

**ПЕРМСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

**Тезисы докладов Всероссийской
научно-практической конференции
с международным участием**

(г. Пермь, 6–8 декабря 2021 г.)



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНЫЕ
ПРОЦЕССЫ В ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Тезисы докладов Всероссийской
научно-практической конференции
с международным участием

(г. Пермь, 6–8 декабря 2021 г.)



Пермь 2021

УДК 54
ББК 24
Р443

Р443 **Ресурсосберегающие** и экологобезопасные процессы в химии и химической технологии [Электронный ресурс] : тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Пермь, 6–8 декабря 2021 г.) / отв. за вып. А. М. Елохов ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2021. – 5,5 Мб; 101 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/resursosberegayushchie-i-ekologobezopasnye-processy-v-himii.pdf>. – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-3752-2

Сборник содержит тезисы пленарных и устных докладов, а также сообщения заочных участников Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Ресурсосберегающие и экологобезопасные процессы в химии и химической технологии».

УДК 54
ББК 24

Издается по решению оргкомитета конференции

ISBN 978-5-7944-3752-2

© ПГНИУ, 2021

**OXIDANT-SWITCHED PALLADIUM-CATALYZED
REGIOSELECTIVE MONO- VERSUS BIS-ORTHO-AROYLATION
OF 1-ARYL-1H-INDAZOLES WITH ALDEHYDES VIA
C–H BOND ACTIVATION**

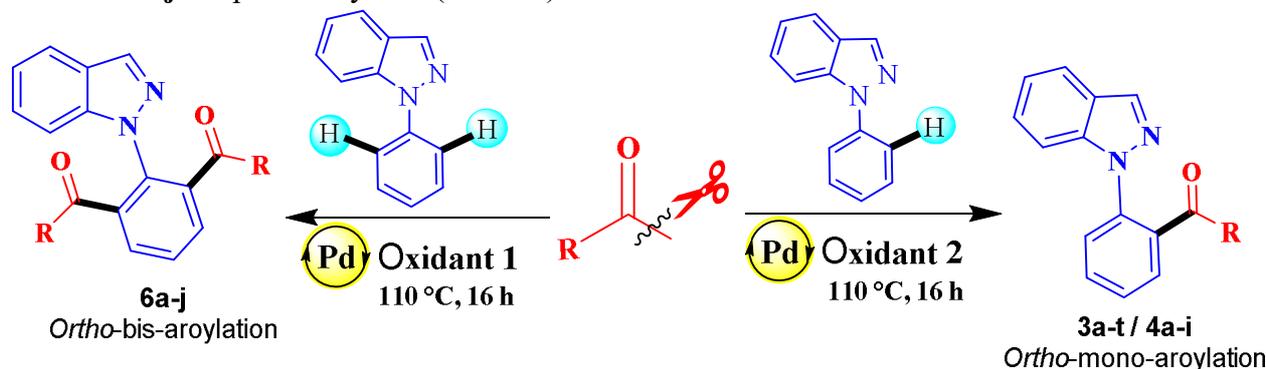
Sharma R.¹, Chaudhary S.^{1,2}

¹ Malaviya National Institute of Technology Jaipur, Jawaharlal Nehru Marg, Jaipur-302017, India

² National Institute of Pharmaceutical Education and Research, Raebareli (NIPER-R),
New Transit Campus, Bijnor-Sisendi Road, Sarojini Nagar, Near CRPF Base Camp,
Lucknow (UP)- 226002, India.

The various pharmaceutically important biological activities flaunted by 1-aryl-1*H*-indazoles[1] containing molecules such as JNK3 inhibitors, anti-inflammatory, antiviral, antimicrobial, anti-cancer etc. have stimulated the emergence of novel method towards its functionalization. The C-3 position of 1-phenyl-1*H*-indazoles has primarily been investigated [2a] due to the presence of inherent active C-H bond at C-3 position. However, so far, only one instance is available in the literature where *ortho*-functionalization in 1-aryl-1*H*-indazole **1a** via C(sp²)-H bond activation with acid chloride has been reported [2b] to afford mono-substituted *ortho*-benzoyl/acyl-1-phenyl-1*H*-indazoles **4-5**. The presence of directing group in 1*H*-indazole-based heterocycles not only enhance the regioselectivity and reactivity, but also ameliorate the catalytic efficiency of the reaction in order to gain ease in functionalization.

Herein, we report an operationally simple, highly efficient, oxidant-switched, Pd-catalyzed regioselective, C(sp²)-H/C(sp²)-H cross dehydrogenative coupling for the direct *ortho*-mono-/bis-arylation/acylation of 1-aryl-1*H*-indazoles **1a-j** with different substituted aldehydes **3a-t** via C(sp²)-H bond activation at 110 °C for 16 h under which furnished substituted mono C-2'-(acylated/benzoylated)-1-phenyl-1*H*-indazoles **4a-t/5a-i** and C-2'bis-arylation of 1-aryl-1*H*-indazoles **6a-j** in upto 88% yields (Scheme).



Scheme. Oxidant-switched, Pd-catalyzed regioselective, C(sp²)-H/C(sp²)-H cross dehydrogenative coupling for the direct *ortho*-mono-/bis-arylation/acylation of 1-aryl-1*H*-indazoles **1a-j** with different substituted aldehydes

This work was carried out with financial support from Core Research Grant, SERB, New Delhi [CRG/2019/005102].

References

1. Zhang S -G, Liang C -G, Zhang W -H. *Molecules*. 2018. V. 23. P. 2783–2824.
2. (a) Ghosh S, Mondal S, Hajra A. *Adv. Synth. Catal.* 2020. V. 362. P. 3768–3794. (b) Liu P M, Frost C G. *Org. Lett.* 2013. V. 15. P. 5862–5865.

POLYMERIC ACID-CATALYZED MODIFIED GUARESCHI THORPE TYPE REGIOSELECTIVE MODULAR SYNTHESIS: ACCESS TO NOVEL BIOACTIVE INDOLE-TETHERED ALICYCLIC[b]FUSED PYRIDINES

Sahu N.K.^{1,2}, Jain M.¹, Chaudhary S.^{1,3}

¹ Malaviya National Institute of Technology Jaipur, Jawaharlal Nehru Marg, Jaipur-302017, India

² Engineering College Bharatpur, Bharatpur-321303, India

³ National Institute of Pharmaceutical Education and Research, Raebareli (NIPER-R), New Transit Campus, Bijnor-Sisendi Road, Sarojini Nagar, Near CRPF Base Camp, Lucknow (UP)- 226002, India.

A transition-metal free and low cost organocatalysis is always desirable for synthetic chemist to construct natural products, organic materials and pharmaceuticals. A natural, cost-effective, polysaccharide alginic acid^{1,2,3} has been found as a green easily recoverable organocatalyst for the efficient synthesis of alicyclic[b]fused pyridines and 2-(1*H*-indol-3-yl)pyridines⁴ via the development of the reaction between indole 2,4-dioxo-4-phenylbutanoate, ammonium acetate, and cycloalkanone in up to 89% excellent yields. This is the first account for the demonstration of acid-catalyzed modified Guareschi–Thorpe type regioselective methodology. The fast occurrence of the developed reaction at room temperature with excellent yields in a single-step along with an efficient reusability of catalyst entrenched the importance of polymeric acid in the modular synthesis of pyridines-based bioactive heterocycles.

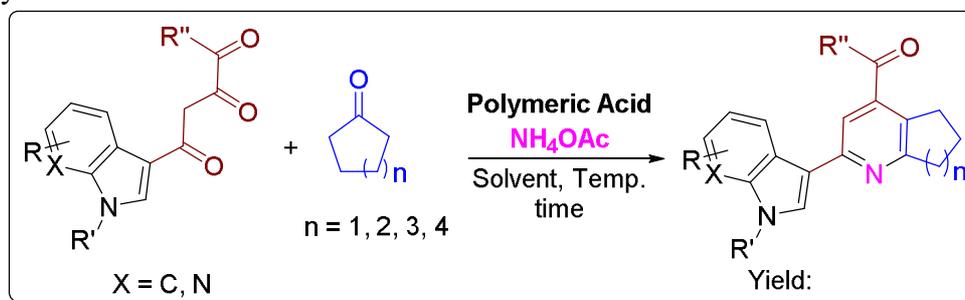


Figure. Schematic representation for the synthesis of novel indole-tethered alicyclic[b]fused pyridines

This work was carried out with financial support from Core Research Grant, SERB, New Delhi [CRG/2019/005102].

References

1. Dekamine MG., Ilkhanizadeh S., Latifidoost Z., Daemi H., Karimi S., Barikani M., RSC Adv. 2014. V. 4, No. 100, p. 56658.
2. Srivastava A., Yadav A., Samanta S., Tetrahedron Lett. 2015. V. 56, 6003 -6007.
3. Dekamin MG., Karimi Z., Latifidoost Z., Ilkhanizadeh S., Daemi H., Naimi-Jamal M. R., Barikani M. Int J Biol Macromol. 2018. V. 108, P 1273 -1280.
4. Jaiswal P. K., Sharma V., Mathur M., Chaudhary S. Org. Lett. 2018. V. 20, No. 19, p. 6059-6063.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ЭКСТРАКЦИЯ ЧЕРНОПЛОДНОЙ РЯБИНЫ

Абду А.Н., Адекенов С.М.

Международный научно-производственный холдинг «Фитохимия»,
Караганда, Республика Казахстан

Классические методы экстракции являются длительными и трудоемкими. Преимуществом ультразвуковой экстракции является сокращение продолжительности процесса, извлечения выход экстракта равен с методом мацерации. Ультразвуковая экстракция использует звуковые волны на частотах выше диапазона слухового восприятия человека. За счет этого ультразвук нарушает клеточные стенки растений, тем самым повышая проникновение растворителя в растительное сырье.

Китайскими учеными разработана технология получения субстанции из плодов аронии (*Aronia melanocarpa L.*), содержащий антоцианин до 30 % [1]. Технология получения экстрактов плодов рябины черноплодной методом мацерации и дальнейшей сублимационной сушкой позволяет получить сухой экстракт с выходом 47,3 % [2]. Учеными Сербии проведена экстракция ягод, листьев и стеблей аронии (*Aronia melanocarpa L.*) в экстракторе периодического действия, при температуре 130 °С, в течение 20 мин при давлении 35 бар [3].

Целью нашей работы является ультразвуковая экстракция для извлечения из сырья черноплодной рябины.

Плоды рябины черноплодной (*Aronia melanocarpa L.*) собранные в сентябре 2020 г на коллекционном участке АО «МНПХ «Фитохимия» Карагандинского ботанического сада.

Экстракция под действием ультразвука. 200 г сушеных ягод рябины черноплодной загрузили в лабораторную установку НО-230.00 (22 кГц), экстракцию проводили 75% этиловым спиртом в разных соотношениях сырья и экстрагента.

Нами проведены три серии эксперимента с различным соотношением сырья: экстрагент = 1:3, 1:5, 1:10. В результате получен густой экстракт с массами 60,6 г, 46,6 г, 45г. соответственно. Для оптимизации процесса экстракции сырья черноплодной рябины проведен ряд экспериментов по изучению влияния технологических параметров на выход суммы экстрактивных веществ.

Табл. Выход суммы экстрактивных веществ черноплодной рябины

Образец	Концентрация спирта этилового, %	Температура, °С	Соотношение сырье : экстрагент	Масса суммы экстрактивных веществ, г	Выход экстрактивных веществ, %
Образец №1	75	22	1:3	60,66	30,33
Образец №2	75	22	1:5	46,66	23,33
Образец №3	75	22	1:10	45,00	22,5

По результатам экспериментальных работ установлено, что оптимальным соотношением сырье – экстрагент при ультразвуковой экстракции плодов рябины черноплодной является соотношение =1:3, при котором достигается количественное извлечение БАВ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Список литературы

1. Патент CN107897920. Black chokeberry powder micro-capsules and preparation technology thereof.
2. Ćujić N., Šavikin K., Janković T., et al. Food Chemistry.2016. V. 194. P. 135–142.
3. Патент DE102011101512 Preparing chokeberry pomace powder, useful in baked products and cosmetic products e.g. a lip balm, a eye gel or a cleansing milk, comprises extracting juice from ripe fruit of *Aronia melanocarpa*, drying and grinding.

ХИМИКО-КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ СПЛАВА Ni-Mo-P

Адилова С.С.¹, Дровосеков А.Б.²

¹ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

² Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия

Одной из главных проблем при химико-каталитическом получении покрытий Ni-Mo-P является сильное ингибирование автокаталитического процесса молибдат-ионами, вследствие чего осаждение таких сплавов из обычно применяемых цитратно-аммиачных растворов с заметной скоростью возможно лишь при очень низких концентрациях MoO_4^{2-} в них (не более 1 мМ). Такая низкая концентрация молибдат-ионов в растворе с одной стороны ограничивает возможность получения высокообогащенных молибденом сплавов Ni-Mo-P, а с другой – обуславливает необходимость частой корректировки раствора по ионам MoO_4^{2-} .

С целью расширения рабочего диапазона концентраций молибдат-ионов в растворе для химико-каталитического осаждения сплава Ni-Mo-P мы использовали пирофосфатно-аммиачный раствор следующего состава (М): $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5; $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ – 0,27; NH_4Cl – 0,55; $\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 0,38; $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – до 12 мМ; $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ – 2 г/л; уротропин $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$ – 5 г/л; pH 10,0 (NH_4OH); $t = 80^\circ\text{C}$.

Применение пирофосфатно-аммиачного раствора позволило повысить концентрацию молибдата натрия до 12 мМ при скорости химико-каталитического осаждения покрытий Ni-Mo-P до 25 мкм/ч. Добавки уротропина и метасиликата улучшают внешний вид покрытий и существенно увеличивают стабильность раствора.

Полученные покрытия Ni-Mo-P были полублестящими по внешнему виду, практически не имели питтингов. Микроскопическое исследование показало, что покрытия Ni-Mo-P имеют глобулярную морфологию, характерную для химико-каталитически осажденных сплавов Ni-P.

В зависимости от концентрации молибдата натрия в пирофосфатно-аммиачном растворе из последнего осаждаются покрытия Ni-Mo-P с содержанием молибдена до 5 ат.% и фосфора до 6 ат.%. Причем, содержания молибдена и фосфора в покрытиях изменяются антибатно – при увеличении концентрации молибдата натрия в растворе содержание молибдена в покрытиях растет, а содержание фосфора, напротив, снижается. Метод ЭСХА показал, что уже на глубине 1 нм от поверхности практически весь молибден в покрытиях содержится в восстановленном до металла состоянии. Фосфор присутствует в покрытиях в виде элементарного фосфора P. Никель присутствует в покрытии и в восстановленном состоянии, и в виде оксида NiO и гидроксида $\text{Ni}(\text{OH})_2$.

Согласно данным рентгеноструктурного анализа покрытия Ni-Mo-P имеют кристаллическое строение. На дифрактограммах фиксируется лишь пик никеля (111) с рассчитанным размером ОКР от 25 до 34 нм.

Микротвердость свежесажженных покрытий Ni-Mo-P составляет от 5,2 до 5,7 ГПа. Термообработка покрытий в вакууме увеличивает их микротвердость до 7,5 ГПа.

Пористость покрытий заметно снижается по мере увеличения концентрации молибдата натрия в растворе, а при максимальной концентрации молибдата натрия 12 мМ – отсутствует.

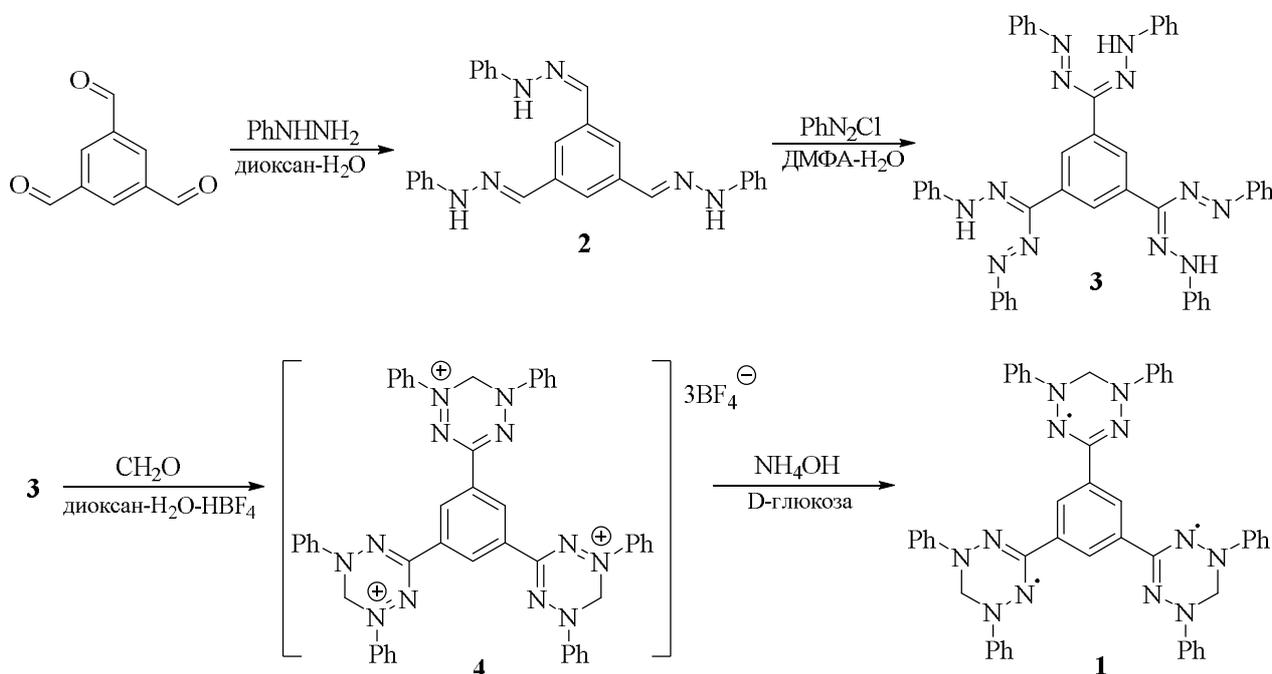
СИНТЕЗ НОВОГО МУЛЬТИРАДИКАЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ – 1,3,5-ТРИ-3'-(1,5-ДИФЕНИЛВЕРДАЗИЛ)БЕНЗОЛА

Асфандеев А.Ю., Козлов А.Ш., Краснов Д.А.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия

Вердазильные радикалы, получение которых впервые было описано в 1964 г. Куном и Тришманом [1], представляют собой нейтральные электроноамфотерные стабильные радикалы, интерес к которым в настоящее время увеличился в связи с возможностью их практического применения.

В данном исследовании была изучена возможность получения нового трирадикала **1** в трёхстадийном синтезе. Из бензол-1,3,5-трикарбальдегида был получен его фенилгидразон **2**, который по реакции с фенилдиазоний хлоридом был превращен в трис(формазан) **3**. Соединение **3** в реакции с формалином в диоксане в присутствии тетрафторборной кислоты было превращено в триядерную соль 5,6-дигидро-1,2,4,5-тетразиния **4**, которая после обработки NH_4OH и *D*-глюкозой была превращена в радикал **1**.



Строение соединений **2** и **3** подтверждено ИК, ЯМР ^1H и ^{13}C спектрами и элементным анализом. Для трирадикала **1** получены спектры ЭПР в бензольном растворе при комнатной температуре, в замороженном растворе при -195°C (жидкий N_2) и в твердом состоянии.

Список литературы

1. Kuhn R., Trischman H. *Monatsh. Chem.* 1964. V. 95. P. 457.

ОЦЕНКА АДГЕЗИОННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ СТАЛИ ПРИ КОНТАКТЕ С КОНСИСТЕНТНОЙ СМАЗКОЙ

Ботин А.В., Щербань М.Г., Медведева Н.А., Лисовенко Н.Ю.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия,

В последние несколько лет начали развиваться исследования, посвященные поиску взаимосвязи между явлениями смачивания и интенсивностью протекания коррозионных процессов. Это особенно актуально в процессах изучения почвенной коррозии, так как, помимо микроорганизмов, в состав почв входит такой коррозионно-активный компонент, как почвенный раствор. С учётом того, что большая часть почвенного раствора находится в диспергированном состоянии в виде капиллярной и гравитационной влаги, несомненный интерес представляет изучение взаимодействия как защищённых, так и незащищённых поверхностей стальных конструкций с микроколичествами коррозионной среды.

Согласно полученным результатам, введение модификаторов (тригалогенметилзамещенных 1,3-дикетонов) в солидол приводит к росту взаимодействия модифицированной поверхности с коррозионной средой. Такое поведение, по-видимому, обусловлено как различным характером защитных плёнок (рис.1), так и различным типом их взаимодействия с коррозионной средой (рис.2).

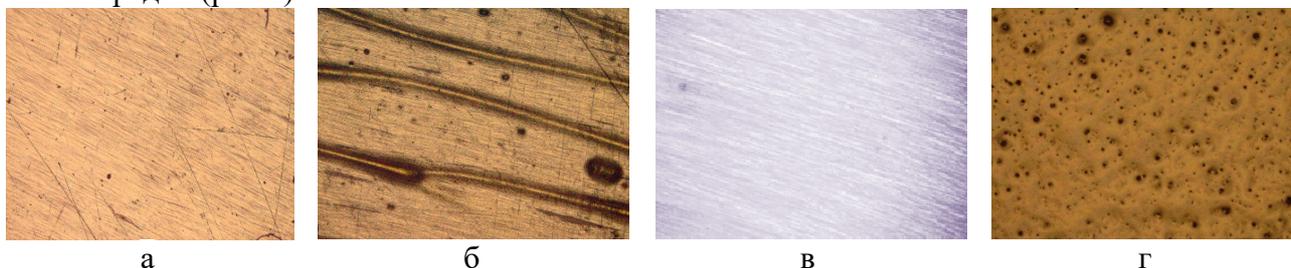


Рис. 1. Характер защитной плёнки на поверхности Ст3: а – исходная поверхность Ст3, б – немодифицированный солидол; в – сплошная плёнка; г – пористая плёнка модифицированного солидола

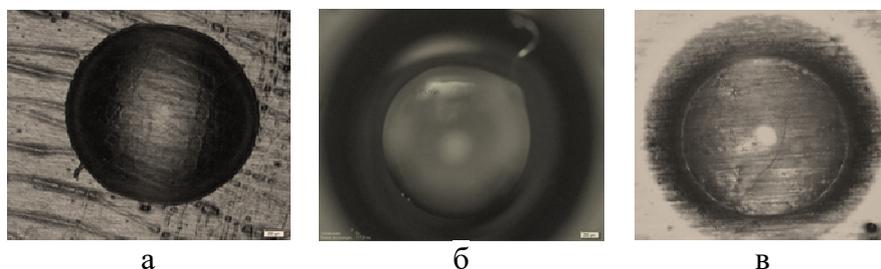


Рис. 2. Поведение коррозионной среды на поверхности Ст3, модифицированной смазывающей композицией: а – испарение с поверхности; б – микрокапсулирование; в – растворение защитной плёнки

Капли коррозионной среды либо постепенно испаряются с поверхности плёнки, как в случае немодифицированного солидола (рис.2 а), либо микрокапсулируются защитным слоем (рис.2 б), либо растворяют защитный слой, обнажая подложку (рис. 2 в).

Важно отметить, что ситуации (рис.2 а, б) наблюдались в случае композиций, обладающими низкими значениями поверхностных энергий с более выраженной дисперсионной составляющей. В случае более высокоэнергетических композиций с преобладающей полярной составляющей происходило первоначальное растворение защитной плёнки, а затем её «самозалечивание».

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Пермского края, проект № 20-43-596016

ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНЫЕ СМОЛЫ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С УВЕЛИЧЕННЫМ СРОКОМ ХРАНЕНИЯ

Брыксина В.А., Урядников А.А.

ТГУ имени Г.Р. Державина, Тамбов, Россия

Производство фенолформальдегидных смол в России в период с 2011 по 2018 года выросло более чем на 30%. Вместе с увеличением спроса на данный вид смол меняются и требования к качеству и составу продукции. Отечественные производители не всегда могут соответствовать тем требованиям, которые предъявляют заказчики. Поэтому, начиная с 2019 года объем зарубежной продукции достиг уровня 32 тысяч тонн. Для того, чтобы увеличить долю импортзамещения на рынке фенолформальдегидных смол необходимо доработать отечественные технологии производства и вывести их показатели на новый уровень.

Для исследований была взята фенолформальдегидная смола производства ОАО «Пигмент», в которую была введена вспомогательная добавка, относящаяся к классу спиртов. Спирты вступают в реакцию с ОН-группами метилольных участков, образуя простые эфиры, и тем самым приводят к снижению способности полимера к процессу полимеризации [1]. В таблице 1 показаны параметры смолы, модифицированной добавкой, содержащей спирт.

Табл. 1. Показатели модифицированной фенолформальдегидной смолы

	Значение pH			Массовая доля фенола, %			Массовая доля формальдегида, %			Время желатинизации			
	C, %	-	0.05	0.1	-	0.05	0.1	-	0.05	0.1	-	0.05	0.1
Показатели	9.09	9.42	9.18	0.35	0.22	0.31	0.32	0.27	0.32				
130°C										214	209	210	
150°C										79	82	84	

Введение в состав смолы добавки, приводит к увеличению pH в пределах от 0.09 до 0.3 единиц, но при этом значения входят в интервал, установленный ГОСТом [2]. Анализы смолы на определение массовой доли фенола и формальдегида удовлетворяют всем показателям [3]. При температуре 130°C время желатинизации уменьшается при наличии добавок в двух концентрациях. Однако, при температуре 150°C время желатинизации увеличивается при повышении концентрации модификаторов.

Табл. 2. Показатели водорастворимости модифицированной фенолформальдегидной смолы (растворимость в дистиллированной воде / растворимость в артезианской)

ω , %	-	0.05	0.1
Водораст., после синтеза	> 1:20 / > 1:20	> 1:20 / > 1:20	> 1:20 / > 1:20
Водораст., 14 сут	> 1:20 / > 1:20	> 1:20 / > 1:20	> 1:20 / > 1:20
Водораст., 21 сут	1:7 / 1:6	1:20 / 1:15	1:20 / 1:14

Вследствие начала процесса сшивания полимерных цепочек и образования пространственной структуры, смола без добавок начинает хуже смешиваться с дистиллированной водой. Однако модифицированная смола, спустя 21 сутки, лишь незначительно начинает терять свою водорастворимость, что позволяет нам говорить о возможности применения данной добавки для увеличения сроков хранения фенолформальдегидных смол, применяемых в теплоизоляционных материалах.

Список литературы

1. Кноп А.Э., Шейб В. Фенольные смолы и материалы на их основе. М.: Химия, 1983.
2. ГОСТ 20907-75. Смолы фенолформальдегидные жидкие. Технические условия. 1977.
3. ГОСТ 16704-71. Смолы фенолформальдегидные. Методы определения свободного формальдегида. 2006.

ПОИСК ИСТОЧНИКОВ ЗЕАКСАНТИНА: ПЛОДЫ ПЕРЦА СЛАДКОГО ОРАНЖЕВОЙ ОКРАСКИ

Буржинская Т.Г., Дейнека В.И.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Белгород, Россия

Плоды болгарского сладкого перца *Capsicum annuum* являются значимой овощной культурой не только в РФ, но и во всем мире, обладают высокими пищевыми и вкусовыми достоинствами и являются одним из важнейших источников питательных веществ, витаминов и других биологически активных соединений. Привычные окраски в тона от желтых до красных определяются биосинтезом каротиноидов. Красную окраску обеспечивает биосинтез главным образом капсантина и, в некоторой степени, капсорубина. Оба ксантофилла интересны как пищевые красители и как жирорастворимые антиоксиданты. Но в цепи биосинтеза этих ксантофиллов присутствует зеаксантин, и по нашим данным существуют сорта сладких перцев, основным ксантофиллом в которых оказывается именно зеаксантин (точнее его диэфиры). Зеаксантин существенно более полезен для человека, поскольку вместе с лютеином предупреждают возрастную макулярную дистрофию, поэтому перцы с предпочтительным биосинтезом зеаксантина можно отнести к важнейшим функциональным продуктам питания. Визуальный признак таких перцев – оранжевый цвет кожуры перцев. Однако оранжевый цвет может быть суперпозицией желтого (обеспечиваемого каротинами и окисленными ксантофиллами) и красного (обеспечиваемого капсантином) цветов, поэтому необходимы надежные методы дифференциация сортов с оранжевой окраской плодов по каротиноидному составу.

