

УДК 621.9.079 : 547.725

Яковлев Михаил Михайлович

кандидат химических наук,
ассистент кафедры общей химии
ФГБОУ ВПО Кубанского государственного
технологического университета
set@id-yug.com

Солоненко Людмила Александровна

кандидат химических наук,
доцент кафедры общей химии
ФГБОУ ВПО Кубанского государственного
технологического университета

Посконин Владимир Владимирович

доктор химических наук,
заведующий кафедрой общей химии
ФГБОУ ВПО Кубанского государственного
технологического университета

Аннотация. Впервые изучена поверхностная активность амида 2-фуранкарбонной кислоты, β -формилакриловой кислоты и 2(5H)-фуранона, являющихся преимущественными продуктами окисления фурфурола в реакционных системах, содержащих пероксид водорода и соединение ванадия. Поверхностно-активные свойства указанных соединений оценивали методом наибольшего давления пузырька воздуха по величине поверхностного натяжения в двухфазной системе «раствор вещества – воздух». Установлено, что все изученные вещества проявляют заметную поверхностную активность.

Ключевые слова: фурфурол, пероксид водорода, окисление, продукты, поверхностная активность, поверхностное натяжение, изотерма поверхностного натяжения.

Yakovlev Mikhail Mikhaylovich

Candidate of Chemical Sciences,
Assistant of Department of General
Chemistry of Kuban State
Technological University
set@id-yug.com

Solonenko Ludmila Aleksandrovna

Candidate of Chemical Sciences,
Docent of Department of General
Chemistry of Kuban State
Technological University

Poskonin Vladimir Vladimirovich

Doctor of Chemical Sciences,
Head of Department of General Chemistry
of Kuban State Technological University

Annotation. Surface activity of 2-furancarbone acid amide, β -formylacrylic acid and 2(5H)-furanone as main products of furfural oxidation in the systems containing hydrogen peroxide and vanadium compound, have been studied first. Surface active properties of the compounds estimated by method of most pressure of air bubble using value of surface stretching in the "compound solution – air" system. All the compounds studied have been found to show appreciable surface activity.

Keywords: furfural, hydrogen peroxide, oxidation, products, surface activity, surface stretching, surface stretching isotherms.

**О ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ СВОЙСТВАХ НЕКОТОРЫХ
ПРОДУКТОВ ОКИСЛЕНИЯ ФУРФУРОЛА В СИСТЕМАХ,
СОДЕРЖАЩИХ ПЕРОКСИД ВОДОРОДА И ВАНАДИЕВЫЙ КАТАЛИЗАТОР**



**ON SURFACE ACTIVE PROPERTIES OF SOME PRODUCTS OF
FURFURAL OXIDATION IN THE SYSTEMS CONTAINING HYDROGEN
PEROXIDE AND VANADIUM CATALIST**

Создание новых поверхностно-активных веществ (ПАВ) и изучение их свойств представляет постоянный интерес. Особое внимание уделяется производству ПАВ, которые, с одной стороны, способны легко подвергаться биохимическому разложению в природных условиях и не загрязняют окружающую среду, а с другой – играющие важную роль в биологических процессах, в том числе производимые самими живыми организмами [1, 2]. В этом плане весьма перспективным является получение и широкое использование анионоактивных ПАВ, в том числе функционально замещенных карбоновых кислот и их производных.

Ранее в КубГТУ на кафедре общей химии были созданы новые, рациональные методы синтеза важных биологически активных веществ и полупродуктов органического синтеза – амида-2-фуранкарбоновой кислоты 1, цис-β-формилакриловой кислоты 2 и 2(5H)-фуранона 3 [3–5]. Поверхностно-активные свойства этих продуктов ранее не изучались.

В то же время нами ранее было проведено предварительное исследование поверхностно-активных свойств других продуктов перекисного окисления фурфурола – композиций органических кислот C1–C4 с целью выявления возможности их использования в качестве поверхностно-активных присадок к смазочно-охлаждающим технологическим средам (СОТС) [6, 7]. Установлено, что эти присадки придают СОТС высокую эмульгирующую способность и стабильность, что способствует улучшению их охлаждающих, смазывающих и других полезных свойств [8, 9].

В связи с этим нам представилось интересным изучить поверхностно-активные свойства других важных продуктов перекисного окисления фурфурола – соединений 1–3, образующихся с высокими выходами в присутствии ванадиевых катализаторов в различных условиях. Целью исследования явилось выявление перспективности их использования в качестве новых ПАВ, обладающих ранее установленным нами комплексом биологически активных свойств.

Химическая структура и физико-химические свойства соединений 1–3 приведены в таблице 1.

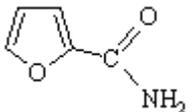
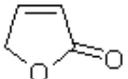
В качестве образцов для исследования поверхностной активности веществ 1–3 использовались их разбавленные водные растворы.

Из существующих методов оценки практических показателей эффективности ПАВ нами использован известный метод измерения поверхностного натяжения (σ) в двухфазных системах «раствор ПАВ – воздух» – метод наибольшего давления пузырька воздуха, впервые предложенный П.А. Ребиндером в работе [10].

