. (2018), "N-(2-hydroxybenzoyl)-N'-(2-naphthylsulfonyl)hydrazine – as a reagent for the precipitation of non-ferrous metal ions from ammonia solutions", *Bulletin of the Perm University. Chemistry*, vol. 8, no. 2, pp. 131–144 (in Russian).
10. Veretennikova, O.V. (1984) *Arylsulfohydrazides of disubstituted glycolic acids and their derivatives*, PhD Dissertation, Perm (in Russian).
11. Radushev, A.V., Chekanova, L.G., Gusev, V.Yu. and 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).
12. Bulatov, M.I. and Kalinkin, I.P. (1986), *Practical guidance on photometric methods of analysis*, Moscow, Khimiya (in Russian).
13. 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 multicomponent systems], Saratov University, Saratov (in Russian).
14. Bernstein, I.Ya. and Kaminsky, Yu.L. (1986), *Spectrophotometric analysis in organic chemistry*, Leningrad, Khimiya (in Russian).
15. Abramzon, A.A., Bocharov, V.V. and Gaevoy, G.M. (1979), *Surfactants*, Leningrad, Khimiya (in Russian).
16. Elesina, V.V., Balabanova, S.S. and Vereshchagin. A.L. (2018), *Obtaining and studying the stability of foams*, Biysk (in Russian).
17. Chernykh, V.P. and Makurina, V.I. (1977), "Reactivity of substituted amides and hydrazides of aromatic sulfonic acids", *Reactivity of organic compounds*, vol. XIV, no. 1 (49), pp. 106–115 (in Russian).
18. Peshkova, V.M. and Gromova, M.I. (1976) *Absorption spectroscopy in analytical chemistry*, Moscow, Vyshaya Shkola (in Russian).

Information about the authors

Yulia B. Elchischeva, Candidate of Chemistry Sciences, Associate Professor, Department of Analytical Chemistry and Expertise, Perm State University (15, Bukireva st., Perm, Russia, 614068), analitik1973@mail.ru.

Yulia S. Shelgunova, student, Department of Analytical Chemistry and Expertise, Perm State University (15, Bukireva st., Perm, Russia, 614068), nice.shelgunova@mail.ru

Petr T. Pavlov, Candidate of Chemistry Sciences, Associate Professor, Department of Organic Chemistry, Perm State University (15, Bukireva st., Perm, Russia, 614068), pavlovpt@mail.ru

Conflicts of interests

The authors declare no conflicts of interests.

Submitted 14 May 2024; accepted 29 May 2024