Цель настоящей работы – разработка хроматографических методов дифференциации плодов *Capsicum annuum* оранжевой окраски для определения сортов – источников зеаксантина. Объектами исследования явились выращенные рассадным способом в открытом грунте на приусадебном участке в г. Белгород сезона 2021 г десять сортов перцев с оранжевой (по описанию) окраской: Фон барон оранжевый (Гавриш), Оранжевое чудо F1 (Уральский дачник), Оранжевый букет (Поиск), Афродита (Золотая сотка Алтая), Оранжевый бочонок (Восточный деликатес), Диво дивное (Уральский дачник), Апельсиновый сок (Сибирский сад), Оранжевый красавец (Сибирский сад), Кубок янтарный (Гавриш), Золотой фонарик (Евросемена. Королевский урожай). Отметим, что окраска плодов перцев не всех, выбранных для исследования сортов, соответствовала описанию на пакете семян. При этом и электронные спектры поглощения экстрактов оказались не одинаковыми. Только для четырех сортов максимум поглощения наиболее интенсивной полосы электронно-колебательных спектров находился около 452 нм. Указанная длина волны соответствует спектру веществ с хромофором, имеющимся в β -каротине, в β -криптоксантине (и его эфирах) и в зеаксантине (и его моно- и диэфирах). Для поиска сортов, обогащенных зеаксантином (а не β -каротином или β -криптоксантином) необходимо использование хроматографических методов. Из этих методов наиболее доступным является тонкослойная хроматография. Диэфиры зеаксантина, как метчики, извлекали из физалиса декоративного. Как вещества, содержащие две сложноэфирные полярные группы, они имеют меньшую подвижность по сравнению с эфирами β -криптоксантина ($R_f = 0.73$). Судя по интенсивности окраски соответствующего пятна, диэфиры зеаксантина относятся к основным компонентам использованного в работе образца перца оранжевой окраски. Пятно не высокой интенсивности окраски с $R_f = 0.38$ соответствует диэфирам лютеина. Остальные компоненты из основных, в соответствие с электронными спектрами поглощения всего экстракта – моноэфиры зеаксантина и неэтерифицированный зеаксантин в виде интенсивно окрашенного пятна остались на линии старта в использованном элюенте.

Таким образом, использование двух легкодоступных техник химического анализа может помочь селекционерам выводить оранжевые перцы, наиболее богатые производными зеаксантина.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЯДА МЕЗИЛСУЛЬФОНИЛГИДРАЗИНОВ В ПРОЦЕССАХ ФЛОТАЦИИ ОСАДКОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Ваулина В.Н.¹, Чеканова Л.Г.¹, Ельчищева Ю.Б.², Бардина Е.С.¹, Павлов П.Т.²

¹ Институт технической химии УрО РАН (филиал ПФИЦ УрО РАН), Пермь, Россия

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Ацилсульфонилгидразины, благодаря способности образовывать труднорастворимые комплексные соединения с ионами цветных металлов (ЦМ) [1], предложены в качестве реагентов для флотации осадков ЦМ. Проведены исследования влияния длины углеводородного радикала на флотационную способность ряда N-ацил-N'-мезилгидразинов (АМСГ) $RC(O)NHNHSO_2CH_3$ (где R = C₅H₁₁ (I), C₆H₁₃ (II), C₇H₁₅ (III), BuCH(Et) (IV), C₈H₁₇ (V), C₁₁H₂₁ (VI), C₁₂H₂₅ (VII), C₁₄H₂₉ (VIII)) по отношению к ионам Cu (II), Ni(II), Co(II) и Zn (II).

Для выбора условий флотации определены области значений pH образования осадков в ряду лигандов (рис., пример для VI).

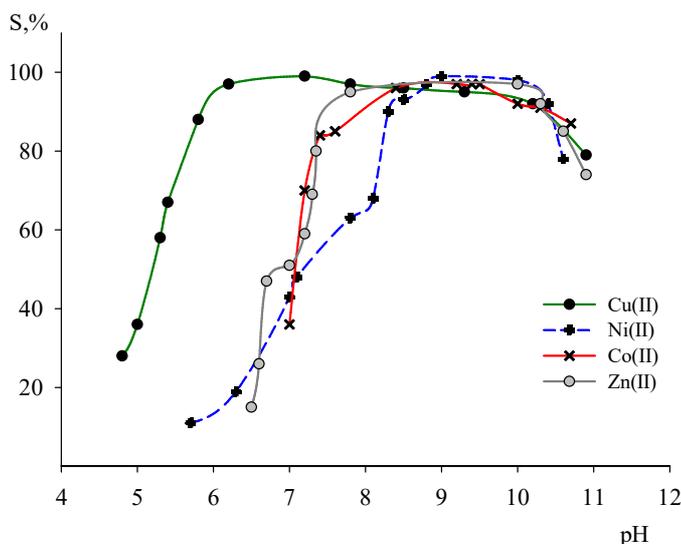


Рис. Зависимость степени осаждения цветных металлов (S, %) с N-додеканоил-N'-мезилгидразином от pH_{равн}

Найдено, что с увеличением длины радикала интервал pH_{равн} максимальной степени извлечения металла увеличивается. Для расчета значений ПР осадков комплексов изучены протолитические равновесия в растворах реагентов.

Выбраны реагенты с оптимальной для ИФ длиной радикала (с учетом растворимости осадков сублатов и растворимости лиганда в водных и водно-спиртовых растворах). Проведены опыты индивидуальной и коллективной флотации ионов ЦМ(II) с выбранными реагентами. Показано, что возможно извлечение ионов металлов до остаточной концентрации 0,2-0,3 мг/л, отделение меди и сопутствующих ионов ЦМ в области pH 5-6,5, а также разделение ионов Cu(II) и Zn(II). На основании данных ИК-спектроскопии и элементного анализа сделано предположение о составе сублатов, образующихся в процессе флотации при разных значениях pH.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ 20-69-46066.

Список литературы

1. Чеканова Л.Г., Воронкова О.А., Радущев А.В., Павлов П.Т., Байгачева Е.В. Журнал неорганической химии. 2013. Т 58. № 1. С. 1–6

ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ АКРИЛАТНЫХ ТЕРПОЛИМЕРОВ, СНИЖАЮЩИХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Воронина Н.С., Нечаев А.И., Стрельников В.Н.

Институт технической химии УрО РАН (филиал ПФИЦ УрО РАН), Пермь, Россия

Применение полиакриламида в качестве полимера, снижающего гидродинамическое сопротивление турбулентных потоков, при повышенных температурах невозможно вследствие его гидролиза и деструкции [1, 2]. Термостойкость водорастворимых сополимеров определяется химической природой основной цепи полимера, а также боковых заместителей. Известно, что при ведении натриевой соли 2-акриламидо-2-метилпропансульфоновой кислоты получают более стойкие к условиям гидротермального воздействия акрилатные сополимеры [3]. Однако, существующие исследования о влиянии гидротермального воздействия на полимеры для снижения гидродинамического сопротивления турбулентных водных потоков, ограничиваются температурами не более 70–80 С [1].

Целью данной работы является установление влияния процесса термогидролиза на состав и структуру акрилатных термостойких сополимеров и, как следствие, на их способность снижать гидродинамическое сопротивление водных потоков при температурах выше 100 С.

В ходе проведения исследования выявлено повышение устойчивости и снижение степени гидролиза акрилатных ионогенных терполимеров акриламида, акрилонитрила и натриевой соли 2-акриламидо-2-метилпропансульфонокислоты АА-АН-АМПСNa при термогидролизе, связанное с присутствием в составе боковых групп полимерной цепи нитрильных и сульфонатных заместителей. Показано, что при повышении температуры до 160 С не образуются новые химические соединения из синтезированного терполимера, однако, свыше 160 С происходит не только изменение химического состава сополимера, но и его частичная деструкция. Определено влияние температуры термогидролиза на коллоидные характеристики макромолекулярных клубков терполимеров АА-АН-АМПСNa, выражающееся в уменьшении средневязкостной молекулярной массы и средних размеров сольватированных макромолекулярных клубков терполимеров при увеличении температуры термогидролиза. Выявлены температурные зависимости экстремального характера величины снижения гидродинамического сопротивления DR и приращения объемного расхода раствора акрилатного ионогенного терполимера, что связано с ростом числа Рейнольдса потока и увеличением размеров сольватированных макромолекулярных клубков, а при более высоких температурах вклад в снижение DR вносит второй эффект, связанный с частичной термической деструкцией терполимера и уменьшением его молекулярной массы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Пермского края в рамках научного проекта № 20-43-596014_р_НОЦ_Пермский край

Список литературы

1. Kamel A., Shah S.N. J. Pet. Sci. Eng. 2009. V. 67. № 1–2. P. 23–33.
2. Zhang K., Lim G.H., Choi H.J. J. Ind. Eng. Chem. 2016. V. 33. P. 156–161.
3. Kelland M.A. Production Chemicals for the Oil and Gas Industry. 2nd ed. CRC Press, 2014.

ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В РОССИИ И В МИРЕ

Габов А.Л., Медведева Н.А.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

В октябре 2020 года правительством РФ была принята «дорожная карта» №2634-р развития водородной энергетики в РФ до 2024 года [1], что повлекло за собой настоящий «бум» публикаций в СМИ и упоминаний в других источниках словосочетания «водородная энергетика».

В первой части доклада будут разобраны документы, утвержденные правительством РФ, и приведены показатели, которые должны быть достигнуты согласно им. Например, по прогнозам «дорожной карты» к 2050 году объем мирового рынка водорода увеличится в 6 раз с нынешних 80 млн тонн до 500 млн тонн. Также будут разобраны технологии получения (и связанная с ней классификация по «цветам водорода»), хранения, транспортировки и использования, принятые в мире, а также обеспечение безопасности водородных технологий.

На данный момент различают водород по технологии производства водорода и принята дифференциация по «цветам». В РФ практически весь водород получают с помощью паровой конверсии метана («серый» водород с себестоимостью < 1 доллара). Начинает развиваться «голубой» водород с подачи ПАО «Газпром», который также основан на конверсии метана, но выброс сопутствующего CO₂ закачивается в пласт (себестоимость 1,5-2 доллара США).

Идеальный экологичный «зеленый» вариант – это получение водорода методом электролиза с помощью электричества, полученного из возобновляемых источников энергии. Основная его проблема – это высокая себестоимость (6-7 долларов за килограмм).

Кроме того, в докладе будут освещены последние научные и научно-технические разработки в сфере водородной энергетики в Российской Федерации. Проведен обзор докладов I и II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Водород. Технологии. Будущее».

Последняя часть доклада посвящена исследованиям авторов в области применения магниевых композитов в реакции выделения и сорбции электролитического водорода. Создание эффективных комбинированных систем выделения и хранения водорода является одной из наиболее актуальных проблем водородной энергетики. В этой связи большой научный и практический интерес представляет металлгидридный метод, основанный на использовании технологии направленного изменения концентрации дефектов в структуре металла или сплава и, соответственно, управление кинетикой сорбции водорода и сорбционной емкостью материала по водороду. Направленное воздействие на поверхностные и объемные свойства материала, концентрацию дефектов в его структуре, сорбционную емкость по водороду возможно улучшить с помощью метода интенсивной пластической деформации (ковка, равноканальное угловое прессование, прокатка) [2]. В ином случае увеличить удельную емкость накопителей водорода, повысив степень развития поверхности и концентрация активных центров адсорбции, можно за счет использования технологии анодного растворения [3].

Список литературы

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12.10.2020 № 2634-р.
2. Габов А.Л., Хренова А.А., Медведева Н.А., Скрыбина Н.Е., Фрушар Д., Кузнецова Е.Ф. Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2014. Т.57. №12. С. 52–55.
3. Тетерина А.А., Медведева Н.А., Скрыбина Н.Е., Габов А.Л. Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т.18. №5. С.2244–2247

ГИДРАЗИД 2-ЭТИЛГЕКСАНОВОЙ КИСЛОТЫ – РЕАГЕНТ ДЛЯ ФЛОТАЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Галкин Д.С.¹, Ельчищева Ю.Б.¹, Чеканова Л.Г.², Заболотных С.А.²

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² Институт технической химии УрО РАН (филиал ПФИЦ УрО РАН), Пермь, Россия

Повышение эффективности обогащения минерального сырья, перерабатываемого флотационным способом, неразрывно связано с поиском новых реагентов-собирателей с улучшенными технологическими свойствами, которые должны удовлетворять ряду требований [1, 2].

Перспективными классами комплексообразующих соединений, способных выступать в роли собирателей для флотации сульфидных руд цветных металлов, являются гидразиды карбоновых кислот [3]. Показано, что реагенты обладают выраженными собирательными свойствами и селективностью по отношению к минералам ЦМ, обеспечивают более высокий выход целевых металлов в сравнении с используемым в промышленности бутилксантогенатом калия (ББК), менее токсичны и устойчивы при длительном хранении.

Для подтверждения соответствия гидразида 2-этилгексановой кислоты (Г-2ЭГК) требованиям, предъявляемым к собирателям, исследованы физико-химические и комплексообразующие свойства реагента [4]. Хорошая растворимость гидразида в 0,1 моль/л растворе КОН, устойчивость к гидролизу в кислых и щелочных средах, наличие поверхностной активности, высокая степень извлечения ионов Cu(II) (более 99,5%) позволяют использовать реагент в качестве потенциального собирателя при флотации ЦМ.

Для определения флотоактивности гидразида (Г-2ЭГК) была исследована технологическая проба смешанной руды Михеевского горно-обогатительного комбината (медно-порфировая и рыхлая сульфидная (окисленная)). При флотации смешанной руды собирателем Г-2ЭГК степень извлечения увеличивается на 2% по сравнению с базовым опытом (ББК), но при этом падает качество пенного продукта. Анализируя флотацию руды смесью ББК с гидразидом, нужно отметить, что качество пенного продукта повышается, но не достигает значения базового опыта, при этом еще более повышается выход металла (Cu(II)). Лучшие результаты по извлечению Cu(II) получены при использовании сочетаний исследуемого гидразида с бутиловым ксантогенатом калия: ББК : Г-2ЭГК = 1:1.

Список литературы

1. Базарова Е.А., Митрофанова Г.В., Черноусенко Е.В. Труды Кольского научного центра РАН. Химия и материаловедение. 2019. №3. С. 15–21.
2. Медяник Н.Л., Чантурия В.А., Шадрунова И.В. Обогащение полезных ископаемых ФТПРПИ. 2012. № 1. С. 154–164.
3. Тимошенко Л.И., Чеканова Л.Г., Маркосян С.М., Байгачева Е.В. Химическая технология. 2014. Т. 15, № 8. С. 488–492.
4. Галкин Д.С., Ельчищева Ю.Б., Чеканова Л.Г. Материалы VIII молодежной школы-конференции «Современные аспекты химии». Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2021. С. 26.

ФОРМИРОВАНИЕ СУПЕРГИДРОФОБНЫХ ПОКРЫТИЙ НА МЕДИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Глухов В.Г., Ботрякова И.Г., Поляков Н.А.

Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия

Супергидрофобные поверхности имеют множество применений, с их помощью можно улавливать капли масла в воде, защищать поверхности от скапливания на них льда и грязи, уменьшать силу трения в трубах и многое другое. Одним из самых перспективных их применений является защита от коррозии.

За редким исключением, супергидрофобные покрытия наносят в два этапа. На первом – создают необходимый уровень шероховатости, на втором – наносят тонкий слой гидрофобизатора. В работе поверхность с необходимой морфологией формировали методом гальваностатической обработки меди в растворе состава: 0,25 М CuSO_4 , 0,5 М H_2SO_4 . Процесс электроосаждения вначале вели при 0,25 А/см² в течение 50 сек., т.е. в условиях диффузионных ограничений по ионам меди с образованием осадка в виде дендритных структур, а затем – при 0,01 А/см² в течение 20 сек., для закрепления рыхлых слоев меди.

Один из самых часто упоминаемый гидрофобизаторов для получения супергидрофобных поверхностей – стеариновая кислота, которая сравнительно недорога и проста в нанесении. В качестве альтернативы ей в данном исследовании использовали 1-додекантиол. 1-додекантиол наносили двумя способами: выдержка покрытий в течение 15 минут в 10 мМ спиртовом растворе 1-додекантиола и в течение 72 часов в парах 1-додекантиола. Для сравнения также испытывали образцы покрытий, выдержанных в течение 15 минут в 10 мМ спиртовом растворе стеариновой кислоты.

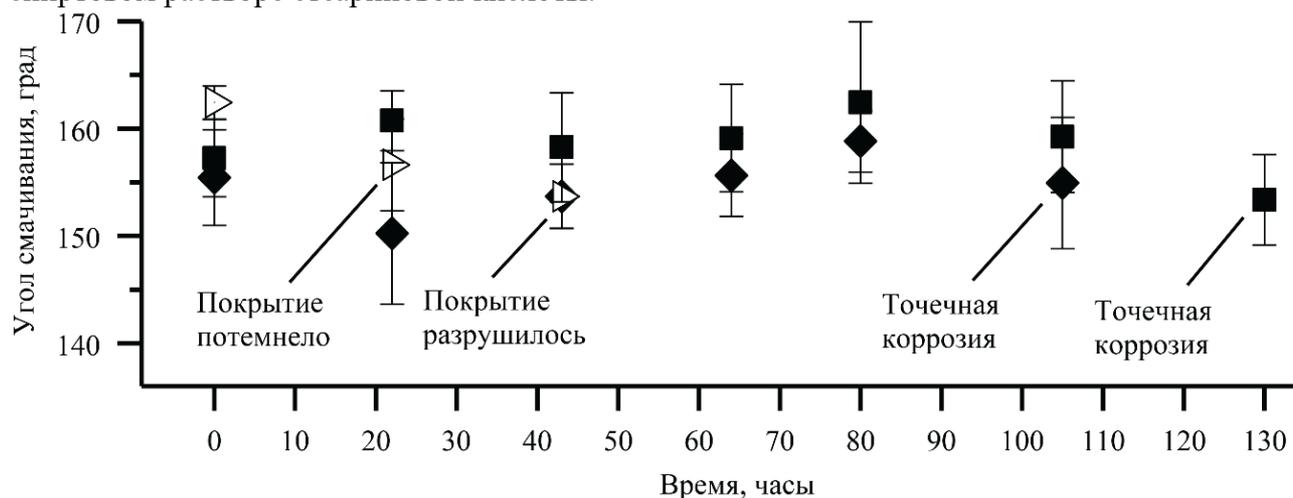


Рис. Испытания в камере солевого тумана. Обработка:

■ додекантиол-1/пары, ◆ додекантиол-1/спирт, ▷ стеариновая кислота/спирт.

Углы смачивания покрытий, обработанных 1-додекантиолом, получились близкие к $157^{\circ} \pm 3^{\circ}$ (в парах) и $155^{\circ} \pm 4^{\circ}$ (спиртовой раствор); для сравнения после обработки спиртовым раствором стеариновой кислоты – $162^{\circ} \pm 2^{\circ}$. Это коррелирует с данными, ранее полученными на образцах полированной меди: для 1-додекантиола $105^{\circ} \pm 3^{\circ}$ (в парах) и $102^{\circ} \pm 2^{\circ}$ (спиртовой раствор) и $107^{\circ} \pm 3^{\circ}$ для стеариновой кислоты. Образцы с супергидрофобным покрытием были испытаны в камере солевого тумана (рис.). Несмотря на относительно высокие исходные углы смачивания, первые очаги коррозии появились на образцах, обработанных стеариновой кислотой, а спустя 43 часа покрытие на них разрушилось. Образцы, обработанные спиртовым раствором 1-додекантиола, выдержали испытание в камере солевого тумана около 80 часов, а обработанные в парах 1-додекантиола – более 105 часов.

Таким образом, применение 1-додекантиола является перспективным для формирования супергидрофобных покрытий на меди.

ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМАХ СОЖДЕЖАЩИХ ПРОМЫШЛЕННО ВАЖНЫЕ СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ: РАВНОВЕСНЫЕ СОСТАВЫ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Голикова А.Д.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Гетерогенные флюидные системы с химическим взаимодействием компонентов являются известными и перспективными экспериментальными объектами, с ними связан и широкий круг актуальных задач, на решение которых направлены их исследования. Задачи организации процессов в области реакционной ректификации и экстракции прямо связаны с современными задачами энерго- и ресурсосберегающих экологически чистых технологий. Действительно, совмещение процессов разделения и синтеза дает возможность достичь высокого энергосбережения и степени конверсии реагентов, например, в процессах основного органического синтеза, что, в свою очередь, создает возможности безотходного экологически чистого производства при включении в него совмещенных реакционно-массообменных процессов, которыми являются указанные выше реакционная ректификация и экстракция. Вместе с тем, технологическая значимость исследований определила и основной акцент в экспериментальных работах, связанный преимущественно с относительно традиционным изучением фазовых и химических равновесий, то есть составов сосуществующих равновесных фаз, в том числе, при различных температурах [1].

В настоящей работе представлены данные о химическом равновесии в системах с синтезом промышленно важных сложных эфиров: этилацетата [2] и этилпропионата [3]. Представлены расчетные данные о парожидкостном равновесии при различных температурах для данных систем (см. рисунок).

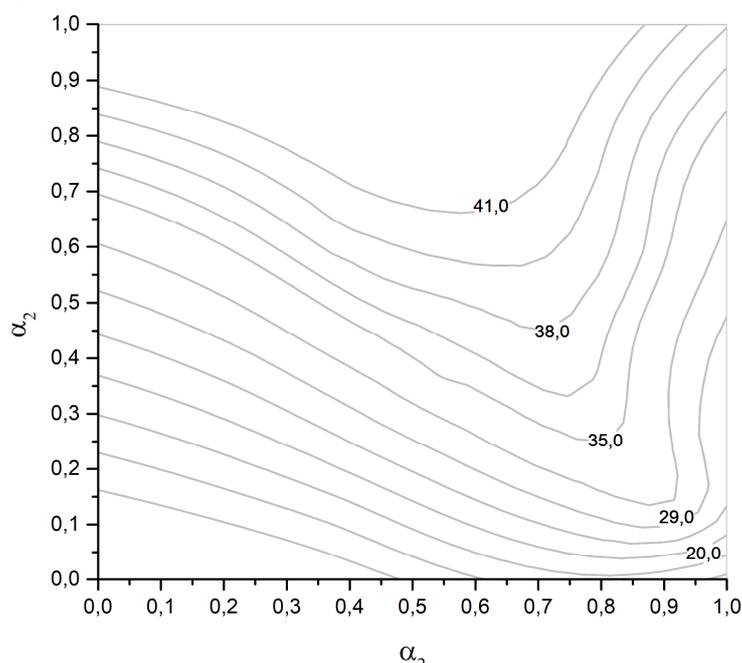


Рис. Изотермы – изобары (в кПа) на поверхности химического равновесия реакций синтеза/гидролиза этилацетата в α – переменных раствора при 313.15 К

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-73-10007.

Список литературы

1. Toikka M.A., Tsvetov N.S., Toikka A.M. Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2013. V. 47, №. 5. P. 554–562.
2. Golikova A., Samarov A., Trofimova M., et al. J. Solut. Chem. 2017. V. 46, № 2. P. 374–387.
3. Toikka M., Sadaeva A., Samarov A., et al. Fluid Phase Equilibria. 2017. V. 451. P. 91–95.

ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ УСТОЙЧИВОСТИ ХЛОРТЕТРАЦИКЛИНА ГИДРОХЛОРИДА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Городилова А.И., Холмогорова А.С.

УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

Антибиотики тетрациклиновой группы (ТЦГ) широко используются в медицине и животноводстве, в результате чего они попадают в окружающую среду и продукты питания и оказывают негативное влияние на экологию и здоровье человека. Для разработки методик количественного извлечения данной группы соединений из природных объектов необходимы сведения о поведении ТЦГ в водных системах.

Целью настоящей работы стало определение условий устойчивости хлортетрациклина гидрохлорида в водных растворах: водородный показатель, температура, время хранения и природа фонового электролита.

В ходе данного исследования приготовлены серии растворов хлортетрациклина гидрохлорида с концентрацией 0,02 г/л при разных значениях рН в присутствии и отсутствии буферной системы. Далее снимали спектры приготовленных растворов на спектрофотометре модели UNICO 2800. На основе полученных данных построили графики зависимости оптической плотности от рН, представленные на рисунке 1. В отсутствие буферной системы на кривой наблюдается плато в интервале значений рН от 1 до 6, далее показатель оптической плотности снижается, что свидетельствует о химическом разложении хлортетрациклина гидрохлорида. Использование буферных систем для создания кислотности среды приводит к получению зависимостей, на которых сложно выделить промежутки рН с неизменным значением оптической плотности.

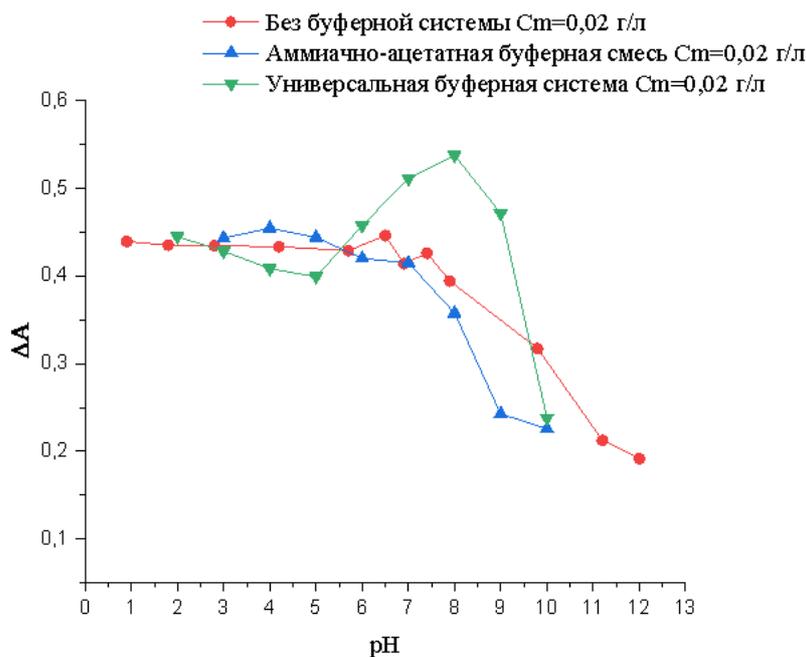


Рис. Зависимость оптической плотности от водородного показателя $t = 25^\circ\text{C}$

При исследовании влияния температуры и времени на устойчивость хлортетрациклина гидрохлорида установлено: растворы, приготовленные без буферных систем и хранившиеся при $t = 5^\circ\text{C}$, не подвергаются химической деструкции в течение 70 часов; на это указывают неизменные значения оптической плотности.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СИНТЕЗ СЛОИСТЫХ ДВОЙНЫХ ГИДРОКСИДОВ, СОДЕРЖАЩИХ КАТИОНЫ ОЛОВА (II)

Даминдарова В.Н., Япрынцева М.Н., Лебедева О.Е.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Белгород, Россия

Последние десятилетия ознаменовались существенными продвижением в исследовании различных неорганических материалов. К одним из перспективных относят слоистые двойные гидроксиды, структура которых позволяет использовать их в различных сферах: от таргетной терапии при лечении раковых заболеваний до катализа в нефтехимии [1]. Данный класс неорганических соединений характеризуется наличием бруситоподобных слоев, образующихся главным образом при участии двух- и трехзарядных катионов металлов (встречаются сведения и о других вариантах). Включение олова в состав слоев СДГ до сих пор остается спорным вопросом. Дополнительной сложностью является ограниченная растворимость оловосодержащих солей, а также их подверженность гидролизу и полимеризации. Ранее нами было установлено, что при температуре 55-60 °С формируется оловосодержащий СДГ [2]. Целью данной работы являлось изучение влияния температуры на состав продуктов синтеза.