Как известно, поверхностное натяжение σ является одним из основных параметров, определяющих диспергируемость системы. Чем ниже σ , тем мельче капли эмульсии при определенном перемешивании, и тем стабильнее гетерогенная дисперсная система.

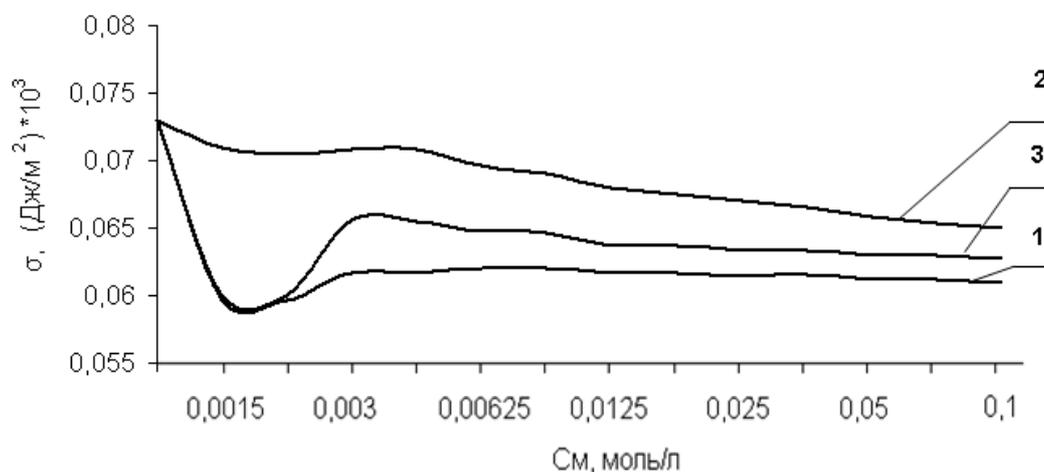
Растворы исследуемых веществ приготавливали на основе дистиллированной воды при нормальных условиях. Исходная концентрация растворов СМ составляла 0,1 моль/л. По ходу эксперимента производили постепенное уменьшение исходной концентрации растворов образцов до 0,0015 моль/л.

Таблица 1 – Строение и физико-химические свойства органических соединений 1–3.

№ соединения	Название соединения	Химическая формула	Молекулярная масса, а.е.м.	Внешний вид / плотность, ρ_D^{20}	Температура пл./ кип., °С	Поверхностное натяжение σ , Дж/м ^{2*}
1	Амид 2-фуранкарбоновой кислоты		97,30	Бесцветные кристаллы	$T_{пл} = 142-143$	61,0
2	β-формил-акриловая кислота		100,07	Игольчатые кристаллы светло-желтого цвета	$T_{пл} = 54-55$	65,0
3	2(5H)-фуранон		84,08	Масло светло-желтого цвета; 1,4650	$T_{кип} = 86-87$ (12 мм рт. ст.)	62,7

Обработку полученных экспериментальных данных производили с привлечением графического метода. Для вычислений и построения графика использовали математический редактор Microsoft Office Excel из пакета прикладных программ Microsoft Office 2003.

График, представленный на рисунке 1, является изотермой поверхностного натяжения и отражает зависимость величины поверхностного натяжения в системе «водная фаза – воздух» от молярной концентрации растворов веществ 1–3 ($\sigma = f(CM)$).



* – определено при концентрации исследуемых растворов СМ, равной 0,1 моль/л

Рис. 1. Зависимость поверхностного натяжения σ в системе «водная фаза – воздух» от молярной концентрации растворов веществ 1–3

Результаты, представленные в таблице 1, позволяют говорить о том, что все вещества 1–3 в исследованном диапазоне их концентраций проявляют поверхностную активность. При этом выявлена следующая закономерность: с уменьшением концентрации растворов соединений 1–3 в диапазоне 0,0015–0,1 моль/л величина поверхностного натяжения увеличивается. Максимумы в области 0,003 моль/л, наблюдаемые на изотермах веществ 1–3 свидетельствуют об уменьшении поверхностной активности их растворов с такой концентрацией (рис. 1). При этом указанный максимум наиболее выражен в случае фуранона 3, а наименее – для кислоты 2. Этот факт требует дополнительного изучения и объяснения.

При сопоставлении полученных изотерм оказалось, что вещества 1–3 в изученных условиях сопоставимы по своим поверхностно-активным свойствам. При этом наименьшей поверхностной активностью в ряду изученных веществ обладает β -формулакриловая кислота 2 ($\sigma = 0,065 \cdot 10^3$ Дж/м²). Наибольшую поверхностную активность ($\sigma = 0,061 \cdot 10^3$ Дж/м²) проявил амид 2-фуранкарбоновой кислоты 1 в растворе с молярной концентрацией, равной 0,0015 моль/л, поэтому при возможном использовании этого вещества в качестве ПАВ целесообразно применять более низкие его концентрации.

Полученные результаты дают основание для расширенного изучения поверхностно-активных свойств испытанных продуктов перекисного окисления фурфурола и их производных, в том числе в качестве присадок к СОТС.