Синтез осуществлялся методом соосаждения из нитратов магния, алюминия и хлорида олова (II) при температурах 30 и 80 °С, степень замещения магния на олово составляла 0,1. В течение суток образцы выдерживались под маточным раствором при комнатной температуре и в течение 2-х суток – при температуре 80-85 °С, с последующим промыванием до постоянного значения pH. Состав образцов идентифицировался посредством рентгенофазового анализа на дифрактометре Rigaku (CuK α -излучение), шаг сканирования по 2 θ 0,02°.

Результаты показали, что слоистый двойной гидроксид, содержащий в своем составе двухвалентное олово, образуется только при 30 °С (рис. 1а). При нагревании до 80 °С (рис. 1б) олово участвует в формировании шенфлисита Mg(Sn(OH)₆), фаза СДГ при этом, вероятно, представлена гидроталькитом с формулой Mg₆Al₂CO₃(OH)₁₆·4H₂O. В обоих случаях полученные фазы хорошо окристаллизованы и не находятся в аморфном состоянии.

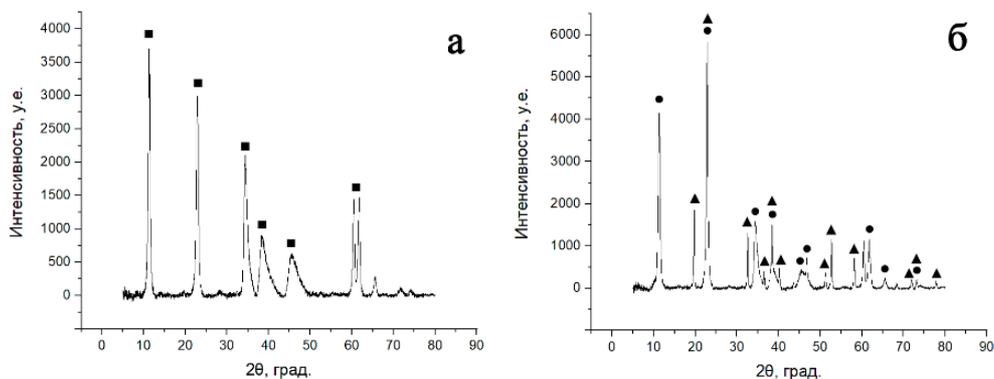


Рис. Дифрактограммы образцов, синтезированных при: а – 30 °С, б – 80 °С.
Обозначения: ■ – оловосодержащий СДГ, ● – гидроталькит, ▲ – шенфлисит

Таким образом, повышение температуры синтеза оловосодержащих СДГ наиболее оптимально в интервале 30-60 °С. Дальнейшее увеличение данного параметра способствует закономерному повышению степени гидролиза и окислению олова, в результате чего образуются нежелательные побочные продукты. Температура ниже заданных значений затрудняет растворение солей олова в исходном растворе и, как следствие, приводит к снижению эффективности синтеза слоистых двойных гидроксидов с изучаемой структурой.

Список литературы

1. Rives V., del Arco M., Martin C. Journal of Controlled release. 2013. V.169, № 1–2. P.28–39.
2. Damindarova V.N., Ryl'tsova I.G., Tarasenko E.A., Wang X. et al. Petroleum Chemistry. 2020. V. 60, № 4. P. 444–450.

ВОДНЫЕ РАССЛАИВАЮЩИЕСЯ СИСТЕМЫ, СОДЕРЖАЩИЕ АНТИПИРИН, САЛИЦИЛОВУЮ (СУЛЬФОСАЛИЦИЛОВУЮ) И НЕОРГАНИЧЕСКИЕ КИСЛОТЫ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МАКРОКОЛИЧЕСТВ СОЛЕЙ МЕТАЛЛОВ

Дегтев М.И., Максимов А.С., Юминова А.А.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

В работе приведены результаты исследований водных расслаивающихся систем на основе антипирина, салициловой, сульфосалициловой и неорганических кислот в присутствии высаливателя и без него. Показано, что расслаивание системы антипирин (АП) – салициловая (СК) и сульфосалициловая (ССК) кислота – хлороводородная (серная) кислота – вода происходит в случае СК при нагревании до 80–85°C и без нагревания в присутствии ССК, и встряхивании указанных компонентов в градуированных пробирках в течение 5–10 мин. не менее 4-х раз по 40–45 с. В результате расслаивания образуется органическая фаза (ОФ) желтого цвета, которая при охлаждении переходит в твердую массу для СК и остаётся жидкой при наличии ССК. ОФ в первом случае растворяется в изопропиловом спирте, хлороформе или при нагревании в 4 моль/л растворе HCl, а ОФ с ССК, наоборот, растворяется в дистиллированной воде. Анализ ОФ обеих систем свидетельствует о наличии в них соли – салицилата или сульфосалицилата антипирина и незначительного количества хлоридной или сульфатной соли АП. Салицилат и сульфосалицилат антипирина являются фазообразователем, с одной стороны, а с другой растворителем комплексов ионов металлов.

Водная фаза (ВФ) не окрашена и содержит кристаллы СК в виде бесцветных игл, наличие которых объясняется слабой растворимостью кислоты в воде [1]. Образование ОФ максимального объёма наблюдается в интервале соотношений реагентов, моль/л: АП : СК = 0,30–0,30 : 0,35–0,25. При этом объём не превышает 1,80–1,85 мл. В таких же условиях в системе АП – ССК – H₂O объём ОФ значительно больше (2,4мл), что, по-видимому, связано с высокой растворимостью ССК в воде по сравнению с салициловой кислотой.

В то же время сульфосалициловая кислота более сильная по сравнению с СК [2] и при этом не требуется нагревание системы, так как последняя переходит в гомогенное состояние. Введение в расслаивающиеся системы АП – СК – H₂O или АП – ССК – H₂O неорганических высаливателей (Na₂SO₄, NaCl) объём ОФ возрастает в системе с ССК на 0,5 мл, а в системе с СК на 0,3 мл. Такая же зависимость наблюдается и в присутствии HCl или H₂SO₄, однако при C(HCl) ≥ 0,5 моль/л или C(H₂SO₄) ≥ 0,35 моль/л расслаивание в системах исчезает, вследствие полного перехода АП в соли АП·HCl или АП·HSO₄.

Из справочных данных [2] известно, что СК образует внутрикомплексные соединения (ВКС) со следующими ионами металлов: Fe³⁺, Cu²⁺, Al³⁺, Ni²⁺, Th⁴⁺, Fe²⁺. Практически такой же ряд с небольшими дополнениями образует и сульфосалициловая кислота [2]. В связи с этим следовало ожидать экстракцию указанных ионов металлов в ОФ обеих систем. При этом надо учитывать различие расслаивающихся водных систем в зависимости от температуры и объёма водных фаз. Действительно, серия работ А. А. Юминовой подтвердила сведения, указанные выше [3].

Список литературы

1. Справочник химика. Т. 2, Л, М.: Госуд. научно-технич. изд-во хим. литературы, 1951.
2. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1971.
3. Юминова А.А. Расслаивающиеся системы на основе антипирина для извлечения макро- и микроколичеств ионов металлов. Автореферат ... канд. хим. наук. Казань, 2016.

ЭКСТРАКЦИЯ МАКРОКОЛИЧЕСТВ СКАНДИЯ (III) В РАССЛАИВАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЕ, СОДЕРЖАЩЕЙ АНТИПИРИН, САЛИЦИЛОВУЮ КИСЛОТУ, НЕОРГАНИЧЕСКИЙ АНИОН И ВОДУ

Дегтев М.И., Юминова А.А., Максимов А.С.

Пермский государственный национальный исследовательский университет

В природе содержание скандия не превышает 0,3% и число собственных минералов, содержащих Sc(III) не велико и лишь тортвейтит $\text{Sc}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ используется в качестве скандиевого сырья. Разработаны различные методы выделения Sc(III) из его минералов, но наиболее широко применяются экстракционные методы как в технологии, так и в практике аналитической химии. Так спирты, кетоны, простые и сложные эфиры образуют комплексы со скандием, прочность которых определяется связью Sc–O соответствующих функциональных групп. Они экстрагируют ионы скандия из водных растворов, содержащих неорганические кислоты, довольно слабо ($E(\text{Sc}), \% = 3,0$). В присутствии тиоцианат-анионов извлечение скандия (III) резко возрастает, достигая количественного. Степень экстракции Sc(III) резко возрастает при переходе от кетонов к β -дикетонам, что приводит к образованию устойчивых комплексных соединений, которые переходят в органическую фазу. В работах химиков-аналитиков Пермского Государственного Университета детально исследованы диантипирилметан и его гомологи для экстракционного выделения скандия(III) и ряда РЗЭ [1]. Дегтев М.И. и Петрова Е.А. исследовали экстракцию иттрия, скандия и некоторых РЗЭ из трихлорацетатных растворов дипиразолонилметанами в хлороформ [2]. В работах авторов предложен избирательный способ выделения скандия для его последующего определения, а также исследована экстракция скандия бензоилантипирином из хлоридно-перхлоратных растворов [3].

Последние работы посвящены изучению распределения ионов скандия (иттрия) и ряда РЗЭ в органический растворитель в присутствии производных пиразолона. Последние без сомнения эффективны для выделения и разделения макроколичеств скандия и иттрия, скандия и РЗЭ, но они имеют один существенный недостаток – применение легколетучих, пожароопасных и токсичных органических растворителей.

В данной работе предложены водные расслаивающиеся системы на основе антипирина и его производных для выделения макро- или микроколичеств скандия(III) без применения органических растворителей. Для решения такой задачи исследована система АП-салициловоая кислота-неорганический анион-вода. Нами проведено исследование извлечения ионов скандия (III) из солянокислых, сернокислых, нитратных и тиоцианатных растворов. Выявлены аналогии и различия в системах в зависимости от природы неорганического аниона в солях скандия(III). Ниже приведены сведения об извлечении ионов скандия из хлоридных растворов.

В системе ScCl_3 – АП – СК – HCl – H₂O при нагревании до 85°C происходит расслаивание на органическую и водную фазы. В результате расслаивания во всех случаях образуется органическая фаза желтого цвета, которая при охлаждении переходит в твердую массу. ОФ растворима в растворе хлороформа, изопропилового спирта или при нагревании в 4–6 моль/л растворе HCl и содержит соль салицилата антипирина, которая и является растворителем макроколичеств комплекса скандия(III). ВФ не окрашена и содержит кристаллы СК в виде бесцветных игл, наличие которых объясняется невысокой растворимостью СК в воде. Для того, чтобы установить оптимальную степень извлечения скандия исследовали влияние концентрации каждого компонента на $E(\text{Sc}), \%$. Влияние СК изучали в интервале 0,15–0,4 моль/л при объеме водной фазы 10 мл. При этом нейтрализовали исходную концентрацию HCl, на которой была приготовлена соль ScCl_3 , 0,1 моль/л NaOH до pH=2,3.

В ходе эксперимента установлено, что с повышением концентрации СК в интервале 0,15–0,4 моль/л извлечение возрастает, но незначительно с 63,8 до 77,3%. Максимальная экстракция скандия(III) наблюдается при концентрации СК равной 0,30–0,35 моль/л. Аналогичным образом исследовали зависимость экстракции ионов скандия (III) от концентрации АП в интервале 0,4–1,0 моль/л с тем же объемом водной фазы. Опыты проводили при оптимальной

концентрации $C_{СК} = 0,3$ моль/л $pH_{исх} = 2,3$. Максимальная степень извлечения составила 77,3% при $C_{АП} = 0,9$ моль/л. При соотношении АП : СК = 0,3 : 0,3 и при нейтрализации HCl, на которой была приготовлена соль $ScCl_3$ до $pH = 2,3$ образуется ОФ объемом 1,4 мл. С учетом сказанного, было исследовано влияние концентрации HCl и NaOH на полноту извлечения скандия при общем объеме фазы 10 мл.

Введение HCl в концентрации 0,12 моль/л $E(Sc)$, % уменьшается до 50%, а при $C(HCl)$, равной 0,4 моль/л экстракция Sc(III) падает до 20%. Повышение $C(HCl)$ до 0,5 моль/л приводит к гомогенизации системы. Скорее всего это происходит вследствие полного перехода антипирина в хлоридную соль, которая растворяется в воде. И, наоборот, введение раствора NaOH, который нейтрализует не только HCl, на которой приготовлена соль скандия (III), но и 1 мл свободного раствора щелочи частично нейтрализует салициловую кислоту до $pH=4,0$. При этом экстракция Sc(III) повышается до 99%. Необходимо отметить, что в расщепляющейся системе не использовались неорганические соли (NaCl, KCl, NH_4Cl , Na_2SO_4 , $(NH_4)_2SO_4$) – высаливатели. Поэтому было исследовано влияние ряда высаливателей на полноту экстракции скандия при $pH=2,3$. Кривые экстракции скандия свидетельствуют о том, что количественное извлечение скандия (99,6%) обеспечивает сульфат натрия. Введение NaCl в концентрации 0,5-4 моль/л монотонно увеличивает $E(Sc)$, % и при $C(NaCl)=4$ моль/л экстракция не превышает 97%.

Список литературы

1. Диантипирилметан и его гомологи как аналитические реагенты. Пермь: Перм. госуд. ун-т, 1974.
2. Дегтев М.И., Петрова Е.Н. Журнал неорганической химии. 1987. Т. 31, № 1. С. 112–117.
3. Дегтев М.И., Мельников П.В. Журнал неорганической химии. 1999. Т. 44, № 3. С. 509–512.

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ПОКРЫТИЙ НА МЕДИ В АТМОСФЕРЕ СО 100% ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ ВОЗДУХА

Дорохов А.В.¹, Дорохова А.Н.², Курьято Н.А.¹

¹ ВНИИТиН, Тамбов, Россия, cska-sparta@yandex.ru

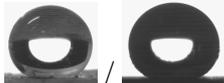
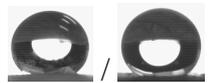
² ТГУ им. Г.Р. Державина, Тамбов, Россия

Использование металлоконструкций в естественных условиях ведет к тому, что они подвергаются воздействию атмосферной коррозии, что приводит к большим экономическим потерям ежегодно. В зависимости от воздействия факторов атмосферной коррозии, коррозионные процессы будут протекать с различной скоростью. Возникает необходимость замедлить коррозионные процессы. Одним из перспективных на данный момент решений может быть метод гидрофобизации поверхности, при которой на поверхности, не может формироваться фазовая водная пленка или практически не могут адсорбироваться молекулы H₂O – непосредственные участники коррозионных процессов.

Целью нашей работы является изучение коррозионной стойкости гидрофобных покрытий на меди в атмосфере со 100% относительной влажностью воздуха.

Исследования по устойчивости покрытий на меди [1] проводили в термовлагокамере в условиях восьмичасовой работы при 100% относительной влажности и 40 °С с последующим охлаждением в остальное время суток. Также проводились коррозионные испытания в герметичных эксикаторах с заданной 100% относительной влажностью воздуха [2]. Результаты приведены в таблице 1.

Табл. Полученные значения потери массы образцов и краевых углов смачивания (Θ) до начала/после проведения испытаний.

Кол-во дней	Термовлагокамера Г-4		Кол-во дней	При 100% относительной влажности	
	m _{ср} (г), до/после	Θ _{ср} °, до/после		m _{ср} (г), до/после	Θ _{ср} °, до/после
40	3,3798/3,3809	144/141 	186	2,6878/2,6874	141/140 

Из приведенных данных таблицы можно отметить, что покрытия в обоих случаях сохраняют свойство гидрофобности. После 40 дней в термовлагокамере у образцов наблюдается привес, что может быть связано с образовавшимися очагами коррозии. Покрытия на образцах, находившихся в герметичном эксикаторе с заданной со 100% относительной влажностью воздуха после 186 суток экспозиции имеют достаточную устойчивость, на что указывает незначительное изменение массы и значения краевого угла смачивания.

Список литературы

1. Глухов В.Г., Поляков Н.А., Семилетов А.М., Кузнецов Ю.И. Материалы конференции «Актуальные вопросы электрохимии, экологии и защиты от коррозии», посвященной памяти профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ В.И. Вигдоровича. 2019. С. 392–394.
2. Цыганкова Л.Е., Урядников А.А., Дорохов А.В., Шель Н.В., Дорохова А.Н., Курьято Н.А. Практика противокоррозионной защиты. 2021. № 26 (1). С. 7–16.

ДИЗАЙН ЭКСТРАКЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Елохов А.М.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Токсичность, пожаро- и взрывоопасность органических растворителей применяемых в жидкостной экстракции, а также проблемы концентрирования гидрофильных и диссоциирующих соединений привели к необходимости поиска новых экстракционных систем, которые характеризуются высокой полярностью экстракта, значительной концентрацией воды в нем и отвечают принципам *green chemistry*. Указанным требованиям полностью удовлетворяют системы на основе некоторых ионных жидкостей, глубоко эвтектических смесей, водорастворимых полимеров и поверхностно-активных веществ.

Особенностью неионных оксиэтилированных ПАВ является наличие точки помутнения – явления, заключающегося в снижении растворимости ПАВ в воде с ростом температуры, что позволяет получать расслаивающиеся смеси, способные концентрировать широкий спектр веществ, преимущественно органической природы, а также комплексные соединения ионов металлов с органическими реагентами, в фазу, обогащенную ПАВ. Расширить возможности метода можно за счет процесса высаливания ПАВ неорганическими солями или некоторыми органическими веществами, например, углеводами. Проведенные исследования позволили разработать подход к оптимизации температурно-концентрационных параметров осуществления экстракции в системах неорганическая соль – оксиэтилированное ПАВ – вода, а также установить влияние различных факторов, в том числе температуры и природы высаливателя, на их экстракционную способность. Полученные закономерности подтверждены на примере технических ПАВ – оксиэтилированных нонилфенолов, моноалкилполиэтиленгликолей, бис(алкилполиоксиэтилен)фосфата калия, этоксилированных кокоалкиламинов.

На основе ионных ПАВ, которые за счет наличия функциональных групп способны к комплексообразованию с ионами металлов, возможна разработка экстракционных систем с высокой избирательностью. Так, бис(алкилполиоксиэтилен)фосфат калия в нейтральных и слабокислых средах концентрирует многозарядные ионы металлов по катионообменному механизму, в сильнокислых – ацидокомплексы ионов металлов по гидратно-сольватному механизму.

Еще одним направлением является применение смесей катионных и анионных оксиэтилированных ПАВ, образование расслаивания в которых наблюдается за счет взаимодействия ионных групп ПАВ. Образующиеся ионные ассоциаты ведут себя как неионные оксиэтилированные ПАВ, в частности имеют точку помутнения, высаливаются неорганическими солями. В предыдущих работах доказана возможность использования смесей бис(алкилполиоксиэтилен)фосфата калия и хлорида алкилбензилдиметиламмония, а также смесей бис(алкилполиоксиэтилен)фосфата калия и этоксилированных кокоалкиламинов для концентрирования ионов металлов, в том числе и по механизму бинарной экстракции.

Описанные выше способы не исчерпывают возможности методов жидкостной экстракции поверхностно-активными веществами, в частности остались не затронутыми вопросы использования смесей неионных ПАВ, смесей ионных и неионных ПАВ, а также экстракция *in situ* образующимися ионными жидкостями на основе ионных ПАВ, которые являются дальнейшим развитием указанного направления.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХРОМОФОРОВ, СОДЕРЖАЩИХ 2-ХЛОРИМИДАЗО[1,2-А]ПИРИДИНОВЫЙ ФРАГМЕНТ

Ермолов Д.А.¹, Чухланцева А.Н.^{1,2}, Шкляева Е.В.¹, Абашев Г.Г.^{1,2}

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия, www.lee.ru@mail.ru

² Институт технической химии УрО РАН (филиал ПФИЦ УрО РАН), Пермь, Россия

Важными характеристиками хромофоров с точки зрения их возможного использования в органической электронике являются значения энергии граничных орбиталей (E_{HOMO} и E_{LUMO}) и ширина запрещенной зоны (E_g). Методом циклической вольтамперометрии исследованы электрохимические свойства растворов 1-азаиндолизин-содержащих хромофоров **1**, **2** (Рис. 1, 2, Таблица). Как видно из рис.1 для хромофора **1** характерен одноэлектронный квазиобратимый редокс-процесс. Первый редокс-процесс хромофора **2** имеет обратимый характер, вторая окислительно-восстановительная волна квазиобратима (Рис. 2). Показано, что при переходе от хромофора **1** к хромофору **2** наблюдается уменьшение потенциала начала окисления ($E_{\text{ox}}^{\text{onset}}$) и электрохимической ширины запрещенной зоны (E_g^{el}). На основании данных спектров поглощения хромофоров **1** и **2** определены значения оптической ширины запрещенной зоны (E_g^{opt}), которые в этом случае близки к значениям E_g^{el} .

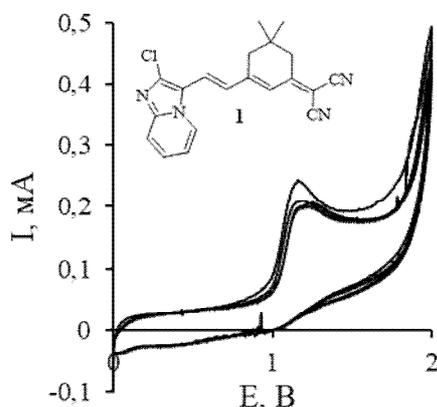


Рис. 1. ЦВА хромофора **1**, Si(C)/AgCl/Pt; Et₄NClO₄, MeCN, 5 циклов

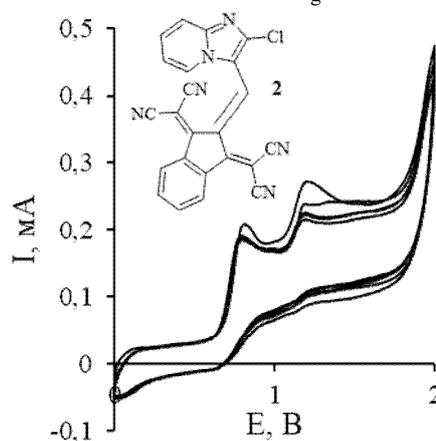


Рис. 2. ЦВА хромофора **2**, Si(C)/AgCl/Pt; Et₄NClO₄, MeCN, 5 циклов

Табл. Электрохимические характеристики хромофоров **1** и **2**^a

№	E_{ox} , В	E_{red} , В	$E_{\text{ox}}^{\text{onset}}$, В	$E_{\text{red}}^{\text{onset}}$, В	E_{HOMO} , эВ	E_{LUMO} , эВ	E_g^{el} , эВ	$\lambda_{\text{abs}}^{\text{onset}}$, нм	E_g^{opt} , эВ
1	1.18	1.02	0.93	-0.98	-5.38	3.28	2.10	590	2.11
2	0.82 1.21	0.67 1.10	0.64	-1.01	-5.12	-3.25	1.87	639	1.83

^aИзмерения выполнены для 0.001 Мр-ов хромофоров в MeCN при RT; фоновый электролит -0.1 Мр-р Et₄N⁺ClO₄; $E_{\text{HOMO}} = -(E_{\text{ox}}^{\text{onset}}_{\text{vsAg/AgCl}} - E_{\text{ox}}^{\text{onset}}_{\text{FcvsAgCl}} + 4.8)$ эВ; $E_{\text{LUMO}} = -(E_{\text{red}}^{\text{onset}}_{\text{vsAg/AgCl}} - E_{\text{red}}^{\text{onset}}_{\text{FcvsAgCl}} + 4.8)$ эВ; $E_g^{\text{el}} = (E_{\text{HOMO}} - E_{\text{LUMO}})$ эВ; $E_g^{\text{opt}} = 1240/\lambda_{\text{abs}}^{\text{onset}}$ [1]; $E_{\text{ox}}^{\text{onset}}_{\text{FcvsAgCl}} = 0.35$ эВ; $E_{\text{red}}^{\text{onset}}_{\text{FcvsAgCl}} = 0.54$ эВ

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Пермского края (проект № 19-43-590014 урал_a)

Список литературы

1. Selivanova D.G., Gorbunov A.A, Mayorova O.A., et al. Beilstein Journal of Organic Chemistry. 2017. V. 13.P. 1583.

СЕЛЕКТИВНОСТЬ СОРБЦИИ ИОНОВ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ МАТЕРИАЛОМ НА ОСНОВЕ СУЛЬФОАМИНОПОЛИСТИРОЛА В СТАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Жарков Г.П.¹, Чусовитина М.А.¹, Козлова Ж.Б.¹, Петрова Ю.С.¹,
Пестов А.В.^{1,2}, Неудачина Л.К.¹

¹ Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

² Институт органического синтеза УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Россия занимает одно из первых мест в мире по масштабам производства благородных металлов [1]. Однако степень извлечения благородных металлов из отечественного природного сырья еще невелика, весьма значительны потери этих элементов при переработке руд. Кроме того, мала доля эффективно перерабатываемого вторичного сырья – отходов электро-технической и электронной промышленности, военной техники, катализаторов. Поэтому важной задачей является разработка новых сорбентов для селективного концентрирования благородных металлов из растворов сложного состава.

Данная работа направлена на исследование селективности сорбции ионов благородных металлов сорбентом на основе сульфаминополистирола со степенью модифицирования 0.35 (САП 0.35). Сорбент впервые синтезирован в ИОС УрО РАН под руководством к.х.н. А.В. Пестова.

Изучена селективность сорбции серебра (I) из многокомпонентных систем с эквимольным содержанием катионов других d-металлов: Cu^{II} , Ni^{II} , Pb^{II} , Co^{II} , Cd^{II} , Zn^{II} ; и некоторых металлов II группы: Mg^{II} , Ca^{II} , Sr^{II} , Ba^{II} ; исследование проводили в аммиачно-ацетатных буферных системах в интервале pH 3.0÷9.0. Также изучено влияние pH на сорбцию ионов палладия (II) из солянокислых индивидуальных растворов в интервале pH 0.5÷5.5 и азотнокислых индивидуальных растворов в интервале pH 0.5÷2.5; платины (IV) из солянокислых индивидуальных растворов в интервале pH 0.5÷5.5. Сорбционный эксперимент проводили в статических условиях методом ограниченного объема. Общая концентрация катионов металлов составляла 0.1 ммоль/дм³, объем контактирующего раствора – 0.050 дм³, масса навески сорбента – 0.02 г. Концентрации ионов металлов в растворах до и после сорбции определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии на спектрометре iCAP 6500.

Установлено, что САП 0.35 из многокомпонентных систем преимущественно извлекает Ag^{I} в широком диапазоне pH 4.5÷7.5 с усредненной степенью извлечения $R_{\text{Ag(I)}} = 85\%$, при этом сорбция ионов прочих металлов практически полностью подавляется. Наибольшим мешающим влиянием обладают ионы меди(II), усредненная степень их извлечения в указанном интервале pH составляет $R_{\text{Cu(II)}} = 19\%$. Коэффициент селективности САП 0.35 к ионам серебра(I) относительно ионов меди(II) при pH 6.0 составил $K_{\text{Ag(I)/Cu(II)}} = 25$.

Установлено, что степень извлечения Pd^{II} из солянокислых растворов в диапазоне pH 1.5÷5.5 практически постоянна и составляет $R_{\text{Pd(II)}} = 92\%$. Как следствие, в указанном интервале pH сорбция палладия(II) САП 0.35 слабо зависит от pH раствора.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (Russian Science Foundation) № 21-73-00052, <https://rscf.ru/project/21-73-00052/>

Список литературы

1. Золотов Ю.А., Варшал Г.В., Иванов В.М. Аналитическая химия металлов платиновой группы: Сборник обзорных статей. Москва: КомКнига, 2005.

СОРБЦИЯ ИОНОВ МОЛИБДЕНА(VI) И РЕНИЯ(VII) НА КРЕМНЕЗЕМАХ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДИМЕТИЛГИДРАЗИДАМИ

Заболотных С.А.¹, Батуева Т.Д.¹, Чеканова Л.Г.¹, Касиков А.Г.², Тимощик О.А.²

¹ Институт технической химии УрО РАН (филиал ПФИЦ УрО РАН), Пермь, Россия

² Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН, Апатиты

Кремнеземы, полученные из отвальных шлаков медно-никелевого производства и отличающиеся величиной удельной поверхности, предложены в качестве эффективных сорбентов редких металлов из водных растворов [1, 2]. В данной работе для улучшения характеристик диоксидов кремния их поверхность модифицировали гидразидами (ГД) и диметилгидразидами (ДМГД) трет-карбоновых кислот Versatic $\text{CH}_3\text{R}_1\text{R}_2\text{CC}(\text{O})\text{OH}$ фракций C_{10-19} [3]. Для полученных сорбентов изучены их кислотно-основные свойства: константы ионизации и протонизации, рН изоэлектрической точки (ИЭТ). По результатам физико-химических исследований наиболее эффективными оказались кремнеземы, модифицированные диметилгидразидами (табл.).

Табл. Характеристики исходного и модифицированных сорбентов

№	Сорбенты	SiO ₂ : ДМГД	S _{уд.} , м ² /г	V _{пор.} , см ³ /г	d _{пор.} , нм	pH _{ИЭТ}	COE _{н+} , ммоль/г	pK _{a1}
I	SiO ₂	-	84,58	0,48	16,29	8,34	1,07	6,60
II	I+ ДМГД 1019, t = 25°C	1:0,1	2,69	2,774·10 ⁻³	4,35	7,35	0,80	4,38
III	I + ДМГД 1019, t = 25°C	1:0,01	71,56	0,44	17,39	8,73	1,15	5,78
IV	I+ ДМГД 1019, t = 80°C; τ = 5 ч	1:0,01	60,80	0,35	15,29	8,58	1,15	5,98

Для выбранных сорбентов исследовано извлечение 0,001 моль/л ионов Mo (VI) и Re(VII) из водных растворов при различных рН (среду регулировали введением H₂SO₄ или NaOH, m_{сорб} = 0,02 г). Модификация поверхности кремнезема приводит к росту сорбционной емкости. Максимальная сорбция Mo(VI) на всех сорбентах наблюдается в интервале рН 2,0–4,0, на исходном сорбенте I она составила 0,21 ммоль/г, а на сорбенте III 0,34 ммоль/г. Для Re(VII) интервал рН более узкий и значительно различается для исходного и модифицированного кремнеземов: так, на образце (I) E_{max} составила 0,10 ммоль/г (рН 0), на сорбенте II – 0,12 ммоль/г (рН 2).

Установлено, что сорбционное равновесие для ионов обоих металлов достигается в течение 20–30 мин. Кинетические кривые сорбции из серноокислых растворов (рН 2) на сорбенте II описываются уравнениями псевдо-второго порядка. Изотермы адсорбции ионов рения лучше описываются уравнением Фрейндлиха, а ионов молибдена – уравнением Ленгмюра.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-69-46066 с использованием оборудования ЦКП «Исследования материалов и вещества» ПФИЦ УрО РАН

Список литературы

1. Тимощик О.А., Щелокова Е.А., Касиков А.Г., Брюханова М.В. Труды Кольского научного центра РАН. Химия и материаловедение. Вып. 2. 2021. Т. 11, № 5. С. 253–260.
2. Kasikov A.G., Shchelokova E.A., Dvornikova A.M. Separation Science and Technology. 2021. V. 56, no. 2, pp. 242–251.
3. Батуева Т.Д., Кондрашова Н.Б., Щербань М.Г. Неорганические материалы. 2020. Т. 56, № 4. С. 378–384.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ЛАНТАНА (III), САМАРИЯ (III) И ТЕРБИЯ (III) АЛКИЛБЕНЗОЛСУЛЬФОКИСЛОТОЙ МЕТОДОМ ИОННОЙ ФЛОТАЦИИ

Заболотных С.А.¹, Денисова С.А.², Наговицын Р.Р.²

¹ Институт технической химии УрО РАН (филиал ПФИЦ УрО РАН), Пермь, Россия

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Рассмотрена возможность применения промышленно-выпускаемого анионогенного ПАВ алкилбензолсульфокислоты (АБСК, общей формулы $C_nH_{2n+1}C_6H_4SO_3H$, где $n = 10-14$, ОВ 96%) в качестве собирателя для ионной флотации La(III), Sm(III) и Tb(III) из водных растворов. АБСК представляет собой жидкость, которая хорошо смешивается с водой, дает устойчивую пену и образует осадки с ионами металлов. Следует отметить ее доступность и невысокую стоимость. Ранее АБСК нашла применение в методах разделения и концентрирования в качестве компонента расслаивающихся систем для экстракции [1] и как модифицирующая добавка в обогатительной флотации [2].

Флотационное извлечение ионов РЗЭ салкилсульфатами или алкилсульфонатами обычно проводят в виде основных солей из слабощелочных сред [3]. В отличие от них, АБСК с ионами лантанидов образует в кислых средах ($pH_{равн} 1,5-4,5$) белые аморфные осадки, мало-растворимые в воде, хорошо растворимые в этиловом спирте и 1 моль/л растворах кислот. По результатам термогравиметрического, элементного и химического анализов состава образующихся осадков установлено, что La, Sm и Tb осаждаются АБСК в виде нормальных солей $Ln(C_nH_{2n+1}C_6H_4SO_3)_3$.

Испытания по ионной флотации проводили на механической флотомашине ФМЛ 0,3, с объемом камеры 200 мл. Во флотационную ячейку вносили 200 мл 0,001 моль/л раствора РЗЭ, добавляли рассчитанное количество 0,1 моль/л раствора АБСК, перемешивали содержимое ячейки в течение 3 мин для созревания осадка, включали подачу воздуха 40 мл/мин и собирали пену, содержащую сублат. По окончании флотации в камерном продукте определяли $pH_{равн}$ и остаточное содержание иона лантанида. Оптимальные условия проведения флотации, определенные по результатам изучения влияния количества АБСК и времени кондиционирования на извлечение РЗЭ из водных растворов, представлены в таблице.

Табл. Оптимальные условия проведения флотации ионов РЗЭ с АБСК ($C_{Ln} = 0,001$ моль/л)

РЗЭ	Ln:АБСК	$t_{фл}$, мин	$pH_{равн}$	R_{max} , %
La(III)	1:3,5	5	2,72	97,21
Sm(III)	1:3	10	3,04	86,84
Tb(III)	1:3	5	2,93	91,72

Работа выполнена по теме государственного задания № АААА-А18-118032790022-7 с использованием оборудования ЦКП «Исследования материалов и вещества» ПФИЦ УрО РАН

Список литературы

1. Семерикова В.О., Заболотных С.А., Денисова С.А. Вестник Пермского университета. Серия: Химия. 2019. Т. 9, № 2. С. 98–105.
2. Брыляков Ю.Е., Быков М.Е., Кострова М.А., Паламарчук Г.К. Обогащение руд. 2003. № 5. С. 19–21.
3. Lutsky D.S., Dzhevaga N.V., Lobacheva O.L. Natural and Technical Sciences. 2019. № 4 (130), pp. 17–21.

ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ МЕДИ НА МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ ЭЛЕКТРОДЕ Pt (111) ИЗ ГЛУБОКОГО ЭВТЕКТИЧЕСКОГО РАСТВОРИТЕЛЯ

Зайцев О.И., Молодкина Е.Б., Эренбург М.Р., Руднев А.В.

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина, Москва, Россия

Электроосаждение металлов из глубоких эвтектических растворителей (ГЭР) привлекает все большее внимание исследователей [1,2], поскольку эти растворители обладают рядом преимуществ, таких как термическая, химическая и электрохимическая стабильность, низкая летучесть, хорошая ионная проводимость, легкий и недорогой синтез, биоразлагаемость и низкая токсичность. Зарождение и рост осадка меди (осаждение при недонапряжении (UPD) и перенапряжении (OPD) хорошо изучены в водных растворах. Поэтой причине эти процессы можно использовать в качестве модельных при изучении электроосаждения в новых электрохимических средах, таких как ГЭР. В данной работе исследованы процессы UPD и OPD Cu из ГЭР на основе холинхлорида и этиленгликоля (ethaline), содержащем 10 мМ CuCl. В качестве подложки использовались моно- и поликристаллический электроды: Pt(111) и Pt(poly), соответственно. Исследование проводили с помощью циклической вольтамперометрии и *in situ* и *ex situ* сканирующей зондовой микроскопии. Электрохимические данные указывают на формирование монослоя атомов меди на Pt(111) по реакции $\text{Cu}^+ + e^- = \text{Cu}_{\text{ad}}(\text{CuUPD})$. С помощью *in situ* сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) показано, что фазовый осадок (OPD) в данной системе растет послойно (двумерно и эпитаксиально) даже при достаточно высоких перенапряжениях (рис.). При этом осаждение меди происходит при восстановлении одновалентных ионов Cu^+ . Эти результаты в ГЭР существенно отличаются от результатов, получаемых в водных растворах, где обычно ионы Cu^+ нестабильны, и как UPD, так и OPD происходят в процессе двухэлектронного восстановления ионов Cu^{2+} . Кроме того, в отличие от ГЭР в водном растворе (10 мМ $\text{CuSO}_4 + 0.5 \text{ M H}_2\text{SO}_4$) наблюдается трехмерный рост фазового осадка.

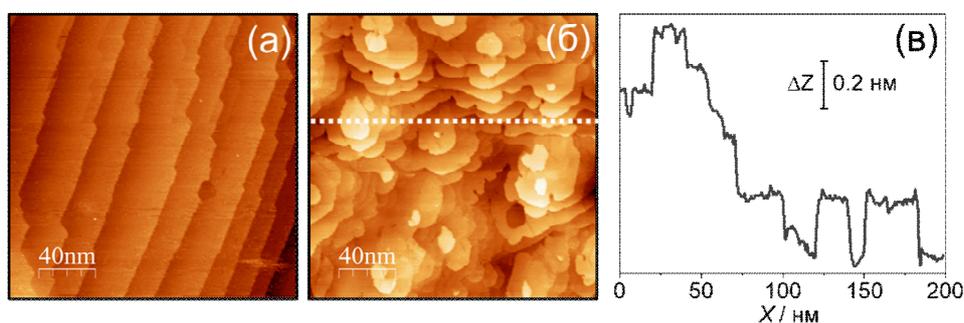


Рис. In-situ СТМ-изображения Pt(111) в ethaline + 10 мМ CuCl: (а) при потенциале в области UPD (видны террасы и ступени монокристаллической поверхности, характерные для Pt(111)) и (б) при потенциале OPD в процессе двумерного роста осадка Cu. (в) Вертикальный профиль поверхности вдоль пунктирной линии на (б).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

Список литературы

1. Smith E.L., Abbott A.P., Ryder K.S., Chem. Rev. 2014, 114, 11060-11082.
2. Rudnev A.V., Russ. Chem. Rev. 2020, 89, 1463-1482.

МЕТАЛЛОКСИДНЫЕ КОМПОЗИТЫ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Иванов П.А.¹, Каменщиков О.Ю.¹, Красновских М.П.¹, Мокрушин И.Г.¹, Ухин К.О.²

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

²Институт технической химии УрО РАН (филиал ПФИЦ УрО РАН), Пермь, Россия

Интенсивное развитие производства химических продуктов в интересах устойчивого развития определяет постоянный интерес науки и промышленности к катализаторам. Приготовление катализаторов предполагает использование носителей, в качестве которых служат, например, оксиды алюминия и других металлов, цеолиты и т.д. Важное место среди носителей для приготовления катализаторов занимают углеродные материалы [1]. Также на лесопромышленных комплексах и деревоперерабатывающих комбинатах Российской Федерации ежегодно образуется свыше 200 млн. куб. метров отходов древесины [2].

Углеродные материалы в качестве носителей для катализаторов имеют широкое применение в связи с большой удельной поверхностью и химической инертностью, особенно в среде сильных кислот и оснований. Электропроводность углерода делает эти носители весьма перспективным для синтеза электрокатализаторов для топливных элементов. Также они обладают высокой термостабильностью, что весьма важно для высокотемпературных газофазных процессов [3].

Предложен способ подготовки древесины и древесных отходов для создания композитных катализаторов оксид металла/углерод. Материалом послужили опилки и щепы сосны, ели, осины, липы. Носители готовятся следующим образом: древесные опилки и щепу карбонизируют в непрерывном токе аргона в кварцевой трубке лабораторной трубчатой печи. Охлаждение проводится в окислительной воздушной атмосфере, что позволяет активировать носитель.

Установлены условия создания каталитически активного оксидного слоя на поверхности карбонизированных отходов деревоперерабатывающих предприятий. Исследованы способы создания катализаторов на основе оксидов меди, никеля, кобальта и железа путём насыщения ранее полученных носителей нитратами соответствующих металлов и их смесями. Термогравиметрическими методами установлен оптимальный ход пиролиза полученной заготовки композита. Электронно-микроскопическими методами установлено, что часть оксидов восстанавливается до чистого металла, что ведет к получению металлуглеродных систем. Методом синхронного термического анализа, совмещенного с масс-спектрометрией, показано, что применение двойных оксидов повышает полноту восстановления хлора при разложении перхлората аммония. Изучается влияние полученных катализаторов на окисление угарного газа. Результаты работы могут применяться с целью снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду в различных отраслях хозяйственной деятельности человека.

Список литературы

1. Toebe M.L., Dillen J.A. van de Jong K.P. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*. 2001. V. 173. P. 75–98.
2. Распоряжение Правительства РФ от 25.01.2018 № 84-р «Об утверждении стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года».
3. Ukhin K.O. Kondrashov N.B., Valtsifer V.A., et al. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*. 2021. V. 46, № 11. P. 1696–1708.

«ФМ-1» – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ СОБИРАТЕЛЬ ДЛЯ ИОННОЙ ФЛОТАЦИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Иванова А.М.¹, Кариева Л.М.¹, Юминова А.А.¹, Чеканова Л.Г.²

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² Институт технической химии УрО РАН (филиал ПФИЦ УрО РАН), Пермь, Россия

Исследованы физико-химические свойства промышленного реагента «ФМ-1», функциональная группа которого содержит атомы азота, кислорода, и длинные алкильные радикалы, придающие соединению свойства поверхностно-активного вещества. «ФМ-1», используемый в качестве реагента-флокулянта при нефтедобыче содержит соли аминотилеионофосфоновых кислот, что дает основания для исследования возможности его применения для извлечения редкоземельных металлов [1].

Изучены кислотно-основные равновесия в водных растворах реагента, константы диссоциации определены спектрофотометрическим методом ($pK_{a1} = 2,31 \pm 0,26$; $pK_{a2} = 8,82 \pm 0,34$). Реагент является амфотерным веществом: группа $-NH-$ проявляет основные свойства, а $-OH$ – кислотные. Построение изотермы поверхностного натяжения на границе раствор–воздух показало, что «ФМ-1» относится к классу сильных ПАВ, поскольку при введении реагента с концентрациями от $5,0 \cdot 10^{-5}$ до $1,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л поверхностное натяжение понижается в $2 \div 2,5$ раза по сравнению с фоновым раствором [2].

Реагент образует с ионами лантана (III) и иттрия (III) труднорастворимые соединения в широком диапазоне значений pH – от 4,0 до 12,0; степень осаждения ионов металлов при этом составляет более 99 % [3]. Для количественного связывания ионов Me^{3+} ($Me - La, Y$) достаточно соотношения концентраций $[Me]:[R] = [1]:[1]$. Методом кондуктометрического титрования в растворе установлено образование соединений с молярными соотношениями $[Me]:[R] = 1:1$ и $1:2$. Результаты химического и элементного анализов препаративно выделенных соединений подтвердили соотношение металл-реагент, равное 1:1 (при двукратном избытке реагента в растворе выделенный комплекс также отвечает соотношению 1:1). Для подтверждения наличия взаимодействия реагента с ионами металлов получены ИК-спектры выделенных соединений. Свидетельством образования новой структуры является исчезновение полосы колебаний OH в фосфате в области $2700-2550 \text{ см}^{-1}$ по сравнению с реагентом ИК-спектры комплексов $Me:R=1:1$ и $Me:R=1:2$ идентичны, что также свидетельствует об образовании структуры одного типа.

Показана возможность использования реагента «ФМ-1» в качестве собирателя для ионной флотации лантана (III). Максимальная степень извлечения составила 89,1 % ($C_{La}^{ост.} = 15,29 \text{ мг/л}$) при pH 5,61, соотношении $[La]:[R] = 1:1$. Наличие сильных поверхностно-активных свойств позволяет использовать «ФМ-1» в ионной флотации без применения дополнительных пенообразователей.

На основании результатов исследования свойств реагента «ФМ-1», можно сделать вывод о возможности его применения в качестве собирателя в процессах ионной флотации редкоземельных элементов.

Список литературы

1. Тэслер А.Г., Кайдалов С.Н., Перминов И.А., Бармин И.В. Способ воздействия на нефтяной пласт. RU-C1-2166071, 2010.
2. Гиниятуллина Е.А., Юминова А.А., Чеканова Л.Г. Современные аспекты химии. Материалы VIII молодежной школы-конференции. Пермь: ПГНИУ, 2021. С. 31–34.
3. Кариева Л.М., Юминова А.А., Чеканова Л.Г. Современные аспекты химии. Материалы VIII молодежной школы-конференции. Пермь: ПГНИУ, 2021. С. 39–42.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АЦИДОКОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМАХ ВЫСАЛИВАТЕЛЬ – МОНОАЛКИПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ – ВОДА

Измestьева В.А., Денисова С.А., Елохов А.М.

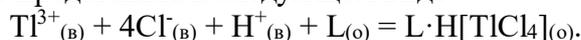
Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Преимуществом ПАВ перед обычно применяемыми в жидкостной экстракции органическими растворителями является их низкая токсичность и отсутствие пожаро- и взрывоопасности. Среди неионных ПАВ следует отметить оксиэтилированные первичные спирты, в частности синтанол ДС-10 ($C_nH_{2n+1}O(CH_2CH_2O)_{10}H$, $n = 10-18$, основное вещество – 99,0 %, вода – 0,5 %, зольность – 0,2 %), который образует двухфазные экстракционные системы, расслаивающиеся за счет высаливания сульфатом аммония при температуре 25°C [1] и хлоридом натрия при 60°C [2].

В системе хлорид натрия – синтанол ДС-10 – хлороводородная кислота – вода исследовано распределение ионов таллия (III), галлия, титана (IV) и железа (III). Установлено, что количественное извлечение таллия (III) достигается при содержании HCl 0,125 моль/л, а галлия – при 0,75 моль/л. Максимальная степень извлечения железа (III) составляет 70 %, титана (IV) – 45 %. Замена хлороводородной кислоты на серную приводит к снижению степени извлечения всех исследованных ионов металлов. При этом максимальная степень извлечения железа (61 %) наблюдается в отсутствие серной кислоты, таллия (88 %) – при 0,25 моль/л H_2SO_4 .

При использовании в качестве высаливателя сульфата аммония также наблюдается количественное извлечение галлия при концентрации HCl 0,75 моль/л, а таллий (III) экстрагируется хуже, чем в системе с NaCl. Максимальная степень его извлечения достигает лишь 70 % при концентрации кислоты более 0,25 моль/л. Степень извлечения железа (III) увеличивается с ростом кислотности, но не превышает 54%.

Изученные ионы извлекаются по гидратно-сольватному механизму с участием синтанола ДС-10. При этом увеличение содержания хлороводородной кислоты в экстракционной системе приводит к одновременному росту концентрации как хлорид-ионов, так и ионов водорода, что приводит к росту степени извлечения. Предполагаемое уравнение экстракции на примере таллия (III) можно представить в следующем виде:



Использование в качестве высаливателя сульфата аммония вместо хлорида натрия в целом приводит к снижению степени извлечения всех изученных ионов металлов вследствие уменьшения концентрации хлорид-ионов, участвующих в процессе экстракции.

Высокая комплексообразующая способность тиоцианат-ионов позволяет использовать тиоцианаты щелочных металлов и аммония в присутствии неорганических кислот для извлечения ионов металлов по гидратно-сольватному механизму, поэтому изучена возможность концентрирования ионов железа (III), цинка, кобальта, меди (II), кадмия и никеля в системе сульфат аммония – синтанол ДС-10 – вода в присутствии тиоцианата калия и серной кислоты. Установлено, что максимальная степень извлечения ионов металлов (железо (III) – 97 %, кобальт – 89 %, цинк – 90 %, кадмий – 78%, никель – 37%) наблюдается при содержании в экстракционной системе 0,5 моль/л H_2SO_4 и 1,0 моль/л KSCN.

Таким образом, проведенные исследования показали, что синтанол ДС-10 способен концентрировать ионы металлов по гидратно-сольватному механизму в форме хлоридных и тиоцианатных ацидокомплексов, причем на эффективность экстракции влияет как природа высаливателя, так и используемой кислоты.

Список литературы

1. Кудряшова О.С., Денисова С.А., Попова М.А., Леснов А.Е. Журнал неорганической химии. 2013. Т. 58, № 2. С. 286–289.
2. Елохов А.М., Кылосова К.В., Денисова С.А. Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2017. Т.7, № 1. С. 49–57.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ И КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ КАРБОНАТОВ КАЛИЯ

Калинина Т.И., Шавкунов С.П.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Нержавеющие сталь марки 12Х18Н10Т широко применяются в производстве органических и синтетических материалов [1,2]. Данная сталь подверглась сильной коррозии в растворе карбонатов калия несмотря на специальные добавки, что ставит вопрос о их эффективности и причинах образования коррозии в данной среде.

На рис.1. представлена зависимость потенциала рабочего электрода в растворе №1 от времени измерения.

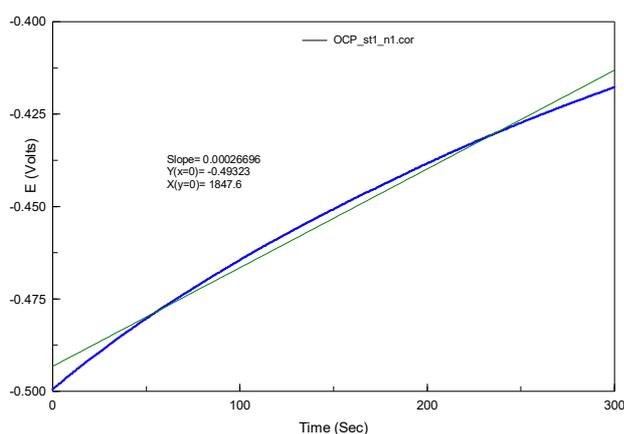


Рис. 1. Хронопотенциометрия St1-электрода в чистом растворе №1

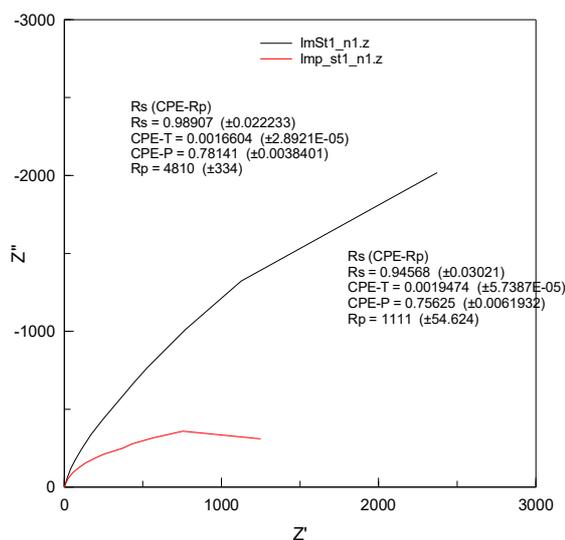


Рис. 2. Годограф импеданса системы и результаты расчета параметров эквивалентной схемы, моделирующей границу раздела фаз (электрод раствор) в растворе №1

Рисунок 1 указывает на формирование оксидной пленки на поверхности металла. Результаты расчета параметров эквивалентной электрической схемы (рис.2) позволяют определить сопротивление раствора на единицу поверхности (R_s), характер кинетического процесса. Параметры модели с учетом видимой поверхности представлены в таблице.

Табл. Значение параметров ЭЭС от состояния поверхности стального образца.

Сталь	R_s , Ohm*cm ²	R_p , Ohm*cm ²	C_d , mkF/cm ²	N1 sol chist
1	4.051	19706.57	405.3	
2	3.871	4551.76	475.96	S=4.097 cm ²

Структура и значение параметров выбранной модели процесса для переменноточковых данных позволяет сказать, что в данных условиях проведения эксперимента скорость процесса определяется стадией коррозии металла.

Список литературы

1. Химушин Ф.Ф. Нержавеющие стали. М: Металлургия, 1967.
2. Акимов Г.В. Природа коррозионной стойкости нержавеющей сталей, исследования по нержавеющей сталям. М: АН СССР, 1945.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОБОЧНОГО ПРОДУКТА ПРОИЗВОДСТВА 2-ЭТИЛГЕКСАНОЛА В КАЧЕСТВЕ МОДИФИКАТОРА ЭКСТРАКЦИОННЫХ СМЕСЕЙ И ЭКСТРАГЕНТА БОРНОЙ КИСЛОТЫ

Касиков А.Г., Дьякова Л.В.

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева
Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия

Алифатические спирты находят широкое применение как в качестве индивидуальных экстрагентов, так и модификаторов, обеспечивающих однородность органической фазы на всех стадиях экстракционного процесса. Для этих целей на практике, как правило, используют чистые реагенты. Однако, одним из критериев выбора промышленного экстрагента являются его доступность и низкая стоимость. При получении 2-этилгексанола методом оксосинтеза пропилена образуется многотоннажный побочный продукт – кубовый остаток ректификации 2-этилгексанола (КОРЭГ). В соответствии с работой [1] в нем кроме 2-этилгексанола присутствует 15–25% 2,4-диэтил-1,3-октандиола, а также примеси высокомолекулярных спиртов и эфиров.

Цель работы состояла в изучении возможности использования этого продукта в качестве модификатора смесей третичных аминов и в качестве экстрагента борной кислоты.

Для исследований использовали побочный продукт ООО «Газпром нефтехим Салават», содержащий по данным хромато-масс-спектрометрии 60 масс. % 2-этилгексанола.

Лабораторные испытания экстракции меди и кобальта из хлоридных растворов 20-30% Аламина 336 в алифатическом разбавителе показали, что при использовании в качестве модификатора КОРЭГ наблюдается достаточно хорошее расслаивание экстракционной смеси и отсутствие распада экстрагента на отдельные фазы. Степень экстракции хлорокомплексов меди и кобальта была сравнима или превышала их извлечение по сравнению со смесями, содержащими чистые алифатические спирты.