Литература

1. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. Свойства и применение. 3-е изд., перераб и доп. – СПб. : Химия, 2008. 304 с.
2. Елисеев С.А., Кучер Р.В. Поверхностно-активные вещества и биотехнология. Киев : Наукова думка, 2001. – 60 с.
3. А.с. 1817456 СССР. Способ получения амида фуран-2-карбоновой кислоты / Посконин В.В., Бадовская Л.А. – Заявл. 24.11.86. – Оpubл. не подлежит.

4. Пат. 2455298 Россия, МПК С 07 D 307/58. Способ получения 5-гидрокси-2(5H)-фуранона / Яковлев М.М., Посконин В.В. – 2011118289/04; Заявл. 05.05.2011; Оpubл. 10.07.2012.
5. Яковлев М.М. Реакция фурфурола с пероксидом водорода при воздействии постоянного электрического тока и синтеза гидрофуранонов на ее основе. – Диссер. ... канд. хим. наук. – Краснодар, 2012. – 171 с.
6. Яковлев М.М., Шабунина В.А., Солоненко Л.А. Исследование поверхностной активности некоторых полифункциональнозамещенных фуранонов в качестве перспективных присадок СОЖ. Машиностроение: межвузов. сб. науч. ст. / Кубан. гос. технол. ун-т.; под общ. ред. проф. С.Б. Бережного. – Краснодар : Издательский дом – Юг, 2009. – Вып. 3. – С. 20–24.
7. Яковлев М.М., Солоненко Л.А. Особенности действия β -фуранонов и дикарбоновых кислот как эффективных стабилизаторов в присадках к СОТС. Машиностроение: межвузов. сб. науч. ст. / ФГБОУ ВПО Кубан. гос. технол. ун-т.; под общ. ред. проф. С.Б. Бережного. – Краснодар : Издательский дом – Юг, 2011. – Вып. 4. – С. 84–87.
8. Пат. 2101333 Россия, МПК С 10 М 173/00. Смазочно-охлаждающая жидкость для обработки металлов / Солоненко Л.А., Солоненко В.Г., Бадовская Л.А. – 04/96108988; Заявл. 13.05.1996; Оpubл. 10.01.1998.
9. Пат. 2200187 Россия, МПК С 10 М 173/00. Смазочно-охлаждающая жидкость для обработки металлов / Солоненко Л.А., Солоненко В.Г., Бадовская Л.А. – 05/2001123121; Заявл. 15.06.2001; Оpubл. 10.03.2003.
10. Ребиндер П.А. СОЖ и присадки. – М. : Машиностроение, 2003. – 307 с.

References

1. Abramzon A.A. Surface active compounds. Properties and using. Issue 3. – Saint-Petersburg: Chemistry, 2008. – 304 p.
2. Eliseev S.A., Kucher R.V. Surface active compounds and biotechnologies. – Kiev : Scientific mind, 2001. – 60 p.
3. Author's Certif. 1817456 USSR. Method for furan-2-carbon acid amide preparation / Poskonin V.V., Badovskaya L.A. – Claimed 24.11.86 (not to be made for publ.).
4. Pat. 2455298 Russia, MPC C 07 D 307/58. Method for 5-hydroxy-2(5H)-furanone preparation / Yakovlev M.M., Poskonin V.V. – 2011118289/04; Claimed 05.05.2011; Publ. 10.07.2012.
5. Yakovlev M.M. The reaction of furfural with hydrogen peroxide under constant current influence and syntheses of hydrofuranones on its basis. – Diss. ... cand. chen. sci. – Russia, Krasnodar, 2012. – 171 p.
6. Yakovlev M.M., Shabunina V.A., Solonenko L.A. Study of surface activity of some polyfunctional substituted furanones as prospective additives to smear cooled liquids. Mechanical engineering: interuniv. collect. sci. papers / Kuban State Technological univ.; under general red. of prof. S.B. Berezhnoy. – Krasnodar : Publishing house – Yug, 2009. – Issue 3. – P. 20–24.
7. Yakovlev M.M., Solonenko L.A. Peculiarities of β -furanones and dicarbon acids action as effective stabilizers of additives to smear cooled technological media. Mechanical engineering: interuniv. collect. sci. papers / Kuban State Technological univ.; under general red. of prof. S.B. Berezhnoy. – Krasnodar : Publishing house – Yug. – Issue. 4. – P. 84–87.
8. Pat. 2101333 Russia, MPC C 10 M 173/00. Smear cooled liquid for metals processing / Solonenko L.A., Solonenko V.G., Badovskaya L.A. – 04/96108988; Claimed. 13.05.1996; Publ. 10.01.1998.
9. Pat. 2200187 Russia, MPC C 10 M 173/00. Smear cooled liquid for metals processing / Solonenko L.A., Solonenko V.G., Badovskaya L.A. – 05/2001123121; Claimed. 15.06.2001; Publ. 10.03.2003.
10. Rebinder P.A. Smear cooled liquids and additives. – M. : Mechanical engineering, 2003. – 307 p.