С учетом того, что спирты находят применение при экстракции борной кислоты, КОРЭГ опробовали также для ее извлечения из карбонатного слива Кольской ГМК и для очистки никелевого раствора от бора. Как следует из таблицы, по экстракционной способности КОРЭГ существенно превосходит как чистый 2-этилгексанол, так и другие алифатические спирты, что, очевидно, связано с наличием в побочном продукте диола, который, как известно, обладает высокой экстракционной способностью по отношению к борной кислоте [2].

Табл. Влияние вида спирта на извлечение борной кислоты из никелевого католита, содержащего 0.48 г/л бора

Экстрагент	1-октанол	2-октанол	2-этилгексанол	1-деканол	КОРЭГ
Извлечение, %	30,0	20,0	31,0	23,7	74,5

Высокое извлечение по сравнению с другими спиртами и некоторыми экстракционными смесями КОРЭГ показал и при извлечении борной кислоты из боратного слива Кольской ГМК. После проведения 3 ступеней экстракции остаточная концентрация бора в рафинате составила менее 3 мг/л, что позволяет рекомендовать данный побочный продукт в качестве эффективного экстрагента борной кислоты.

Список литературы

1. Майданова И.О., Лакеев С.Н., Ишалина О.В., Никитина А.П. Журнал прикладной химии. 2020. Т. 93, №12. С. 1790–1794.
2. Peng X., Shi D., Zhang Y., et al. Journal of Molecular Liquids. 2021. V. 326. P. 115301.

СТРОЕНИЕ ФАЗОВОГО КОМПЛЕКСА СИСТЕМЫ

$K, Na, NH_4 || Cl, SO_4 - H_2O$

Кистанова Н.С.¹, Кудряшова О.С.², Елохов А.М.¹

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² Естественнонаучный институт ПГНИУ, Пермь, Россия

Во многих промышленных процессах, особенно при обессеривании дымовых газов, образуются сточные воды, содержащие значительные количества сульфата аммония и сульфата натрия. В настоящее время эти промышленные сточные воды не регенерируются. В твердом виде их накопление создает опасность вторичного загрязнения окружающей среды.

С целью определения возможности получения сульфата калия из хлорида калия и сульфата аммония конверсионным способом исследовано строение фазового комплекса системы $K, Na, NH_4 || Cl, SO_4 - H_2O$ при 25°C. Сырьем для получения хлорида калия является природный сильвинит, содержащий 20-40 % хлорида калия.

В результате обменной реакции $2KCl + (NH_4)_2SO_4 \rightleftharpoons K_2SO_4 + 2NaCl - H_2O$ сульфат калия кристаллизуется в виде ограниченного ряда твердых растворов $(K, NH_4)SO_4$ и $(NH_4, K)SO_4$. Обнаружено, что введение в систему дополнительной соли приводит к разрушению твердых растворов [1].

Методом трансляции [2] нами исследовано строение фазового комплекса пятикомпонентной взаимной системы $K, Na, NH_4 || Cl, SO_4 - H_2O$ при 25°C. Метод базируется на принципе совместимости элементов строения частных n и общей $n+1$ компонентных систем в одной диаграмме. В диаграмме многокомпонентной системы в основном сохраняются фазы составляющих систем, но в отдельных случаях они могут исчезать или появляться новые фазы [3].

Анализ полученной структуры фазовой диаграммы показывает, что в пятикомпонентной системе $K, Na, NH_4 || Cl, SO_4 - H_2O$ при 25°C происходит разрушение ограниченного ряда твердых растворов $(K, NH_4)SO_4$ до индивидуальных солей K_2SO_4 и $(NH_4)_2SO_4$. Появление области кристаллизации сульфата калия в системе создает принципиальную возможность его получения конверсионным способом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № АААА-А20-120081990070-9).

Список литературы

1. Elsukov A.V., Mazunin S.A. Russ. J. Inorg. Chem. 2015. Т. 89, № 6. С. 965–970.
2. Tursunbadalov S., Soliev L. J.Chem. Eng. Data. 2019. Т. 64, № 12. С. 5478–5485.
3. Посыпайко В.И. Методы исследования многокомпонентных солевых систем. М: Наука, 1978.

АНИОНООБМЕННЫЙ СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ПОРОШКА ЖЕЛЕЗО-ЭРБИЕВОГО ГРАНАТА ($\text{Er}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$)

Киришнева Е.А.^{1,2}, Сайкова С.В.^{1,2}, Пантелеева М.В.¹, Григорьева Е.В.²

¹ Институт химии и химической технологии ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

² Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Феррит-гранат эрбия принадлежит к классу магнитомягких высокочастотных ферритовых материалов. Благодаря выраженным магнитным и оптическим свойствам данный материал представляет интерес для различных областей, таких как медицина, магнитооптика, лазерная и СВЧ-техника. Также $\text{Er}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ применяется в качестве компонентов миниатюрных антенн, магнитных носителей записи, изоляторов, циркуляторов [1].

Синтез феррит-граната эрбия проводился с использованием анионообменного осаждения. Целью работы является получение железо-эрбиевого граната (ЖЭГ) с применением анионообменного осаждения, и изучение продукта синтеза физико-химическими методами.

Для проведения синтеза был использован сильноосновный анионит гелевого типа АВ-17-8 в различных формах: карбонатной (A-CO_3), гидроксидной (A-OH), а также в гидроксидной форме, прошедшей дополнительную очистку от примесных карбонат-ионов (A-OH^*). Методика проведения анионообменного осаждения подробно описана в более ранней работе [2].

В ходе эксперимента было выявлено, что осаждение ионов металлов при комнатной температуре в течение 1 ч с использованием анионита A-OH^* проходит наиболее быстро и полно. Благодаря высокому значению рН выход стехиометричного продукта составляет 85% за 1 ч. Кроме того молярная доля металлов в анионите не превышает 5%. Дальнейший обжиг полученных образцов стехиометричного состава при температуре 800°C приводит к образованию $\text{Er}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ с незначительной примесью фаз перовскита и Fe_2O_3 . Размер частиц граната, вычисленный по данным РФА, составляет 50 нм. По результатам просвечивающей электронной микроскопии выявлено, что частицы имеют близкую к сферической форму, а средний размер частиц составляет 45 нм. Для формирования фазы граната из нестехиометричных образцов, полученных иными методами, обжиг необходимо проводить при более высоких температурах (900°C), вследствие чего частицы граната укрупняются до 100 нм.

Табл. Элементный состав осадков полученных анионообменным осаждением с применением различных форм анионита

Номер образца	Форма анионита	Молярная доля металлов в анионите, %	Равновесная величина рН	Выход осадка, %	$n_{\text{Me}}/n_{\text{Fe}}$
1	A-CO_3	11	7,2	75	0,5
2	A-OH	9	6,9	63	0,6
3	A-OH^*	5	11,1	85	0,6

Работа выполнена совместно с М.В. Пантелеевой, и Е.В. Григорьевой. Научный руководитель С.В. Сайкова.

Список литературы

1. Уткин Н. И. Металлургия цветных металлов. М.: Металлургия, 1985. 216 с.
2. Сайкова С. В., Киришнева Е.А., Пантелеева М.В., Пикурова Е.В., Евсевская Н.П. Журнал неорганической химии. 2019. Т. 64., № 10. С. 1013.

ИСПЫТАНИЯ МАСЛЯНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В КАМЕРЕ СОЛЕВОГО ТУМАНА

Князева Л.Г.¹, Дорохов А.В.¹, Курьято Н.А.¹, Брыскина В.А.²

¹ ВНИИТиН, Тамбов, Россия

² ТГУ им Г.Р. Державина, Тамбов, Россия

На сегодняшний день существует множество методов для защиты стальных металлоконструкций от атмосферной коррозии. Перспективным может быть использование составов на масляной основе, которые в своем составе содержат противокоррозионную добавку с летучим компонентом, так как предполагается взаимодополнение друг друга и повышение эффективности защиты техники и оборудования от коррозии.

Целью нашей работы является изучение защитных свойств масляных композиций содержащих противокоррозионную добавку М-531 [1] в камере солевого тумана.

Для нанесения покрытий на образцы использовали методику, опубликованную в [2]. Исследования в камере солевого тумана (КСТ) проводили в следующем режиме: 8 часов в солевом тумане, который создавался с помощью распыления 5 %-ного раствора NaCl и $t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 16 часов при закрытой дверце и отключенной камере. Периодически проводили визуальную оценку образцов на предмет появления продуктов коррозии на поверхности.

Таблица. Внешний вид образцов стали Ст3 при экспозиции в КСТ.

Кол-во часов	Покрытие			
	Без покрытия	20% М-531 в ММО	20% М-531 в И-20А	20% М-531 в М10Г2к
8				
16				
48				

На образцах без покрытия уже после первого часа экспозиции в камере солевого тумана возникают очаги коррозионного поражения, а после 8-ми часов испытаний наблюдается сплошная коррозия. На образцах с покрытием 20% М-531 в индустриальном масле И-20А первые очаги коррозии в верхней части и ребрах пластины появились после 8 часов испытаний, с покрытиями 20% М-531 в ММО и 20% М-531 в М10Г2к – после 16 часов. Наилучшие результаты показали образцы с покрытиями на основе ММО.

Список литературы

1. М-531. Режим доступа: <http://www.cortecrus.ru/antikorroziynye-materialy/antikorrozi-onnye-dobavki-prisa-dki/dlya-masla-motornogo-konservatsionnogo-gidravlicheskogo/vysoko-effektivnaya-antikorroziionnaya-prisadka-m-531.html/> (дата обращения: 07.11.2021).

2. Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Dorokhov A.V., et al. International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2021. V. 10, №. 2. P. 551–561.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЖИДКОСТНОГО И ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МЭМС УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

Кондратьев М.В., Минкин А.М., Медведева Н.А.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Методы травления кремния широко применяются при изготовлении электронных устройств, например, электрические платы либо датчики различного назначения. Датчики движения, акселерометры, сенсоры для контроля окружающей среды (газовые сенсоры, датчики влажности, кислотности почвы), приборы измерения качества воздуха (контроль состава воздуха, взвешенных частиц в нём) [2] часто работают благодаря микроэлектромеханическим системам (МЭМС) на основе кремния. Их работа основана на взаимном перемещении в пространстве частей МЭМС, появлении и изменении протекающего в них тока.

В данной работе проанализирована литература [1,2,3] о различных технологиях обработки кремния путём травления, рассмотрены и сопоставлены основные методы создания МЭМС на основе монокристаллического кремния.

Для создания МЭМС можно использовать травление, в работе под данным термином понимается растворение заготовки согласно заранее заданному шаблону. Наиболее распространёнными и эффективными методами являются жидкостный и плазмохимический.

Жидкостный метод позволяет относительно не дорого и достаточно просто изготовить МЭМС различной конфигурации. Однако, есть существенный недостаток, требующий совершенствования данного метода, он заключается в самом механизме травления. А именно, при травлении в растворе, растворение подложки происходит не только строго по нормали к плоскости заготовки, но и во всех других направлениях вглубь материала подложки, так называемое явление «боковой подтрав». Данный эффект ограничивает возможную структуру готового изделия, его толщину, глубину и качество протравленных каналов.

Плазмохимический метод подразумевает взаимодействие материала подложки с плазменной средой, в ходе чего образуется летучий продукт травления, который удаляется из плазменной объёма. Такой способ более затратный, так как требует получения плазмы высокой плотности, глубокого охлаждения заготовки в процессе травления. Главным и основным достоинством данной технологии является практически полное отсутствие эффекта бокового подтрав. Это происходит ввиду образования пассивированного слоя на боковых сторонах канала травления. Такой слой препятствует дальнейшему растворению распылению кремния в тех направлениях, где это нежелательно. Это позволяет протравливать глубокие тонкие структуры самой разной конфигурации.

Рассмотренные методы имеют значительные различия. Нельзя сказать с полной уверенностью какой из них лучше, так как оба имеют как достоинства, так и недостатки. Мокрый (жидкостный) метод недорогой в реализации, достаточно простой в исполнении, но имеет ограниченные возможности. Сухой (плазмохимический) метод способен осуществлять травление с повышенной скоростью, точностью и без подтрав, однако это более затратно, требует особое оборудование и навыки обращения с ним. Выбирать способ травления следует, исходя из нужд производства, и имеющихся ресурсов.

Список литературы

1. Васенков А., Епифанова В., Юдинцев В. Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 1998. № 5–6. С. 55–59.
2. Kartunov S. Environment. Technologies. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. 2011. V. 2. P. 163–172.
3. Dussart R., Tillocher T., Lefaucheux P., et al. Journal of Physics D: Applied Physics. 2014. V. 47, № 12. P. 123001.

ВОЗМОЖНОСТИ РАССЛАИВАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ АНТИПИРИН – СУЛЬФОСАЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА – ВОДА

Контиев А.Д., Юминова А.А., Дегтев М.И.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

В настоящее время для экстракции часто применяются опасные для окружающей среды и здоровья человека растворители. В связи с этим вызывают большой интерес альтернативные экстракционные системы. К их числу относится расслаивающая система антипирин (АП) – сульфосалициловая кислота (ССК) – вода. К её достоинствам, помимо отсутствия токсичного растворителя, можно отнести высокую экстракционную емкость и хорошую растворимость органической фазы (ОФ) в воде.

При сливании водных растворов АП и ССК происходит расслаивание системы на две фазы: верхняя – водный слой и нижняя – органическая фаза, являющаяся экстрагентом ионов металлов. Причиной формирования ОФ является химическое взаимодействие между АП и ССК, приводящее к образованию нового химического соединения – сульфосалицилата диантипириния, их высокая концентрация в объеме ОФ (1,2-1,8 мл) и, наконец, наличие в ОФ воды, обеспечивающей химическую реакцию компонентов. Существование ОФ возможно только в кислых средах (рН ~ 0,9-2,0), в щелочных средах наблюдается сокращение объема ОФ и полная гомогенизация. Для повышения степени извлечения элементов (Е, %) в систему можно дополнительно вводить неорганические соли (высаливатели), содержащие анионы с высокой энергией гидратации (например, сульфат-ион). Высаливатель подавляет активность воды и увеличивает концентрацию АП в органической фазе с 28 до 78 %, а ССК с 22 до 72 % соответственно.

Система пригодна для извлечения ионов металлов в широком диапазоне концентраций. Катионы металлов экстрагируются в ОФ в виде ацидокомплексов и внутрикислотных соединений. При этом экстракция катионов, относящихся согласно принципу Пирсона к жёстким, проходит полнее. Такая закономерность связана с тем, что АП и ССК являются жёсткими реагентами благодаря наличию донорных атомов кислорода и, как следствие, более охотно вступают во взаимодействие с жёсткими катионами. Другими закономерными особенностями экстракции являются оптимальный рН (~ 1,5–1,8) и присутствие высаливателя (сульфат натрия или аммония). Данные по извлечению макро- и микроколичеств говорят о перспективности использования расслаивающей системы для группового извлечения ряда элементов из нитратных и сульфатных сред (Fe, In, Sc, Tl). Количественная экстракция указанных выше элементов, достигается из растворов, содержащих 0,6 моль/л АП и 0,3 моль/л ССК, в присутствии 1 моль/л раствора Na₂SO₄. Извлечение Al, Ca, Cd лежит в интервале от 2,8 до 6,8 %. Практически не извлекаются Co, Cu, Mn, Ni, Sb, Se, Tb, Y, Zn, Cr (III), Mg, Sr.

В отношении анионов была изучена экстракция WO₄²⁻, MoO₄²⁻ и ReO₄⁻ ионов. Условия извлечения WO₄²⁻ и MoO₄²⁻ схожи из-за их близких свойств. MoO₄²⁻ (макро- и микроколичества) количественно извлекается (> 99 %) из нитратных растворов в присутствии 1,0 М раствора Na₂SO₄ при соотношении реагентов АП : ССК = 2 : 1. Степень извлечения микроколичеств WO₄²⁻ в присутствии того же высаливателя составляет ~ 97 %. Стоит отметить невозможность извлечения макроколичеств WO₄²⁻ (> 10⁻² моль/л) в связи с образованием вольфрамовой кислоты, мешающей анализу. Перренат-ион извлекается хуже. В оптимальных условиях в присутствии Na₂SO₄ из нитратных растворов извлекается ~ 95 % микро- (100 мкг) и ~ 88 % макроколичеств ReO₄⁻ (10⁻² моль/л).

Подводя итог можно говорить об эффективности системы АП – ССК – H₂O как при групповом, так и при индивидуальном концентрировании макро- и микроколичеств ионов металлов. Также следует отметить возможность разработки селективного способа выделения и последующего определения ряда ионов с применением инструментальных методов.

ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ТОЛСТОСЛОЙНЫХ НИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР

Коровкин А.В.^{1,2}, Дроздова Ю.В.², Цупак Т.Е.¹, Поляков Н.А.^{1,3}

¹ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

² НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко, Химки, Российская Федерация

³ Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия

В ракетно-космической отрасли для защиты от возгорания отдельных деталей и сборочных единиц, работающих в диапазоне температур от -174°C до $+600^{\circ}\text{C}$ в среде кислорода, применяется никелевое покрытие с толщиной от 100 мкм и выше. Для нанесения таких покрытий в настоящее время используются электролиты, обеспечивающие скорость осаждения не более 2 микрон в минуту. В данной работе проведен поиск альтернативных электролитов, обеспечивающих высокие скорости осаждения никеля и представляющих меньшую экологическую опасность.

Были составлены электролиты с использованием в качестве буферных добавок органических соединений, получены суммарные поляризационные кривые совместного выделения никеля и водорода (рис.), а также зависимости выхода по току от катодной плотности тока.

Электролиты с подогревом с перемешиванием

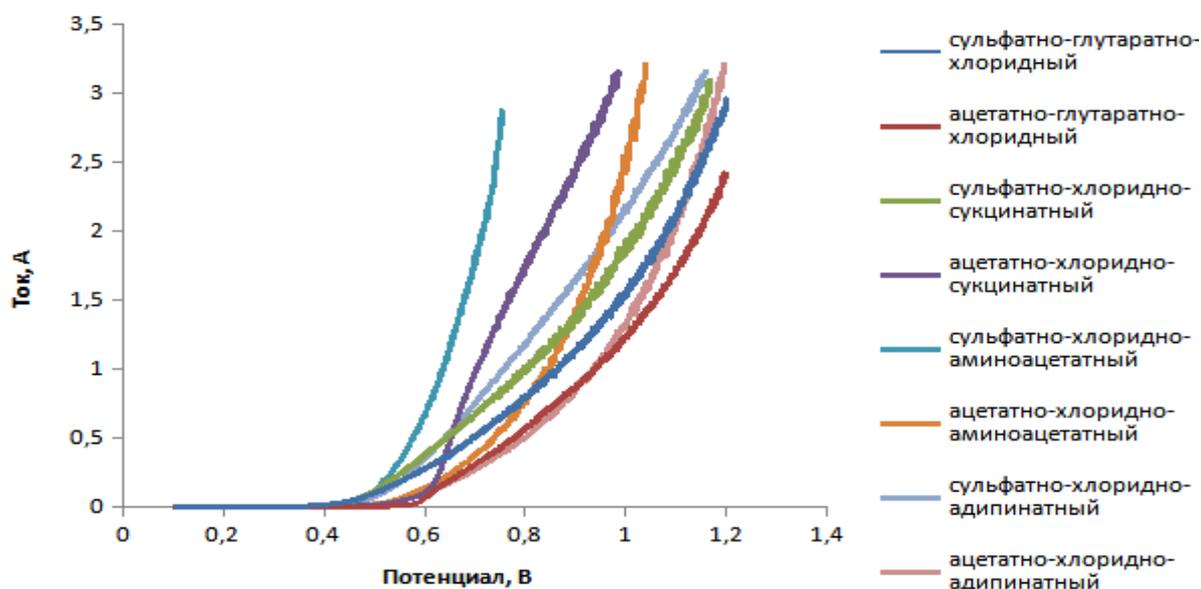


Рис. Суммарные поляризационные кривые выделения никеля и водорода

Список литературы

1. Пащенко М.С., Двойных И.Г., Коровкин А.В., Цупак Т.Е. Успехи в химии и химической технологии. 2007. Т. XXI, №9, С. 49–53
2. Цупак Т.Е. Высокопроизводительные процессы электроосаждения никеля и сплава никель-фосфор из электролитов, содержащих карбоновые кислоты. Автореф. дис. ... докт. тех. наук. 2008. С. 3–11.

МОДИФИКАЦИЯ АНИОНООБМЕННОЙ СМОЛЫ АВ-17-8 ОРГАНИЧЕСКИМ РЕАГЕНТОМ АРСЕНАЗО III

Корякина А.В., Каменских А.А.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Сорбция является одним из активно развивающихся методов разделения и концентрирования микроколичеств неорганических и органических веществ, как в промышленности, так и в аналитической практике. Возможность модификации сорбентов органическими реагентами, содержащими функционально-аналитические группы, позволяет повысить емкость сорбента, а также управлять селективностью процесса сорбции. В последние годы активно развивается направление, связанное с применением модифицированных ионообменных смол для извлечения и определения ионов металлов [1–3].

Основой для модификации была выбрана анионообменная синтетическая смола АВ-17-8 (ГОСТ 20301-74), модификатором служил органический реагент арсеназо III (3,6-бис-[(2-арсонофенил)азо]-4,5-дигидрокси-2,7-нафталиндисульфокислота), используемый для количественного определения редкоземельных элементов, вследствие высокой устойчивости и хорошей растворимости образующихся окрашенных комплексных соединений [4, 5].

Модификацию сорбента осуществляли при нейтральном pH, используя водные растворы арсеназо III. Установлено, что полная статическая объемной емкости АВ-17-8 равна $4,9 \cdot 10^{-2}$ ммоль/г. Экспериментально установлено, что в статических условиях десорбция арсеназо III в дистиллированной воде, а также в водных растворах хлорида натрия, хлороводородной кислоты, гидроксида натрия незначительна. Наиболее вероятно, что сорбция арсеназо III на поверхности анионита АВ-17-8 обусловлена как ионным обменом, так и Ван-дер-ваальсовым взаимодействием реагента с полимерной матрицей сорбента.

В предварительных опытах показана возможность сорбции лантана из водных растворов модифицированным сорбентом в динамических и статических условиях, причем образование интенсивно окрашенного комплексного соединения позволяет использовать полученный модифицированный сорбент для твердофазно-спектрофотометрического определения редкоземельных элементов.

Список литературы

1. Vergili I., Gönder Z.B., Keya Y., et al. *Process Safety and Environmental Protection*. 2017. V.107. P. 498–507.
2. Wołowicz A., Staszak K., Hubicki Z. *Adsorption*. 2019. V. 25, № 3. P. 393–404.
3. Kalra A., Hadi P., Mackey H.R., et al. *Desalination and Water Treatment*. 2017. V. 126. P. 196–207.
4. Cyriac B., Vali M., Ojha N., et al. *Journal of Chemical Sciences*. 2020. V. 132. P. 1–10.
5. Guo X.M., Yan Q.C., Meng X.T., et al. *Journal of Applied Spectroscopy*, 2019. V. 86, № 3. P. 542–548.

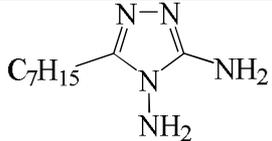
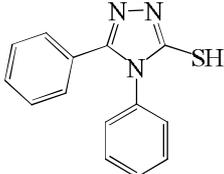
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ТРИАЗОЛА В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРОВ КИСЛОТНОЙ КОРРОЗИИ

Костинский М.Е., Соловьев А.Д., Плотникова М.Д., Шеин А.Б.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Работа нацелена на определение механизма действия производных триазола в качестве ингибиторов кислотной коррозии стали марки С1018. Формулы и названия веществ, которые изучались в работе, приведены в таблице.

Табл. Органические соединения, изучаемые в работе в качестве ингибиторов коррозии

	Формула	Название
CP-20		5-гептил-1,2,4-триазол-3,4-диамин
CP-38		4,5-дифенил-4Н-1,2,4-триазол-3-тиол

Исследованные соединения являются ингибиторами катодного типа, так как согласно поляризационным измерениям тормозят преимущественно катодный процесс (рис.). Токи коррозии в ингибированных растворах падают по сравнению с токами в растворах хлороводородной кислоты для CP-20 в 1 МНСl, CP-38 в 1 и 5 МНСl. Потенциал коррозии смещается в катодную область.

На основании полученных поляризационных измерений рассчитан защитный эффект исследуемых соединений (табл. 3). Защитные эффекты CP-20 и CP-38 в 1 М растворе НСl согласно поляризационным измерениям составляют 76% и 84%, соответственно.

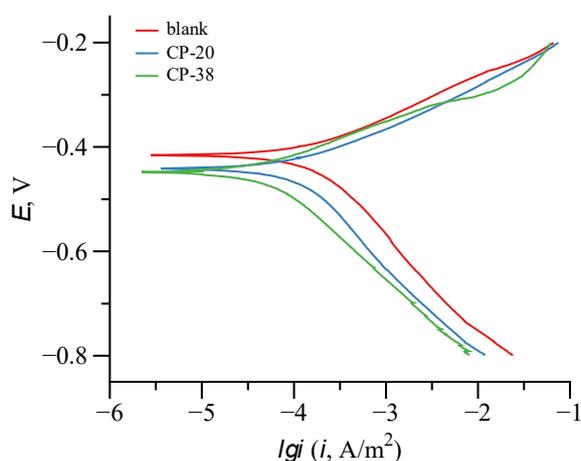


Рис. Поляризационные кривые стали С-1018 в 1 М растворе НСl при температуре 20 °С

Исследуемые ингибиторы сохраняют защитное действие в интервале температур 293–353 К. Зависимость тока коррозии от температуры позволяет рассчитать значения эффективной энергии активации процесса коррозии. Значения E_a составили 26,4 КДж/моль для раствора неингибированной кислоты и 29,9 и 18,0 КДж/моль в присутствии CP-20 и CP-38. Вероятно, такие результаты можно объяснить наличием конкурентной адсорбции ионов коррозионной среды и молекул ингибитора.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВОВ ЖИДКИХ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ

Кудряшова О.С.¹, Елохов А.М.², Кистанова Н.С.²

¹Естественнонаучный институт Пермского государственного национального
исследовательского университета, Пермь, Россия

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

ЖКУ лишены недостатков, присущих твердым удобрениям. Они легко дозируются, не пылят, не слеживаются, не содержат нерастворимого балласта, их потребительские свойства не зависят от влажности окружающей среды. Использование ЖКУ имеет несомненные преимущества перед твердыми удобрениями: обеспечивается высокая равномерность внесения питательных веществ, снижаются их потери, появляется возможность их использования не только для корневой, но и для листовой подкормки. Внесение ЖКУ легко совместить с обработкой средствами защиты растений.

Общим недостатком существующих способов разработки составов ЖКУ является метод подбора, варьирования концентраций исходных компонентов и их соотношения в растворе с целью получения удобрения с максимальным содержанием питательных веществ. При этом вероятность нахождения составов насыщенных растворов с заданным соотношением НРК снижается с увеличением числа компонентов в ЖКУ. Кроме того потребуются дополнительные исследования поведения полученной композиции в политермических условиях.

Оптимизацию составов ЖКУ проводят с помощью фазовых диаграмм поликомпонентных водно-солевых систем. По изотермическим диаграммам можно не только определить состав предельно насыщенного раствора солей, который соответствует координатам эвтонической точки, но и рассчитать максимально возможную концентрацию раствора с заданным соотношением НРК. В ряде случаев при изменении температуры растворов может происходить образование химических соединений, растворимость которых ниже, чем у исходных солей. Это может привести к выпадению осадка. Политермические диаграммы позволяют проследить эти процессы и скорректировать состав удобрения или температуру хранения. Таким образом, политермические диаграммы позволяют установить принадлежность состава ЖКУ к гомогенной области в определенном температурном интервале, и таким образом гарантировать их стабильность в течение длительного срока.

Растворимость солей, входящих в состав ЖКУ, значительно отличается. Существуют также ограничения по совместному присутствию ряда солей в одном растворе. С учетом этого и для повышения концентрации питательных веществ целесообразно разделить состав ЖКУ на несколько растворов. Например, один раствор содержит хорошо растворимые нитраты кальция и магния, второй – нитрат, дигидрофосфат, сульфат калия, третий – соединения микроэлементов. Эффективность разделения ЖКУ на несколько растворов оценена по величине степени концентрирования, которая рассчитана как отношение концентраций элементов в исходных и рабочих растворах ЖКУ.

Список литературы

1. Кистанова Н.С., Кудряшова О.С., Мазунин С.А. и др. Способ определения составов высококонцентрированных жидких комплексных удобрений. Патент RU № 2529163.

СОБИРАТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

N-(2-ГИДРОКСИБЕНЗОИЛ)-N'-(п-ТОЗИЛ)ГИДРАЗИНА

Лахтина Н.С.¹, Ельчищева Ю.Б.¹, Чеканова Л.Г.², Заболотных С.А.²

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² Институт технической химии УрО РАН (филиал ПФИЦ УрО РАН), Пермь, Россия

Обогащение и переработка бедного, труднообогатимого минерального сырья, извлечение ценных компонентов из техногенных отходов, являются важными аспектами в промышленном цикле. Результаты флотационного обогащения в значительной степени определяются реагентным режимом. Перспективным направлением поиска новых собирателей является исследование реагентов, селективно образующих гидрофобные или гидрофильные соединения с атомами металлов на поверхности минералов, разработка новых оптимальных сочетаний собирателей на их основе.

Доказана перспективность использования ацилсульфонилгидразинов (АСГ) в качестве собирателей для ионной флотации цветных металлов [1]. Представляло интерес исследовать собирательные свойства N-(2-гидроксибензоил)-N'-(п-тозил)гидразина (ГБСГ) в процессах флотации полиметаллических руд.

При исследовании физико-химических свойств ГБСГ установлена хорошая растворимость его в растворах щелочей, устойчивость к щелочному гидролизу, стабильное пенообразование. Изучение комплексообразования ГБСГ с ионами Cu(II) в аммиачных средах спектрофотометрическим методом показало высокую степень извлечения ионов – 99,9 %. Свойства реагента позволили рекомендовать его для исследования в процессах флотационного извлечения минералов цветных металлов (ЦМ).

Флотоактивность N-(2-гидроксибензоил)-N'-(п-тозил)гидразина была изучена на сульфидных медно-никелевых рудах Мурманской области с содержанием Cu – 0,197 % г; Ni – 0,535 % г; Co – 0,022 %. В качестве собирателей применяли бутилксантогенат калия (БКК) или (ГБСГ), пенообразователя – бутиловый аэрофлот натрия (Af), активатора флотации – медный купорос. Собиратели вводили в пульпу в виде 1 % щелочных растворов (0,1 моль/л КОН). Технологическая схема исследований коллективной флотации медно-никелевой руды в черновой концентрат включала основную и контрольную флотации.

В базовом опыте (собиратель – БКК) степень извлечения никеля составила 86,29 %, меди – 91,51 %, кобальта – 84,14 % при их содержании в концентрате 1,02, 0,43, 0,03 % соответственно. При использовании ГБСГ степень извлечения никеля по сравнению с базовым опытом увеличилась на 0,23 % и составила 86,52 % (содержание в концентрате – 0,86 %); меди – 91,40 % (0,37 %), кобальта – 84,24 % (0,03 %).

Применение ГБСГ привело к незначительному повышению извлечения никеля, но ухудшению качества концентрата для всех металлов. Следует отметить, что все исследования проводили в режиме базового опыта, оптимальном для промышленного собирателя бутилксантогената калия.

По итогам исследований можно сделать вывод, что N-(2-гидроксибензоил)-N'-(п-тозил)гидразин проявляет собирательные свойства в отношении сульфидных минералов цветных металлов. Для повышения эффективности его действия необходимы дополнительные исследования условий применения.

Список литературы

1. Чеканова Л.Г., Радусhev А.В., Воронкова О.А., и др. Химическая технология. 2011. Т. 12, № 12. С. 754–759.

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН ИЗ УГЛЕПЛАСТИКОВ

Лебедева Е.А.¹, Астафьева С.А.¹, Истомина Т.С.¹, Трухинов Д.К.¹,
Корнилицина Е.В.¹, Ильиных Г.В.², Слюсарь Н.Н.²

¹ Институт технической химии УрО РАН (филиал ПФИЦ УрО РАН), Пермь, Россия

² Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

Одной из самых распространенных промышленных технологий извлечения углеродного волокна из углепластиков является пиролиз. В последнее время все большее количество исследований направлено на расширение методов извлечения углеродного волокна, в том числе методом сольволиза. В рамках данной работы проведена оценка экологической эффективности технологий извлечения углеродных волокон методом низкотемпературного сольволиза и аналитическим пиролизом.

Для сопоставления методов сольволиза и пиролиза были изготовлены образцы углепластиков из углеродных волокон vCF₁ (Kordcarbon, Германия) и vCF₂ (Toho Tenax, Германия) и эпоксидных матриц KER 828 (Kumho P&B Chemicals, Корея) и L (R&G, Германия). Методом термического анализа (ТГА) образцов на воздухе определены свойства образцов углепластиков. Было проведено исследование газообразных продуктов деструкции образцов углепластиков методом термогравиметрической газовой хромато-масс-спектрометрии с применением комплекса приборов TGA/DSC-IST16-GC/MS (MettlerToledo, Швейцария). Процесс извлечения углеродного волокна методом низкотемпературного сольволиза проходил согласно [1], установлен вес извлеченных волокон.

При сопоставлении полученных результатов установлено, что эффективность пиролиза зависит от термической стабильности полимерной матрицы. Можно предположить, что в случае пиролиза углепластиков на основе рассмотренных компонентов можно будет ожидать некоторые отличия в качестве извлеченных волокон.

Процесс термического пиролиза углепластиков изучен в атмосфере N₂, температуры для отбора проб были выбраны согласно данным ТГА. Были идентифицированы продукты пиролиза, основные: низкомолекулярные углекислый газ, вода, ацетальдегид, ацетон, также производные фенола, сложные фенольные соединения, ароматические углеводороды, соединения алканов-алкенов C₂₆-C₃₁.

Сопоставление массы извлеченных углеродных волокон методом сольволиза и аналитическим пиролизом показало, что метод пиролиза более требователен к сортировке для промышленного применения, чем сольволиз. Полученные результаты показали, что смола L является более термостойкой, что привело к повышенному содержанию кокса на углеродных волокнах, полученных методом пиролиза в инертной среде.

В условиях все возрастающих требований к повышению термостойкости полимерных матриц меньшая избирательность метода сольволиза к используемым в качестве сырья углепластикам является существенным преимуществом перед методом пиролиза.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Пермского края (проект № 19-43-590024 p_a) с использованием оборудования ЦКП «Исследования материалов и вещества» ПФИЦ УрО РАН

Список литературы

1. Лебедева Е.А., Астафьева С.А., Истомина Т.С., и др. Журнал прикладной химии. 2020. Т. 936 № 6. С. 834–843.

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЛИГНИНА В РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ С ПОМОЩЬЮ ИК СПЕКТРОСКОПИИ

Матьякубов Х.Б., Хлучина Н.А., Кострюков С.Г.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия

Разработан экспресс-метод определения содержания лигнина в различных лигноцеллюлозных материалах с использованием ИК спектроскопии. ИК спектры поглощения зарегистрированы на ИК-фурье-спектрометре Инфра-ЛЮМ ФТ-08. Для построения калибровочного графика использовались таблетки KBr с различным содержанием лигнина. В качестве аналитической полосы была выбрана полоса поглощения 1512 см^{-1} , относящаяся к скелетным колебаниям связей C=C ароматических колец гваяцильного и сирингильного фрагментов. Для построения калибровочного графика были приготовлены искусственные смеси, имитирующие лигноцеллюлозный материал, состоящие из микрокристаллической целлюлозы и краф-лигнина. Состав смесей приведен варьировался от 0% лигнина и 100% целлюлозы до 100% лигнина и 0% целлюлозы, шаг изменения 10%. Масса смеси составляла 10 мг, а масса KBr – 1000 мг. Полученные смеси измельчали и перемешивали с помощью полуавтоматической вибрационной мельницы Herzog HP-M 100 в размольном контейнере из карбида вольфрама в течение 30 с. После чего из порошков прессовали таблетки массой 200 мг, для которых снимали ИК спектры. Прессование осуществлялось на прессе «Lab Tools» при давлении до 20 МПа. Полученная зависимость между содержанием лигнина и интенсивностью аналитической полосы поглощения представлена на рисунке 1, здесь приведена полученная формула.

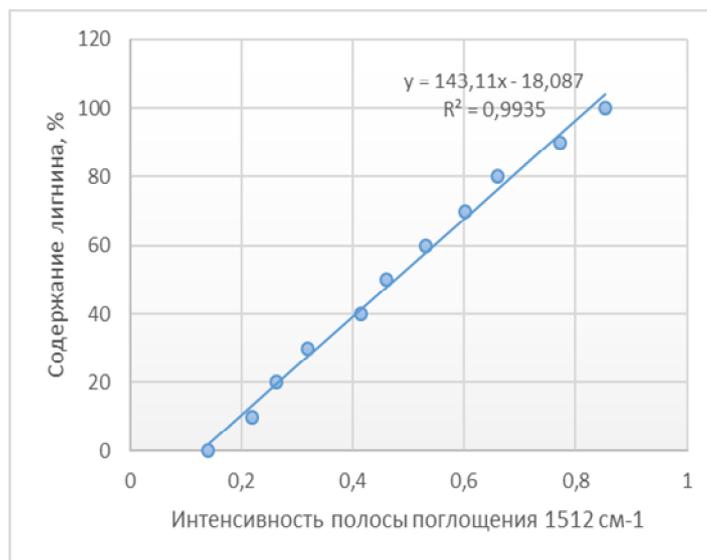


Рис. График зависимости интенсивности полосы поглощения 1512 см^{-1} от содержания лигнина в таблетке KBr и формула для вычисления содержания лигнина

Разработанный подход опробован на большом наборе лигноцеллюлозных материалов, включающих несколько образцов древесины и различные сельскохозяйственные отходы. При сравнении результатов определения лигнина с литературными данными [1] наблюдается хорошая корреляция результатов.

Список литературы

1. Kumar B., Bhardwaj N., Agrawal K., et al. Fuel Processing Technology. 2020. V. 199. P. 106244.

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЭНТЕРОСОРБЕНТА «ФИЛЬТРУМ-СТИ» ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ КАДМИЯ

Мельниченко М.А., Косолапова Н.И., Мирошниченко О.В.
Курский государственный университет, Курск, Россия

В настоящее время на фармацевтическом рынке представлен широкий ассортимент энтеросорбентов различной химической природы. Большую группу из них составляют природные энтеросорбенты, одним из представителей данной группы является препарат «Фильтрум-СТИ», на основе лигнина. В данной работе оценены сорбционные свойства энтеросорбента «Фильтрум-СТИ» по отношению к ионам Cd^{2+} .

Сорбцию проводили в статическом режиме из модельных растворов, имитирующих среду двенадцатиперстной кишки с рН 7,5 (0,9% раствор NaCl , рН которого доведен с помощью гидрокарбоната натрия до значения 7,5). Время контакта сорбента с сорбатом в модельных растворах составляло 30 мин. После проведения сорбции раствор фильтровали. В полученном фильтрате определяли концентрацию ионов Cd^{2+} с использованием атомно – абсорбционной спектрометрии. Количество сорбированного компонента определяли по убыли концентрации ионов кадмия Cd^{2+} в растворе. Построение изотермы сорбции ионов Cd^{2+} энтеросорбентом «Фильтрум-СТИ» осуществляли в диапазоне концентрации 0,3 – 205 мг/дм^3 . Показано, что равновесие сорбции в изученной системе «сорбат – сорбент» с высоким коэффициентом корреляции описывается изотермой Ленгмюра (рисунок 1) [2]:

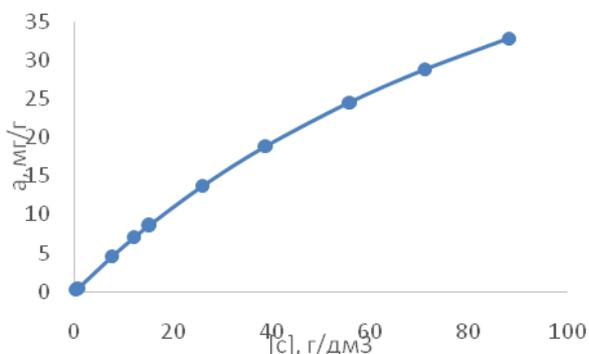


Рис. 1 Изотерма сорбции ионов Cd^{2+} энтеросорбентом «Фильтрум-СТИ»

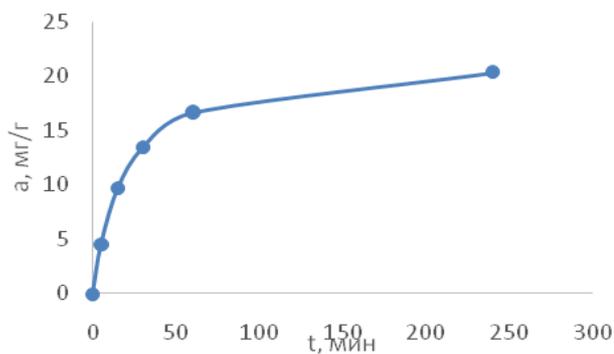


Рис. 2 Кинетическая кривая сорбции ионов Cd^{2+} энтеросорбентом «Фильтрум-СТИ»

Кинетику сорбции исследовали методом ограниченного объема раствора. Для этого проводили сорбцию в приготовленной серии растворов с одинаковым содержанием сорбента и с одинаковым начальным содержанием ионов Cd^{2+} . Выдерживали от 5 мин до 5 ч с перемешиванием при температуре 293 К (рисунок 2). Полученные экспериментальные данные удовлетворительно аппроксимируются с помощью модели псевдо-второго порядка ($R^2 > 0,9$) [1].

Сорбционная емкость a_m и константа скорости сорбционного процесса k_2 препарата «Фильтрум-СТИ» относительно ионов Cd^{2+} составила 107,5 мг/г и 0,0001 $\text{г} \cdot \text{мг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$ соответственно.

Список литературы

1. Azizian S. Journal of Colloid and Interface Science 2004. V. 20. P. 47–52
2. Gunay A.E. Arslankaya I. Journal of Hazardous Materials. 2007. V. 146. P. 362–371.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ИНЖИНИРИНГА ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Мешалкин В.П.

¹ РХТУ имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия

² Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет), Санкт-Петербург, Россия

³ Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина,
Москва, Россия

В работе представлены основные направления цифровой экономики.

Рассматривается сущность и научно-технологические приоритеты концепции «Химическая промышленность 4.0» в условиях цифровой экономики.

Определены основные понятия и инструменты компьютеризированного инжиниринга сложных технологических и социально-экономических систем.

Представлены основные концепции и методы логистики ресурсосбережения в нефтегазо-химическом комплексе.

Предложены методологические основы компьютеризированной интегрированной логистической поддержки энергоресурсоэффективных производств НГХК и систем газоснабжения.

Развиты основные направления современной теории искусственного интеллекта, теории метаэвристик и природовдохновенных алгоритмов. Применение природовдохновенных алгоритмов в химической технологии.

Разработаны декомпозиционные эвристическо-вычислительные методы оптимальной ресурсоэнергоэффективной компоновки химических производств.

Введено понятие устойчивого химического производства.

Представлены основные этапы методологии инжиниринга устойчивых химических производств и цепей поставок.

Предложена классификация научных основ обеспечения энергоресурсосбережения в химико-технологических системах и цепях поставок нефтегазохимического комплекса

Разработаны инструментальные программные средства моделирования, анализа и синтеза ресурсосберегающих химико-технологических систем и «зеленых» цепей поставок

Представлен модифицированный термодинамический метод Пинч анализа и комплекс программ Ансельм для сокращения энергоемкости и снижения выбросов CO₂ нефтехимических производств.

Разработаны методы и компьютерные инструменты оптимизации энергоэффективности производства окатышей из техногенных фосфорсодержащих отходов Кольского полуострова

Предложены методы оценки воздействия химических загрязнений промышленных предприятий на лесные массивы с использованием спутниковых фотоизображений

Список литературы

1. Meshalkin V., Dovì V., Bobkov V. Mendeleev Commun. 2021 V. 31. P. 593–604.
2. Ресурсоэнергоэффективные методы энергообеспечения и минимизации отходов нефтеперерабатывающих производств. Основы теории и наилучшие практические результаты. М: Химия, 2010.
3. Мешалкин В.П., Бобков В.И., Дли М.И. Цифровизированное оптимальное управление обжигово-конвейерными химико-энерготехнологическими системами. Смоленск: Универсум, 2020.

ЭПР-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНОГО ПРОТОННОГО ОБМЕНА 3,6-ДИ-ТРЕТ-БУТИЛ-2-ОКСИФЕНОКСИЛА С КИСЛОТАМИ

Мешкова А.С., Абилканова Ф.Ж., Никольский С.Н.

Карагандинский университет им. академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан

Реакционная способность молекул всегда будет представлять несомненный интерес как для теоретической, так и экспериментальной химии. Гидроксикарбоновые кислоты, такие как гликолевая и миндальная играют важную роль в химических и биохимических процессах, широко применяются в промышленности. Данные кислоты характеризуются внутримолекулярной водородной связью и обладают внутри и межмолекулярной динамикой [1–3].

Применение спинового зонда такого как 3,6-ди-трет.бутил-2-оксифеноксил (I) в динамической ЭПР-спектроскопии позволяет получать уникальную кинетическую информацию о различных процессах с их участием. Для описания процессов использована программа использующая четырехпрыжковую модель, полученную на основе модифицированного уравнения Блоха, решение которого позволяет моделировать динамические спектры ЭПР радикала и получать кинетические параметры процессов [4–5].

Полученные с помощью разработанной программы кинетические и термодинамические параметры протонного обмена для исследованных кислот в толуоле представлены в таблице, здесь же представлены аналогичные параметры для муравьиной и бензойной кислот, полученные ранее аналогичным образом [6].

Кинетические параметры межмолекулярного протонного обмена радикала I с различными ОН-кислотами в толуоле

	$k_{\text{обм}} (293\text{K})$ l/моль с	$k^{\circ}_{\text{обм}}$ l/моль с	E_a кДж/моль	pK_a
муравьиная	$(4,50 \pm 0,2) \cdot 10^7$	$(8,2 \pm 0,1) \cdot 10^8$	$7,1 \pm 0,3$	3,75
бензойная	$(1,32 \pm 0,1) \cdot 10^8$	$(6,0 \pm 0,1) \cdot 10^9$	$9,3 \pm 0,9$	4,18
гликолевая	$(1,21 \pm 0,2) \cdot 10^8$	$(4,6 \pm 0,1) \cdot 10^9$	$8,9 \pm 0,3$	3,83
миндальная	$(7,42 \pm 0,4) \cdot 10^7$	$(9,9 \pm 0,2) \cdot 10^{10}$	$17,5 \pm 0,4$	3,37

Сравнение кинетических параметров исследованных представителей гидроксикислот алифатическими и ароматическими кислотами показывает, что наличие гидроксильной группы в структуре кислоты для алифатических представителей приводит к незначительному увеличению скорости протонного обмена, тогда как для ароматических кислот наблюдается обратная тенденция. Сопоставление параметров гликолевой и миндальной кислот показывает, что несмотря на то, что миндальная кислота обладает более высоким значением pK_a наличие объемного заместителя в виде бензольного кольца приводит к более высокому значению активационного барьера и соответственно замедлению скорости протонного обмена.

Список литературы

1. Moy L.S., Howe K., Moy R.L. *Dermatol Surg.* 1996. V. 22. P.439–441.
2. Grabowski S.J. *J. Phys. Org. Chem.* 2004. V. 17. P. 18–31.
3. Zhao G.J., Han K.L. *Acc Chem Res.* 2011. V. 45. P. 404–413.
4. Никольский С.Н. *Вестник ЕНУ.* 2007. №6 (60). С. 160–167.
5. Nikolskiy S.N., Abilkanova F.Z., Golovenko A.S., et al. *Bulletin of the University of Karaganda-Chemistry.* 2020. № 98. P. 35–41.
6. Nikolskiy S.N., Tur A.A., Yelchibekova A.A., et al. *Bulletin of the University of Karaganda-Chemistry.* 2015. V. 77. P. 47–50.

МОДИФИКАЦИЯ ТРЕКОВЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПЭТФ УФ-ПРИВИВОЧНОЙ БЛОК-СОПОЛИМЕРИЗАЦИЕЙ СТИРОЛА И 4-ВИНИЛПИРИДИНА

Муслимова И.Б.¹, Омертасов Д.Д.¹, Жатканбаева Ж.К.¹, Корольков И.В.^{1,2}, Здоровец М.В.^{1,2}

¹ Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва, Нур-Султан, Казахстан

² Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

На сегодняшний день нефтяные загрязнения являются одними из основных экологических и экономических проблем. В связи с этим растет необходимость в поиске методов очистки нефтесодержащих сточных вод. Трековые мембраны (ТМ) на основе полиэтилентерефталата (ПЭТФ) обладают рядом преимуществ в мембранных процессах разделения смесей, таких как узкое распределение пор по размерам, небольшая толщина¹. Данная работа посвящена разработке методов эффективного разделения водомасляных смесей с помощью ТМ на основе ПЭТФ за счет применения различных методов их модификации, приводящих к контролируемому изменению гидрофильно/гидрофобных свойств мембран.

Трековые мембраны были получены путем облучения ПЭТФ пленки с номинальной толщиной 12 мкм ионами $^{84}\text{Kr}^{15+}$ с энергией 1,75 МэВ/нуклон на ускорителе тяжелых ионов ДЦ-60 с флюенсом пор $1 \cdot 10^8$ ион/см². Затем были получены рН-чувствительные ПЭТФ ТМ путем проведения УФ-инициированной сопрививочной RAFT-блок-сополимеризацией стирола (СТ) и 4-винилпиридина (4-ВП). Изучены влияние концентрации мономера, инициатора (бензофенон) и RAFT-агента (2-(додецилтиокарбонотиоилтио)-2-метилпропановая кислота), растворителя (хлороформ, изопропиловый и этиловый спирты) и времени проведения реакции (30-60 мин). Найдены оптимальные условия прививки СТ путем их варьирования (мольное соотношение RAFT-агент:мономер=1:700, RAFT-агент:инициатор=1:10, t=60 мин). В результате краевого угла смачивания (КУС) увеличился от 45° до 100°. Далее на поверхность полученных мембран прививали 4-ВП, который является рН-чувствительным (рI=3,2) гидрофильным мономером². Исходя из этих данных проведено исследование гидрофильно/гидрофобных свойств модифицированных мембран в различных рН-средах.

После прививки 4-ВП – полученные мембраны рН-чувствительны: при рН=2 КУС=59°, рН=7 – 94°, рН=9 – 88°. В дальнейшем, модифицированные ПЭТФ ТМ будут протестированы в разделении водомасляных смесей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках проекта AP09057934 «Разработка инновационных мембран для разделения водомасляных смесей»

Список литературы

1. Korolkov I.V., Narmukhamedova A.R., Melnikova G.B., et al. Membranes. 2021. V. 11, № 8. P. 637.
2. Zhai G.Q., Kang E.T., Neoh K.G. Journal of Membrane Science. 2003. V. 217, № 1–2. P. 243–259

РАСТВОРИМОСТЬ СОЛЕЙ В СИСТЕМЕ НИТРАТ КАЛИЯ – НИТРАТ КАЛЬЦИЯ – ВОДА ПРИ 25°C

Мустафина А.Р.¹, Кистанова Н.С.¹, Кудряшова О.С.²

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² Естественнонаучный институт ПГНИУ, Пермь, Россия

Конверсионный способ получения нитрата калия основан на реакции обмена нитрата кальция и хлорида калия по уравнению $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{KCl} \rightleftharpoons \text{CaCl}_2 + 2\text{KNO}_3$. Основная проблема, которая возникает в конверсионном способе, связана с переработкой большого количества маточного раствора. Данные о совместной растворимости солей позволяют обосновать технологический режим получения нитрата калия и переработки маточных растворов.

Фазовые равновесия в системе $\text{KNO}_3\text{-Ca}(\text{NO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ при 25°C исследованы изотермическим методом сечений [1] с измерением показателя преломления жидкой фазы. При выполнении эксперимента исходные смеси компонентов заданного состава готовили взвешиванием на электронных весах ВСЛ-200/0,1А с точностью $\pm 0,001$ г. Показатель преломления исследуемых растворов измеряли на рефрактометре ИРФ-454 Б2М с погрешностью $\pm 1 \cdot 10^{-4}$ ед. Термостатирование осуществляли при помощи ультратермостата с погрешностью $\pm 0,2^\circ\text{C}$. Содержание в твердой фазе ионов кальция определяли титриметрическим методом с эриохромом черным Т [2], хлорид ионов – с помощью потенциометрического титратора 848 Titrimo plus с комбинированным электродом для осадительного титрования. Температура и теплота плавления кристаллогидратов установлены методом дифференциальной сканирующей калориметрии (NETZSCH DSC 214 Polyma DSC 21400 A-0115-L). Плотность расплава двойной соли при 60, 80 и 85°C измерены плотномером Mettler Toledo DB40.

Полученные экспериментальные данные показывают, что в системе $\text{KNO}_3\text{-Ca}(\text{NO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ при 25°C образуется инконгруэнтно растворимое химическое соединение $\text{KNO}_3 \cdot \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Определены составы растворов, находящихся в невариантном равновесии с твердыми фазами, установлены границы областей кристаллизации всех твердых фаз системы. Структура соединения $\text{KNO}_3 \cdot \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ определена методом рентгеноструктурного анализа на дифрактометре Xcalibur Ruby. Полученные теплофизические параметры: $\Delta\text{H}_{\text{пл}}$, $\text{T}_{\text{пл}}$, плотность расплава, позволяют рассматривать $\text{KNO}_3 \cdot \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ в качестве перспективного теплоаккумулирующего материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № АААА-А20-120081990070-9).

Список литературы

1. Mazunin S.A., Noskov M.N., Elsukov A.V. Russ.J. Inorg. Chem. 2017. V. 62. № 5. P.539–544
2. Шварценбах Г., Флашка Г. Комплексометрическое титрование. М.: Химия, 1970.

ОЦЕНКА МИКРОТВЕРДОСТИ ХИМИКО-КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕКТРОХИРУРГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА СПЛАВАМИ Ni-Mo-P, Ni-P, Ni-W-P

Мягкова И.Н.¹, Евсеев А.К.², Дровосеков А.Б.³, Горончаровская И.В.²,
Поляков Н.А.³, Шабанов А.К.²

¹ РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

² НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ, Москва, Россия

³ ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия

Использование электрохирургических методов в медицинской практике становится все более широким благодаря их эффективности, малоинвазивности и меньшему риску развития осложнений. В связи с тем, что электрохирургический инструмент во время операции подвергается периодической механической очистке от нагара, одной из важных характеристик является механическая прочность, определяющаяся микротвердостью поверхности [1]. Одним из подходов к повышению механической прочности может быть нанесение функциональных покрытий на поверхность электрохирургического инструмента.

Цель работы – сравнение микротвердости покрытий электрохирургического инструмента сплавами Ni-Mo-P, Ni-P, Ni-W-P.

В работе использовали электрохирургические монополярные электроды-ножи (19x2,5 мм), на рабочую поверхность которых были нанесены химико-каталитические покрытия сплавами Ni-W-P, Ni-Mo-P, Ni-P толщиной 15 мкм. Микротвердость покрытий (Hv) определяли на приборе ПМТ-3 (ЛМО, Россия) при нагрузке на индентор 100 г. Термообработку покрытий проводили в вакуумной печи при остаточном давлении воздуха 10^{-3} атм.

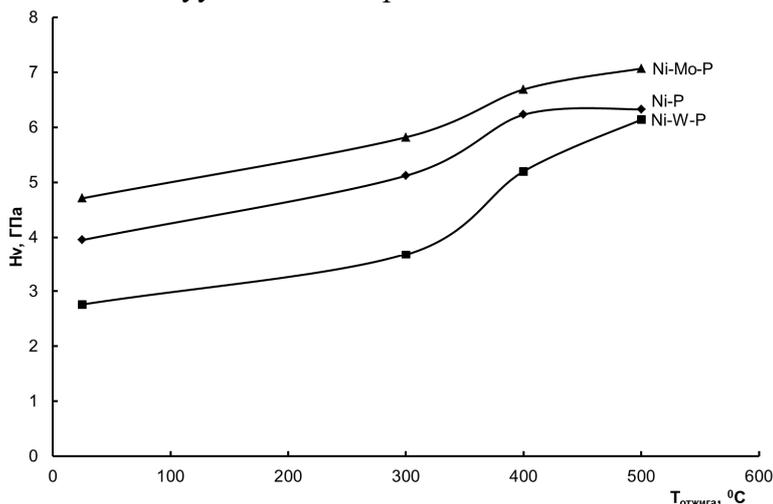


Рис. Зависимость микротвёрдости покрытий от температуры отжига

Как видно из представленных на рисунке данных микротвердость покрытий увеличивается с увеличением температуры отжига. Микротвердость химико-каталитических покрытий возрастает в ряду: Ni-W-P < Ni-P < Ni-Mo-P. Однако данный процесс является нелинейным, с увеличением температуры интенсивность прироста микротвердости снижается. Так, для покрытия Ni-P увеличение микротвердости в диапазоне температур 200–300⁰C составило 1,11 ГПа, в то время как в диапазоне температур всего 0,1 ГПа.

В целом, можно сделать вывод о перспективности исследований химико-каталитических покрытий сплавами Ni-P с добавками тугоплавких металлов в качестве функциональных покрытий электрохирургического инструмента.

Список литературы

1. Shen Y.D. J. Biomed. Mater. Res. Part B: Appl. Biomater. 2016. V. 104, № 1. P. 96–105.

ГИДРОФОБНЫЕ АЛКИЛСИЛОКСАНОВЫЕ ПОКРЫТИЯ: ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ САМОСБОРКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТИ И СМАЧИВАЕМОСТЬ

Новиков А.А.¹, Щербань М.Г.², Винокуров В.А.¹

¹ Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина,
Москва, Россия

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Гидрофобные и супергидрофобные покрытия позволяют регулировать смачивание рабочих поверхностей нефтегазового оборудования и по этой причине перспективны для применения в процессах разделения нефти и воды [1], а также в процессах сепарации жидкости из потока газа [2].

Покровные стекла (18×18 мм) обрабатывали аргоновой плазмой (Henniker НРТ-100, Германия) и силанизировали в различных режимах. Гладкие покрытия получали в среде толуола. Шероховатые покрытия с нуклеацией частиц диоксида кремния получали по модифицированному методу Штобера [3]. Гелевые покрытия получали кислотным гидролизом метилтриметоксисилана (МТМС) в этаноле [4]. Смачивание покрытий водой исследовали на системе Kruss DSA100 при 20, 30 и 40 °С. Структуру геля изучали с помощью конфокального микроскопа Nikon Ni-E Eclipse A1. Были получены покрытия с краевыми углами смачивания от 90° до 120°.

Микроструктурирование поверхности основано на нуклеации частиц или спинодальном распаде при гидролизе прекурсора. При этом необходимо сравнение режимов смачивания на гладких и шероховатых подложках и характеристика шероховатости подложки для установления влияния микрорельефа поверхности при одинаковом химическом составе покрытий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания, проект «0768-2020-0007».

Список литературы

1. Barthlott W., Moosmann M., Noll I., et al. *Philos. Trans. Royal Soc. A.* 2020. V. 378. P. 20190447
2. Власов А.И., Михайлов А.В., Федоренко В.Д. и др. *Нефтяное хозяйство.* 2019. Т. 12. С. 77–81
3. Feng, K., Hung, G. Y., Liu, J., et al. *Chemical Engineering Journal.* 2018. V. 331. P. 744–754.
4. Kanamori K., Nakanishi K., Hirao K., Jinnai H. *Langmuir.* 2003. V. 19. P. 5581–5585

ЭКСТРАКЦИОННО-СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ ХЛОРИД НАТРИЯ – ЕТНОМЕЕН C/15 – ВОДА

Носкова М.А., Денисова С.А., Елохов А.М.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Поверхностно-активные вещества и водорастворимые полимеры получили широкое распространение для экстракционного концентрирования ионов металлов и органических загрязнителей, так как их использование в максимальной степени отвечает принципам зеленой химии. Одним из перспективных, но малоизученных ПАВ являются третичные оксиэтилированные амины кислот кокосового масла (ethomeen C/15, $\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})\text{-RN-}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_5\text{H}$, производитель Azko Nobel). Ранее исследованы закономерности высаливания ethomeen C/15 неорганическими солями и показана возможность использования системы хлорид натрия – ethomeen C/15 – вода для концентрирования органических комплексообразующих реагентов, в частности 1-(2-пиридилазо)-2-нафтола (ПАН). Целью настоящей работы являлась разработка методики экстракционно-спектрофотометрического определения ионов цветных металлов с ПАН в системе хлорид натрия – ethomeen C/15 – вода.

С целью определения оптимальных условий анализа зарегистрированы спектры экстрактов, содержащих ПАН и его комплексные соединения с никелем, кобальтом, медью и цинком. Максимум светопоглощения экстракта, содержащего ПАН, находится при 480 нм. Комплексы ионов металлов с ПАН имеют несколько максимумов светопоглощения: для кобальта при 530 и 620 нм, для никеля – 530 и 570 нм. Установлено, что наиболее рационально определять кобальт при 620 нм в связи с более высокой контрастностью реакции и минимальным поглощением реагента и комплексных соединений других изученных металлов. Спектрофотометрический анализ никеля оптимально проводить при 570 нм. Определение цинка и меди является нецелесообразным, вследствие низкой контрастности реакции комплексообразования (максимумы светопоглощения их комплексов лежат в интервале 510–560 нм).

Экспериментально доказано, что окраска комплексного соединения никеля и кобальта с ПАН развивается почти мгновенно и устойчива более двух часов. При исследовании не вводили буферные растворы, так как ethomeen C/15 в используемой концентрации обуславливает постоянную величину pH раствора 9,2. Установлено, что при 620 нм график линейен в интервале содержания кобальта в экстракте от 0,5 до 4,5 мг/л, при 570 нм – от 0,5 до 3,0 мг/л. На основании полученных градуировочных зависимостей вычислены кажущиеся коэффициенты молярного светопоглощения (ϵ): для кобальта 14900 (при 570 нм), 7900 (при 620 нм), для никеля 34800.

Методами насыщения и изомолярных серий установлено, что соотношение ПАН : Со и ПАН : Ni в образующихся комплексных соединениях равно 1 : 2. В тоже время, метод биогарифмических зависимостей свидетельствуют об эквимольном взаимодействии ионов металлов и ПАН. Полученные данные могут свидетельствовать о ступенчатом комплексообразовании ПАН с никелем и кобальтом. Константы устойчивости ($\log\beta$) комплексных соединений кобальта и никеля с ПАН, определенные по методу разбавления Бабко, равны 17,88 и 18,38 соответственно.

С целью оценки возможности практического использования разработанной методики выполнена оценка методики методом введено-найдено с использованием государственных стандартных образцов ионов кобальта и никеля. Полученные данные свидетельствуют об удовлетворительной относительной ошибке определения кобальта. Относительная ошибка определения никеля превышает 20 % и методика характеризуется низкой воспроизводимостью.

Таким образом, проведенные исследования позволили предложить экстракционно-спектрофотометрическую методику определения кобальта с ПАН в системе хлорид натрия – ethomeen C/15 – вода.

«ЗЕЛЕНАЯ» ХРОМАТОГРАФИЯ ДИКОФЕОИЛХИННЫХ КИСЛОТ: ЗАМЕНА АЦЕТОНИТРИЛА НА ЭТАНОЛ

Олейниц Е.Ю., Дейнека В.И.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Белгород, Россия

В настоящее время большой популярностью в мировой литературе пользуется термин «зеленая» химия, основной задачей которой стала забота о здоровье человека и окружающей среды. В частности, популярным направлением в аналитической химии стала «зеленая» хроматография. Наиболее часто используемый растворитель в ВЭЖХ ацетонитрил токсичен для человека и окружающей среды, а также имеет высокую стоимость. В связи с чем замена ацетонитрила на более экологически благоприятный – актуальная задача в рамках «зеленой» хроматографии.

Основными фенольными кислотами, которые синтезируются в большинстве растительных объектов, являются моно- и дикофеоилхинные кислоты (ДКХ), представляющие собой производные кофейной кислоты. Возможность существования четырех изомеров монокофеоилхинных кислот объясняется наличием четырех гидроксилных групп в структуре хинной кислоты: 3CQA, 4CQA, 5CQA – наиболее часто встречающиеся в природе, реже – 1CQA., рис.

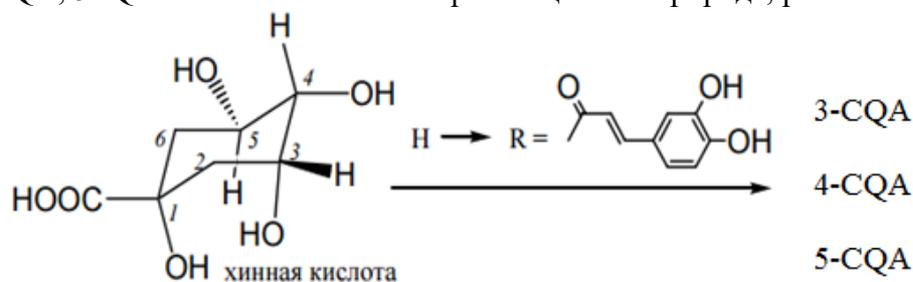


Рис. Варианты этерификации хинной кислоты

Высокая антиоксидантная активность дикофеоилхинных кислот обусловлена наличием в структуре данных веществ двух *орто* ОН-групп. Для дикофеоилхинных кислот возможно существование шести изомеров: 1,3diCQA, 1,4diCQA, 1,5diCQA, 3,4diCQA, 3,5diCQA, 4,5diCQA. Пять из шести изомеров (кроме 1,4diCQA) обнаруживаются в артишоке, а экстракт из листьев падуба парагвайского, известного как чай мате, содержит следующий набор дикофеоилхинных кислот: 3,4diCQA, 3,5diCQA и 4,5diCQA.

Для обращенно-фазовой хроматографии (ОФ ВЭЖХ) возможность разделения изомеров соединений определяется механизмом удерживания. Для гидрофобного выталкивания на поверхность при наличии сильно полярного фрагмента (радикала хинной кислоты) разделение изомеров возможно, но зависит от расположения заместителей кофейной кислоты и от состава подвижной фазы. В элюентной системе «ацетонитрил-подкислитель (добавляется для фиксации зарядового состояния сорбатов)-вода» 4,5diCQA имеет наибольшее удерживание и полностью отделяется от остальных изомеров. Также нет проблем в выделении 3,4diCQA от остальных изомеров в большинстве составов подвижных фаз. Однако возникают проблемы в разделении 3,5diCQA и 1,5diCQA. При этом 1,3diCQA выпадает из ряда изомеров уникально слабым удерживанием за счет внутримолекулярной ассоциации ароматических колец.

При замене ацетонитрила на этанол разделение изомеров заметно улучшается. Порядок элюирования ДКХ кислот в широком диапазоне концентрации этанола в подвижной фазе составляет: $t_r(1,3diCQA) < t_r(3,4diCQA) < t_r(3,5diCQA) < t_r(1,5diCQA) < t_r(4,5diCQA)$. Полученные данные указывают на то, что этанол может быть использован в качестве экологически более благоприятной альтернативы ацетонитрила.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований “Аспиранты”, номер 20-33-90031/20.

ПОЛУЧЕНИЕ И ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ НАНОЧАСТИЦ ФЕРРИТА МЕДИ

Павликов А.Ю., Сайкова С.В.

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Ферриты являются востребованными магнитными материалами, которые широко применяются в электронике, телекоммуникационном и космическом оборудовании, электродвигателях, а также в медицине в качестве средства доставки лекарственных препаратов в организм человека [1]. Существующие методы получения CuFe_2O_4 (твердофазный синтез из исходных оксидов, золь-гель методы и метод химического соосаждения) имеют ряд недостатков [2].

В данной работе для синтеза нанопорошков феррита меди предлагается метод анионообменного осаждения [3], который обеспечивает получение однородного продукта, не содержащего примесей и не нуждающегося в многократных операциях промывки и очистки [4]. Процесс основан на ионном обмене между анионами исходных солей и ОН-группами анионообменной смолы. Он протекает в гетерогенной системе анионит-раствор, где на границе раздела фаз происходит формирование новой фазы – осадка, представляющего собой совместно осажденные гидроксиды металлов.

Ранее нами [2, 5] были получены порошки CuFe_2O_4 с частицами размером 100–200 нм. С целью уменьшения размеров частиц в данной работе использованы растворы полисахаридов (декстран и инулин), отличающихся молекулярной массой (М), которые стабилизируют систему и предотвращают агломерацию частиц. Установлено, что при использовании любого типа полисахарида основная доля металлов осаждается в виде отдельной фазы осадка, а количество катионов в фазе анионита и раствора незначительно.

По данным рентгенофазового анализа (РФА) продукты, полученные с использованием декстрана-40 после прокаливания, представляют собой чистые фазы ферритов. Однако размер частиц зависит от молярной массы полисахарида. Таким образом, молярная масса полисахарида оказывает заметное влияние на рост и агломерацию частиц прекурсоров феррита меди. Можно предположить, что при использовании инулина стабилизация наночастиц не эффективна вследствие его низкой молекулярной массы, а в случае декстрана-70 процесс анионообменного осаждения осложнен более высокой вязкостью использованных растворов, что, к тому же, приводит к флокуляции частиц.

Минимальный размер нанокристаллитов получен при использовании декстрана со средней молекулярной массой ~40 000 г/моль. В процессе синтеза формируются однородные нанопорошки, состоящие из частиц с размером 10–20 нм близкой к сферической форме.

Список литературы

1. Mahboubeh H., Fatemeh Z., Zahra J.R., et al. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2014. V. 371. P. 43–48.
2. Трофимова Т.В., Павликов А.Ю., Сайкова С.В. *Вестник Пермского университета. Серия «Химия»*. 2017. Т. 7, № 2. С. 137–144.
3. Сайкова С.В., Пантелеева М.В., Николаева Р.Б., и др. *Журнал прикладной химии*. 2002. Т. 75, № 11. С. 1823–1825.
4. Белов К.П., Зайцева М.А. *Успехи физических наук*. 1958. Т. 66, № 1. С. 141–144.
5. Pashkov G.L., Saikova S.V., Panteleeva M.V. *Glass and Ceramics*. 2016. № 3. P. 107–110.

СНИЖЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ РАСТВОРОВ МИНЕРАЛЬНЫХ КИСЛОТ, СОДЕРЖАЩИХ СОЛИ ЖЕЛЕЗА (III)

Панова А.В., Андреева Т.Э., Авдеев Я.Г.

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, РФ

Потенциометрическое изучение 2,0 М HCl, 2,0 М H₂SO₄, 2,0 М H₃PO₄ и их смеси (20÷95°C), содержащих катионы Fe(III) и Fe(II), позволило выяснить детали механизма защитного действия композиционного ингибитора, содержащего 3-замещенный 1,2,4-триазол (ИФХАН-92), KNCS и уротропин, на коррозию низкоуглеродистых сталей в растворах кислот, содержащих соли Fe(III). Установлено, что снижения окислительной способности таких систем наблюдается при одновременном присутствии в их составе фосфорной кислоты и уротропина. Снижение окислительной способности этих систем является результатом связывания Fe(III) в комплексные соединения с фосфат анионами и уротропином. Такие комплексы Fe(III) обладают низкой окислительной способностью [1].

Показано, что ингибиторная защита сталей в растворах минеральных кислот, в случае накопления в них дополнительного окислителя катионов Fe(III), возможна при выполнении следующих условий. Во-первых, окислительная способность катионов Fe(III) должна быть снижена связыванием их в комплексные соединения анионами, образующимися при диссоциации кислоты. В качестве такой кислоты можно использовать индивидуальную H₃PO₄ или ее смеси с другими кислотами. Во-вторых, необходимо использовать эффективный ингибитор кислотной коррозии, который способен одновременно сильно замедлять восстановление протонов и комплексных соединений Fe(III) с анионами кислотных остатков. Этому свойству во многом отвечают композиционные ингибиторы на основе производных триазола и серу-содержащих соединений [2].

Исследование выполнено в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы. Тема «Развитие фундаментальных научных основ защитного действия ингибиторов коррозии металлов в газовых и конденсированных средах, нанокompозитах, лакокрасочных и конверсионных покрытиях» (№ госрегистрации АААА-А18-118121090043-0).

Список литературы

1. Avdeev Ya.G., Andreeva T.E., Panova A.V. International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2020. V. 9, №. 2. P. 571–583.
2. Авдеев Я.Г., Тюрина М.В., Кузнецов Ю.И. Коррозия: материалы, защита. 2014. № 1. С. 18–25.

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНОГО ПОКРЫТИЯ ПО МЕТАЛЛУ

Перистый В.А., Перистая Л.Ф., Везенцев А.И.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Белгород, Россия

Широко распространен такой метод защиты металлов от коррозии, как применение лакокрасочных пленкообразующих покрытий на органической основе полимеров, растворенных в соответствующих растворителях, которые токсичны и пожароопасны. Учитывая этот отрицательный экологический фактор, казалось бы, что целесообразным является применение покрытий на неорганической, негорючей, экологически чистой основе. К таким материалам относятся известковые, известково-цементные и силикатные покрытия. Однако данные покрытия применяются в основном при нанесении их на керамические поверхности, а при нанесении данных покрытий на металл, как показали наши исследования, адгезионные силы не обеспечивают достаточного сцепления покрытия с металлической подложкой, и покрытие отслаивается при незначительных механических воздействиях.

Следовательно, актуальной задачей являлось нахождение способа повышения сил адгезии на границе раздела фаз: гидрофобная поверхность металлической подложки – умеренно гидрофильная плёнка композиции жидкого калиевого стекла. Эту задачу удалось решить путем ввода в состав силикатной рецептуры специально нами синтезированных поверхностно-активных веществ (ПАВ) – сульфэтоксилатов на основе неололов АФ-9-12 (СЭТАФ-9-12). Данные СЭТАФ-9-12 в значительной степени повышали смачивающе-адгезионный эффект на указанной выше границе раздела фаз, что позволило в дальнейшем закончить разработку, успешно провести испытание покрытия на металле и его патентование [1].

Список литературы

1. Перистый В.А., Богданов В.Н., Везенцев А.И., Перистая Л.Ф. Защитно-декоративные силикатные покрытия. Патент РФ №2542298.

СОРБЦИЯ N,N-ДИМЕТИЛФОРМАМИДА НА ЦЕОЛИТНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИТАХ

Пермякова С.С.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Бензол является важным сырьем для нефтехимического синтеза. Он широко используется при получении пластических масс, синтетической резины, красителей и лекарств. В таких процессах большую роль играет чистота применяемого сырья.

Как правило, сырьевой бензол синтезируется из нефтяных компонентов, что влечет за собой необходимость очистки такого бензола от различных углеводородных примесей. Одним из способов очистки бензола от насыщенных углеводородов и серосодержащих примесей является экстракционная ректификация с использованием в качестве разделяющих агентов азотистых соединений. В качестве растворителя в промышленности нередко используется N,N-диметилформамид (ДМФА), однако, его присутствие в получаемом бензоле также нежелательно, поскольку он способен отравлять катализаторы, применяемые в последующих процессах нефтехимического синтеза. Этим обуславливается важность дополнительной очистки бензола от азотсодержащих примесей перед подачей его в промышленный реактор.

Установлено, что в качестве адсорбента на узле сорбционной очистки бензола могут применяться цеолитные молекулярные сита типа FAUY. Они способны обеспечивать степень очистки бензола от ДМФА, равную 95-98%. Выявлено, что это связано с наличием на малополярной поверхности данных цеолитов слабых кислотных центров, повышающих адсорбируемость высокополярных молекул ДМФА.

Список литературы

1. Соколов В.З., Харламович Г.Д. Производство и использование ароматических углеводородов. Москва: Химия, 1980.
2. Ерженков А.С. Разработка и совершенствование экстракционных процессов выделения ароматических углеводородов из среднестиллятных нефтяных фракций и бензольного катализаториформинга: диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.17.07. Санкт-Петербург: СПбГТУ, 2003.

ИОННО-ЖИДКОСТНЫЕ СРЕДЫ И КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКТОВ НЕФТЕХИМИИ

Пинегина О.А., Пермяков П.А., Мокрушин И.Г., Красновских М.П.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Экологические проблемы и вопросы ресурсосбережения остро проявляются в отраслях, занимающихся переработкой нефти и её продуктов. Использование «зелёных» катализаторов на основе ионных соединений позволяют эффективно решать обозначенные вопросы. Ионные жидкости (ИЖ) обладают рядом свойств, которые играют важную роль при катализе – термическая стабильность, низкое давление паров, каталитическая активность, способность растворять широкий спектр соединений, нетоксичность, невоспламеняемость, невзрывоопасность [1]. Спектр ИЖ достаточно широк, что связано с многочисленными комбинациями органических катионов и неорганических, органических анионов, образующих ИЖ [2], при этом сочетанием различных анионов и катионов можно влиять на свойства ИЖ. Использование ионно-жидкостных катализаторов, позволит повысить селективность процессов и выход целевого продукта, при относительно невысоких температурах и меньшем энергопотреблении. Ранее показаны способы создания и свойства ионных жидкостей на базе перфторэтилфторфосфатов. Три(перфторалкил)дифторфосфораны – сильные кислоты Льюиса, которые образуют стабильные комплексы с молекулами-донорами [3].

В работе изучаются способы создания новых ионных соединений с перфторалкилфторфосфат анионом, которые отличаются повышенной термостабильностью. Предложены способы получения соединений общей формулы $\text{Cat}^+[\text{PF}_{6-n}(\text{C}_2\text{F}_5)_n]^-$, $n=1,2,3$ на базе аммониевых, имидазолиниевых и фосфониевых катионов, потенциально применимых в качестве сред и катализаторов.

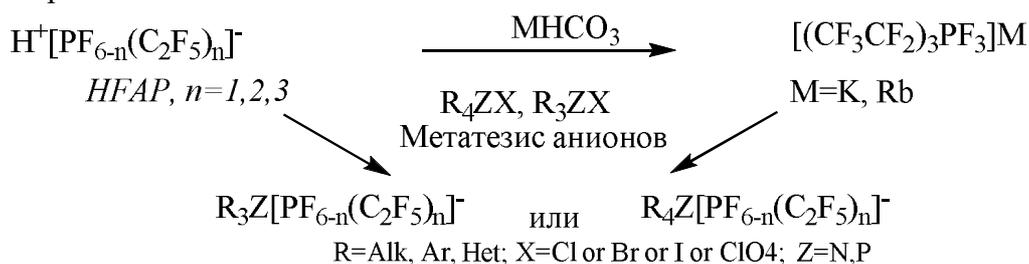


Рис. Общая схема изучаемых превращений перфторэтилфторфосфатов

Исследовано термическое поведение синтезированных солей на приборе NETZSCH STA 449 F1 совмещенного с масс-спектрометрическим детектором. Показано, что большинство соединений могут быть отнесены к классу «room-temperature ionic liquids» (RTILs). Установлено, что температура разложения синтезированных ионных соединений лежит в интервале 320-390°C и во многом определяется природой изучаемого фторфосфатного аниона. Установлено, что разложение описывается последовательным отрывом пентафторэтильного заместителя. Результаты работы могут быть использованы при создании новых эффективных сред и катализаторов для процессов нефтехимии.

Список литературы

1. Ибрагимова М.Д., Азизов А.Г., Пашаева З.Н., и др. Химия в интересах устойчивого развития. 2015. Т. 23, №. 2. С. 225–233.
2. Ионные жидкости: теория и практика (Проблемы химии растворов). Иваново: АО «Ивановский издательский дом», 2019.
3. Игнатъев Н.В., Вельц-Бирман У., Вильнер Х. Российский химический журнал. 2004. Т. 48, №. 6. С. 36–39.

КОРРОЗИОННО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ Mn₅Si₃-ЭЛЕКТРОДА В СЕРНОКИСЛОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ

Полковников И.С., Шеин А.Б.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Снижение коррозионных потерь материалов, используемых в агрессивных средах в промышленности, является актуальной задачей. Одним из вариантов решения данной проблемы является применение материалов, обладающих уникальными характеристиками. Силициды переходных металлов имеют ряд особенностей: высокую прочность связи металл-кремний, образование пассивирующих оксидных слоев и термическую и коррозионную стабильность. Благодаря этим характеристикам силициды находят применение в различных областях науки и техники [1–3].

Целью настоящей работы является установление основных закономерностей катодного выделения водорода и анодного растворения и пассивации силицида марганца (Mn₅Si₃) в сернокислых электролитах, определение роли марганца и кремния в кинетике электрохимических процессов.

Методами поляризационных измерений и импедансной спектроскопии проведено исследование электрохимического поведения Mn₅Si₃-электрода при температуре 25°C в условиях естественной аэрации в неперемешиваемых растворах растворах x М H₂SO₄ + (0,5- x) М Na₂SO₄ ($x = 0,5; 0,35; 0,20; 0,05$).

Показано, что силицид марганца Mn₅Si₃ в сернокислом электролите относится к материалам с высоким перенапряжением реакции выделения водорода. Катодные кривые силицида в области потенциалов от -0,46 до -0,73 В характеризуются линейным участком с наклоном 0,176–0,180 В, при $E < -0,73$ В наблюдается понижение наклона с ростом катодной поляризации. Отмечено присутствие на поверхности электрода при невысоких катодных поляризациях тонкой оксидной пленки, состоящей преимущественно из диоксида кремния.

Установлено, что анодное поведение Mn₅Si₃-электрода в сернокислых растворах во всем исследованном диапазоне потенциалов (от E коррозии до E перепассивации включительно) определяется наличием на поверхности силицида барьерной пленки, которая состоит преимущественно из SiO₂. В отличие от кремния, который образует нерастворимую пленку SiO₂, марганец обладает низкой устойчивостью в кислых средах. Металл химически и электрохимически растворяется с образованием водорода. Ток растворения имеет небольшие значения, что указывает на влияние оксидной пленки, которая блокирует поверхность. Вследствие этого силицид марганца обладает высокой химической стойкостью. Определены значения констант анодирования во всех растворах ($d\delta/dE = 0,73...0,98$ нм/В) и удельного сопротивления оксидной пленки ($\rho \sim 10^{12}$ Ом·см) на Mn₅Si₃-электроде.

Список литературы

1. Шеин А. Б. Электрохимия силицидов и германидов переходных металлов. Пермь: Перм. гос. ун-т, 2009.
2. Borisenko V.E. Semiconducting silicides. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000.
3. Tam P.L., Cao Y., Jelvestam U., Nyborg L. Surf. Coat. Technol. 2011. V. 206. P. 1160–1167.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИКОРРОЗИОННОГО ЭФФЕКТА ОПЫТНОЙ СМАЗОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ЛЕЗВИЙ НОЖНИЦ КАПЕЛЬНОГО ПИТАТЕЛЯ СТЕКЛОФОРМИРУЮЩИХ МАШИН

Пономарев Д.А.^{1,2}, Красновских М.П.^{1,2}, Щербань М.Г.¹

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² ООО «НПП СИНТЕЗ», Пермь, Россия

ООО "НПП СИНТЕЗ" выпускает водосмешиваемую смазку Gelltex-417 [1, 2], предназначенную для смазывания и охлаждения лезвий ножниц капельного питателя стеклоформирующих машин. Смазка состоит из смеси масел и неионогенных ПАВ. Научный коллектив предприятия ведет исследования по разработке новой, усовершенствованной смазки на основе Gelltex-417. Данная смазка (условный шифр КМ-10) отличается от Gelltex-417 наличием в своем составе катионных и анионных ПАВ.

Для определения антикоррозионного эффекта смазки использован гравиметрический метод [3, 4]. Результаты испытаний – значения массового показателя коррозии К и защитного эффекта Z- представлены в таблице.

Табл. Влияние смазок Gelltex-417 и КМ-10 на коррозионные характеристики стали Р6М5 в дистиллированной и хозяйственно-питьевой воде

Смазка	Дистиллированная вода		Вода с ионами жесткости	
	К, г/см ² *ч	Z, %	К, г/см ² *ч	Z, %
G-417	6.01	38.54	11.16	5.13
КМ-10	0.01	99.90	8.23	30.04
хол. опыт	9.78	-	11.76	-

Эмульсия смазки G-417 в дистиллированной воде оказалась термически неустойчивой, поэтому защита от коррозии, обеспечиваемая смазкой, была недостаточно высока. Модифицирование G-417 привело к значительному увеличению защитного эффекта.

Низкий защитный эффект обеих смазок в хозяйственно-питьевой воде обусловлен тем, что в их отсутствие на поверхности металла образуется защитная пленка из солей жесткости, предохраняющая металл от коррозии. При использовании смазок некоторые из их компонентов могут взаимодействовать с ионами жесткости, образуя комплексные соединения. Это препятствует формированию солевой плёнки на поверхности металла и способствует усилению коррозионного процесса.

Таким образом, КМ-10 обладает лучшими антикоррозионными свойствами по сравнению со смазкой G-417 в обеих исследованных средах. В настоящее время планируются испытания модифицированной G-417 на стекольных заводах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Пермского НОЦ «Рациональное недропользование».

Список литературы

1. Продукты для стеклотарной промышленности. Режим доступа: <https://nppsintez.com/product/produkty-dlya-steklotarnoy-promyshlennosti> (дата обращения: 14.11.2021).
2. Прайс-лист. Режим доступа: <http://promchim.com/upload/price-list.pdf> (дата обращения: 14.11.2021)
3. ГОСТ 9.502-82-1984 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Ингибиторы коррозии металлов для водных систем. М.: Издательство стандартов, 1993. 17 с.
4. Пономарев Д.А., Плотникова М.Д., Шеин А.Б. и др. Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2018. Т. 8, №. 3. С. 349–359.

СИЛИЦИДЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Пономарева А.Е., Третьякова В.В., Симонов Г.А., Приемская П.Е.,
Пантелеева В.В., Шеин А.Б.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Электролиз является наиболее перспективной технологией получения водорода в будущем. Достоинствами электролитического метода являются высокая чистота получаемого водорода, простота технологического процесса, его непрерывность, возможность наиболее полной автоматизации, получение ценного побочного продукта (кислород), общедоступное и неисчерпаемое сырье, гибкость процесса и возможность получения водорода непосредственно под давлением. До 90% стоимости электролитического водорода составляют затраты на электроэнергию. Снижение энергозатрат при электролитическом получении водорода (прежде всего, через снижение перенапряжения выделения водорода) за счет использования эффективных и недорогих электродных материалов является актуальной научно-технической задачей.

Материалы, используемые для получения водорода, должны обладать высокими электрокаталитическими свойствами и при этом быть коррозионно-стабильными как в условиях протекания процесса, так и во время перерывов электролиза для исключения изменения состояния поверхности и кинетических закономерностей катодного процесса. С этой точки зрения силициды переходных металлов являются перспективными электродными материалами (рядом авторов отмечены высокая электрохимическая активность силицидов в реакции выделения водорода (р.в.в.) и их коррозионная стойкость).

В настоящей работе исследована электрокаталитическая активность силицидов переходных металлов (MoSi_2 , TiSi_2 , FeSi_2) в реакции выделения водорода в щелочном электролите, определены кинетические закономерности р.в.в. на силицидах.

Катодные поляризационные кривые MoSi_2 -, TiSi_2 - и FeSi_2 -электродов в 1,0 М NaOH характеризуются тафелевским участком с наклоном 0,068; 0,109 и 0,134 В и величиной перенапряжения выделения водорода при $i = 1 \text{ А/см}^2$, равной 0,47; 0,74 и 0,76 В, соответственно. Таким образом, исследованные силициды в щелочном растворе относятся к материалам с невысоким перенапряжением выделения водорода и, следовательно, представляют перспективные электродные материалы для водородной энергетики. Электрохимическая активность силицидов в р.в.в. возрастает в ряду: $\text{FeSi}_2 < \text{TiSi}_2 < \text{MoSi}_2$.

Спектры импеданса TiSi_2 - и FeSi_2 -электродов при потенциалах тафелевской области состоят из емкостной полуокружности со смещенным центром, спектры импеданса MoSi_2 -электрода – из емкостной полуокружности при высоких частотах и индуктивной дуги при низких частотах. Вид графиков импеданса изученных силицидов указывает на стадийный характер р.в.в.; для их описания требуется не менее двух временных констант. Для моделирования спектров импеданса использована эквивалентная электрическая схема, фарадеевский импеданс которой состоит из последовательно соединенных сопротивления переноса заряда R_1 и параллельной R_2C_2 -цепочки (при $R_2 > 0$, $C_2 > 0$ для TiSi_2 , FeSi_2 ; при $R_2 < 0$, $C_2 < 0$ для MoSi_2), отвечающей адсорбции атомарного водорода на поверхности электрода; импеданс двойнослойной емкости моделируется элементом постоянной фазы CPE_1 . Результаты определения численных значений параметров эквивалентной схемы проанализированы в зависимости от потенциала в полулогарифмических координатах.

На основе постоянно- и переменноточковых диагностических критериев механизмов р.в.в. установлено, что кинетические параметры катодного процесса на MoSi_2 , TiSi_2 и FeSi_2 в щелочном электролите близки к теоретическим для замедленной стадии переноса заряда в маршруте разряд – электрохимическая десорбция.

1,3-ДИПОЛЯРНОЕ ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЕ «ОСНОВАНИЯ ГЕКТОРА» К ДИМЕТИЛОВОМУ ЭФИРУ АЦЕТИЛЕНДИКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ

Пугачева Е.Ю., Мастерова Ю.Ю., Кострюков С.Г.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия

Известно, что электронодефицитные алкины проявляют высокую активность в реакциях 1,3-диполярного циклоприсоединения [1]. Эти реакции открывают путь к получению функционально замещённых пятичленных гетероциклов, представляющих интерес в качестве веществ с потенциально высокой биологической активностью [2]. Так, среди фармацевтических препаратов, содержащих 1,3-тиазольный фрагмент, можно отметить ритонавир, прамипексол, фамотидин, фебуксостат и зипрасидон.

В данной работе исследовано взаимодействие диметилового эфира ацетилендикарбоневой кислоты **1** с некоторыми 5-имино-*N*,4-диарил-4,5-дигидро-1,2,4-тиадиазол-3-аминами **2a-e** «основания Гектора», которые легко получают при окислении *N*-арилтиомочевин в этаноле 30%-ным раствором H₂O₂ [3] (рисунок 1).

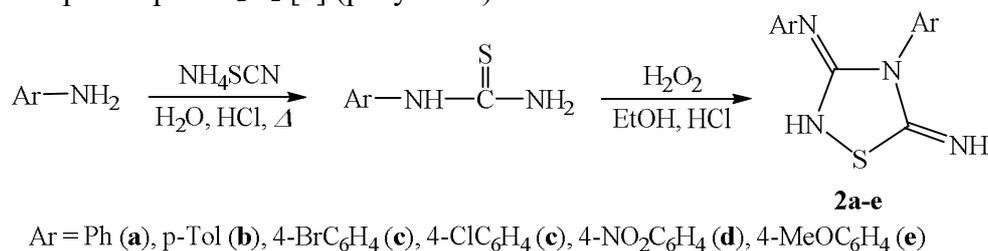


Рис. 1. Схема получения «оснований Гектора»

Реакции соединения **1** с «основаниями Гектора» **2a-e** проводили в хлороформе при 20°C в течение 24 ч. В каждом случае были получены смеси, состоящие из *N*-арилцианамидов **3a-e** и соответствующих производных 1,3-тиазолов **4a-e** (рисунок 2).

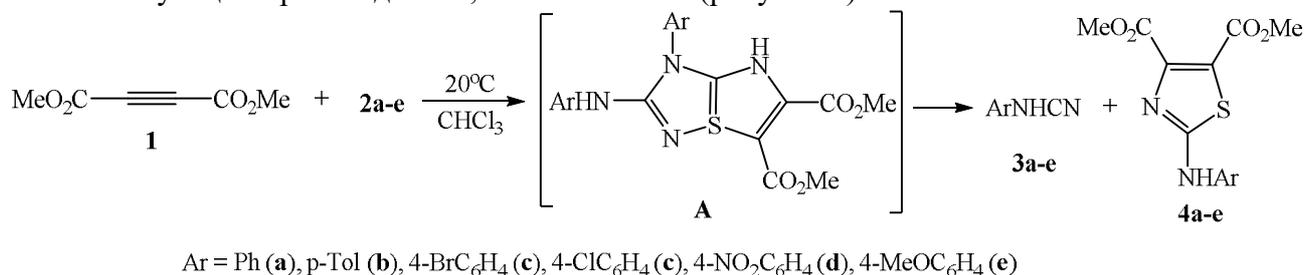


Рис. 2. Реакция 1,3-диполярного присоединения «оснований Гектора» к соединению **1**

Все соединения **3a-e** и **4a-e** выделены в индивидуальном состоянии с помощью флеш-хроматографии на силикагеле и охарактеризованы спектрами ИК, ЯМР ¹H и ¹³C, данными элементного анализа. По нашему мнению, образование тиазолов **4a-e** происходит через циклический сульфуранный интермедиат **A**, при распаде которого на ряду с тиазолами **4a-e** образуются также *N*-арилцианамиды **3a-e**.

Список литературы

1. Gao D., Zhai H., Parvez M., Back T.G. *J. Org. Chem.* **2008**, 73, 8057-8068. Doi 10.1021/jo801621d.
2. Baumann M., Baxendale I.R., Ley S.V., Nikbin N. Beilstein *J. Org. Chem.* **2011**, 7, 442-495. Doi 10.3762/bjoc.7.57.
3. Diwakar K., Sonar P.K., Mishra M., Tripathi A.C., Saraf S.K. *Med. Chem. Res.* **2016**, 25, 2631-2642. Doi 10.1007/s00044-016-1697-5.

**1,3-ДИПОЛЯРНОЕ ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЕ
N-АРИЛ-3-(АРИЛАМИНО)-3H-1,2,4-ДИТИАЗОЛ-5-АМИНОВ
К ДИМЕТИЛОВОМУ ЭФИРУ АЦЕТИЛЕНДИКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ**

Пугачева Е.Ю., Мастерова Ю.Ю., Кострюков С.Г.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия

1,3-Диполярное присоединение к электронодефицитным алкинам является удобным способом получения функционально замещённых пятичленных гетероциклов [1], представляющих значительный интерес в качестве веществ с потенциально высокой биологической активностью [2]. 1,3-Тиазолы являются одним из важнейших классов гетероциклических соединений – циклическая система тиазола распространена как в природных, так в синтетических производных, проявляющих разнообразные виды биологической активности [3].

В данной работе исследовано взаимодействие диметилового эфира ацетилендикарбоновой кислоты **1** с некоторыми 1,2,4-дитиазолидинами **2a-c**, которые были синтезированы взаимодействием 1,5-диарил-2,4-дитиобиуретов с этанольным раствором иода и последующей обработкой образующихся гидроиодидов *N*-арил-3-(ариламино)-3H-1,2,4-дитиазол-5-аминов 12%-ным водным раствором NH₄OH. 1,5-Диарил-2,4-дитиобиуреты, в свою очередь, были получены реакциями *N*-арилтиомочевин с соответствующими арилизотиоцианатами (рисунок 1).

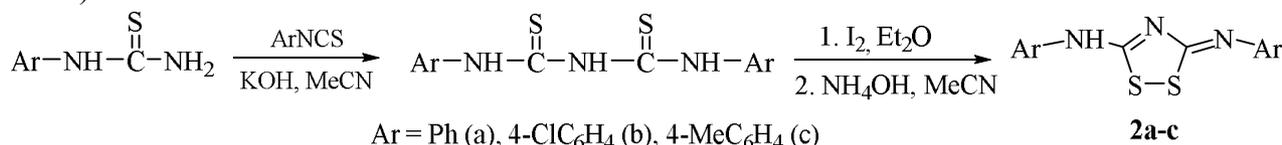


Рисунок 1. Схема получения *N*-арил-3-(ариламино)-3H-1,2,4-дитиазол-5-аминов **2a-c**

Реакции ацетилена **1** с 1,2,4-дитиазол-5-аминами **2a-c** проводили в этаноле при кипячении в течение 1 ч. При этом в каждом случае был получен единственный продукт, представляющий собой производное *N*-1,3-тиазолиден-*N*-арилтиомочевины **4a-c** (рисунок 2).

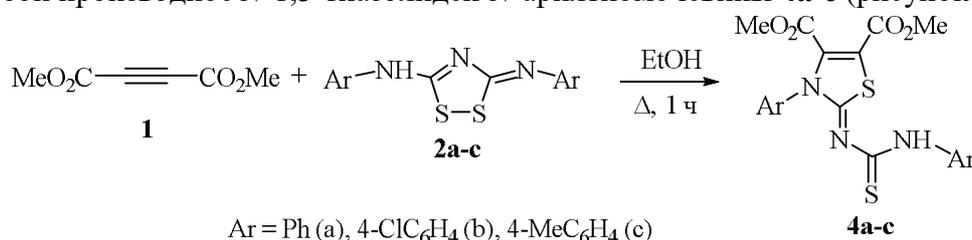


Рис. 2. Реакция 1,3-диполярного присоединения 1,2,4-дитиазолидинов **2a-c** к соединению **1**

Соединения **4a-c** были получены в индивидуальном виде перекристаллизацией и охарактеризованы ИК, ЯМР ¹H и ¹³C спектрами и данными элементного анализа.

Список литературы

1. Back T.G., Clary K.N., Gao D. Chem. Rev. **2010**, 110, 4498-4553. doi 10.1021/cr1000546.
2. Baumann M., Baxendale I.R., Ley S.V., Nikbin N. Beilstein J. Org. Chem. **2011**, 7, 442-495. doi 10.3762/bjoc.7.57.
3. Petrou A., Fesatidou M., Geronikaki A. Molecules. **2021**, 26, ID 3166. doi 10.3390/molecules26113166.

ИМПРЕГНИРОВАНИЕ АСБЕСТА СОЛЯМИ НИКЕЛЯ И КОБАЛЬТА

Пунтусевичус Е.А., Фомин В.Н., Байкенов М.И., Айтбекова Д.Е., Тусипхан А.

Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан

В нефтехимии минералы асбестового ряда, такие как силикатный хризотил-асбест, используются в качестве носителя для катализатора. Пористая структура асбеста, состоящего из тончайших гибких волокон, позволяет адсорбировать и крепко удерживать атомы внутри пор, а большая площадь поверхности обеспечивает высокую активность этих атомов в химических реакциях.

Самыми доступными, но тем не менее эффективными, катализаторами в процессах гидрирования являются никель и кобальт.

Простым и зарекомендовавшим себя способом нанесения катализатора на носитель является пропитка растворимыми солями. Катализаторы, приготовленные таким образом, содержат металл, диспергированный на поверхности носителя в виде небольших кристаллов, различного размера, которые очень стабильны и высоко активны.

Для нанесения никеля и кобальта на поверхность хризотил-асбеста подходит пропитка обработанного асбеста хлоридами этих металлов. Их оксиды хорошо растворяются в соляной кислоте и разлагаются до чистого металла при прокаливании полученного катализатора. Также сопутствующие реакции вымывания магния (для замещения его металлами) и отмывки от различных примесей хорошо сказываются на качестве полученного катализатора.

Металлы почти полностью адсорбируются на поверхности, как показало фотоспектрометрическое исследование фильтра, после пропитки катализатора 83-98 % металла адсорбировалось.

Точный состав катализатора не может быть определен, поэтому чтобы получить катализатор заданного состава имеет смысл применять математическое планирование эксперимента.

Одним из методов математического планирования является вероятностно детерминированное планирование эксперимента, основанное на использовании латинских квадратов. Применение латинских квадратов позволяет добиться сочетания каждого из уровней каждого из факторов с остальными один и только один раз. Это обеспечивает равноценность вклада всех факторов в получаемую математическую модель, и, как следствие, статистическую достоверность результатов использования плана

Применяя ВДПЭ получены следующие уравнения, описывающие влияние варьируемых факторов на состав катализатора:

$$Y = (1.099e^{-0.0131X_1} X_1^{0.065} + 0.949e^{0.006826X_2} X_2^{-0.0514} + 1.005e^{-0.00129X_3} X_3^{-0.02168} - 1.8846$$

– описывает эксперимент для кобальта с коэффициентами $R = 0.9305$ и $tR = 15.507$.

$$Y = (1.121e^{-0.1449X_1} X_1^{0.07625} + 0.9887e^{-0.01438X_2} X_2^{0.0008079} + 0.867e^{-0.004384X_3} X_3^{0.07234} - 1.9482$$

– описывает эксперимент для никеля, с коэффициентами $R=0.831$ и $tR=6.005$

Фактор 1 – концентрация HCl, фактор 2 – концентрация никеля, фактор 3 – концентрация кобальта.

НОВЫЕ КАРБОКСИЛАТСОДЕРЖАЩИЕ КОМПЛЕКСЫ U(VI), Np(VI) И Pu(VI)

Пушкин Д.В.¹ Уханов А.С.¹, Савченков А.В.¹, Григорьев М.С.², Федосеев А.М.²

¹ Самарский национальный исследовательский университет
им. академика С.П. Королева, Самара, Россия

² Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия

Осуществлен синтез новых комплексов U(VI), Np(VI) и Pu(VI), содержащих в качестве лигандов галогенацетат-, итаконат-, кротонат- и бутират-ионы. Для всех синтезированных соединений установлена кристаллическая структура и проведен кристаллохимический анализ в рамках стереоамтомной модели строения кристаллических веществ, опирающейся на характеристики полиэдров Вороного-Дирихле.

На примере хлор- и бромацетатсодержащих комплексов, а также полиморфных модификаций кротоната и бутирата уранила продемонстрированы возможности метода анализа невалентных взаимодействий, основанного на использовании молекулярных полиэдров Вороного-Дирихле.

Проведен анализ характеристик полиэдров Вороного-Дирихле для U-подрешеток в структурах обсуждаемых соединений и установлено выполнение правила 14 соседей в большинстве случаев.

Установлены типы координации галогенацетат- и итаконат-ионов в структурах синтезированных соединений, а также соединений, данные о которых содержатся в Cambridge Structural Database System. Предложен модифицированный вариант записи типов координации лигандов и кристаллохимических формул комплексов.

Изучены кристаллохимические особенности проявления актинидного сжатия и показана возможность использования характеристик полиэдров Вороного-Дирихле для описания этого эффекта.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТРУВИТА В КАЧЕСТВЕ ГАЗОГЕНЕРИРУЮЩЕГО И ОХЛАЖДАЮЩЕГО КОМПОНЕНТА ОГНЕТУШАЩИХ ПОРОШКОВЫХ СОСТАВОВ

Пьянкова А.В., Кондрашова Н.Б., Вальцифер И.В.

Институт технической химии УрО РАН (филиал ПФИЦ УрО РАН), Пермь, Россия

На текущий момент важной задачей отрасли пожаротушения является поиск новых эффективных составов, а также повышение эффективности существующих [1]. Повысить удельную эффективность огнетушащих порошковых составов (ОПС) возможно за счёт внесения в их состав кристаллогидратов. Термолиз данных веществ сопровождается поглощением тепла и образованием большого количества негорючих газов, что приводит к снижению температуры в зоне горения, в результате чего обеспечивается высокая эффективность тушения [2, 3]. В качестве модельного вещества в данной работе выбран струвит (магний аммоний фосфат 6 – водн.), поскольку он является одним из наиболее распространённых малорастворимых кристаллогидратов.

Поскольку эффективность тушения зависит от размера частиц огнетушащего порошка, в данной работе исследовали частицы разного размера. Регулировали размер частиц струвита путём введения поверхностно – активных веществ в маточный раствор.

Оценку охлаждающего эффекта в процессе термического разложения исследуемых кристаллогидратов, провели методами ТГА и ДСК (табл.).

Таблица. Данные термических испытаний

Образец	Общая потеря массы, %	Начальная температура эффекта, °С		Конечная температура эффекта, °С		Тепловой эффект, Дж/г	
		I ст.	II ст.	I ст.	II ст.	I ст.	II ст.
А	41,3	47	171	173	323	384	710
Б	49,8	52		191,1		1280,6	
В	52,1	52		191,1		-1313,6	
Г	51,9	45		194,2		-1361,9	

Проведённые исследования термического поведения образцов показали, что уменьшение размера частиц струвита приводит к увеличению эндоэффекта при его термодеструкции на 12-19%, и на ~30% по сравнению с аммофосом.

Исходя из этого, струвит кристаллогидраты магний аммоний фосфата с повышенной охлаждающей способностью могут рассматриваться как перспективные компоненты огнетушащих порошковых составов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Правительства Пермского края в рамках научного проекта "Огнетушащий порошковый состав комбинированного газогенерирующего воздействия" 18.03.2021 № С-26/543. Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Исследования материалов и вещества» ПФИЦ УрО РАН.

Список литературы

1. Xiaomin N., Chow W.K., Guangxuan L. Journal of applied fire science. 2009. V. 18. P. 155–191.
2. Kuang K., Huang X., Liao G. Process Safety and Environmental Protection. 2008. V. 86, № 3, P. 182–188.
3. Zhang S., Shi H.-S., Huang S.-W., Zhang P. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2013. V. 111. № 1. P. 35–40.

СОЧЕТАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ ПОСТОРОННИХ КОМПОНЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ

Редькин Н.А., Лобачев А.Л., Лобачева И.В.

Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева,
Самара, Россия

В промышленности широко используются технологические жидкости различного происхождения, от качества которых зависит стабильность работы оборудования и его сохранность. Примеси, в зависимости от назначения технологических жидкостей, могут способствовать коррозии оборудования, изменять вязкостных характеристики, повышать коэффициенты трения, катализировать нежелательные химические процессы. Загрязнение технологических жидкостей может происходить на стадии их получения, заполнения агрегатов и оборудования, а также в процессе эксплуатации. Идентификация примесных компонентов позволяет выявить случаи фальсификации технологических жидкостей, а также оптимизировать условия протекания технологических процессов.

Целью данной работы была разработка общего подхода, который можно применять для определения загрязнителей или продуктов превращения компонентов технологических жидкостей в процессе их эксплуатации.

Схема обнаружения примесных компонентов включает в себя следующие стадии:

1. Определение природы жидкости на основании ИК спектров. Данная стадия необходима для определения полярности матричных компонентов и оценки содержания посторонних компонентов. ИК спектры загрязненных технологических жидкостей сравниваются с имеющимися незагрязненными жидкостями, используемыми в качестве стандартов или библиотечными ИК спектрами. Значительные отличия в ИК спектрах наблюдаются только при концентрации примеси выше 3-5%.

2. Фракционирование пробы или выделение компонентов с использованием методов экстракции, сорбции, тонкослойной хроматографии или их сочетания. Данная стадия направлена на отделение примесных компонентов от компонентов матричной жидкости. При низких концентрациях примесей наиболее удобными являются методы сорбции компонентов на твердых адсорбентах (силикагеле, в том числе модифицированном, оксиде алюминия и других). Для высоких концентраций примесей удобнее использовать экстракцию или тонкослойную хроматографию.

3. Идентификация компонентов по их ИК спектрам и, при необходимости, привлечение дополнительных методов идентификации

Для достижения поставленной задачи не всегда требуется выполнения всех трех стадий обнаружения примесей. При высокой концентрации загрязнителей они могут быть определены с использованием библиотечных или стандартных ИК спектров. Также данная схема анализа может быть дополнена испытаниями технологических жидкостей согласно нормативным документам, а также лабораторным моделированием процессов, способных привести к появлению соответствующих примесей.

В работе были исследованы: осушители на основе триэтиленгликоля, смазочные масла, вакуумные смазки, антифризы. Применение полученной схемы анализа позволило показать эффективность предложенного подхода: в исследуемых осушителях были обнаружены продукты окисления триэтиленгликоля; в смазочных маслах – металлические частицы, образовавшиеся за счет истирания механизмов; в антифризах – масляные загрязнения. При анализе вакуумных смазок было показано, что примесями являются компоненты ранее использованного вакуумного масла, что позволило установить факт нарушения технологии их замены.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта FSSS-2020-0016 в рамках выполнения госзадания Министерства образования и науки РФ

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСА АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Редькин Н.А., Лобачев А.Л., Юров В.В.

Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева,
Самара, Россия

Эпоксидные композиты, благодаря своим прочностным и эксплуатационным свойствам нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. Особенное значение композиты на основе эпоксидных смол играют в автомобилестроении, авиационной и ракетно-космической технике, так как позволяют создавать легкие и прочные конструкции. Вместе с тем, эпоксидные смолы в чистом виде практически не применяются. Современные композиты кроме эпоксидной смолы и отвердителя содержат широкий комплекс наполнителей: армирующие материалы, пластификаторы, пигменты и другие. Многие новые материалы содержат специфические, в том числе наноструктурные компоненты.

Качество эпоксидных композитов и эпоксидных покрытий определяется условиями их получения, соблюдением рецептуры, свойствами и равномерностью распределения в объеме композита используемых наполнителей. Определение причин преждевременного разрушения конструкций и покрытий из эпоксидных смол часто требует проведения не только физических испытаний, но и определения химического состава.

Целью данной работы было исследование возможностей применения комплекса аналитических методов и приемов для определения состава композитов на основе эпоксидных смол, содержащих специфические наполнители.

Для отработки процедуры анализа использовали композиционные материалы, полученные с использованием нескольких типов эпоксидных смол и связующих. В качестве наполнителей использовали углеродные наполнители, полимеры, наночастицы целлюлозы, порошки и оксиды металлов. Дисперсные наполнители смешивали с эпоксидной смолой под действием интенсивного перемешивания и ультразвука, полимеры вносили в виде растворов в подходящих растворителях с последующим выпариванием растворителя из раствора при действии ультразвука.

Анализ эпоксидных смол целесообразно начинать с записи спектров ИК и РФА, что позволяет оценить наличие специфических компонентов на основе основных частот поглощения и элементного анализа. Далее принципы анализа неотвержденных и отвержденных эпоксидных смол различаются.

Для анализа неотвержденных эпоксидных смол удобно отделять наполнители фильтрованием или центрифугированием после растворения пробы смолы и отвердителя в подходящем растворителе, а затем проводить анализ раствора и осадка отдельно.

Для отвержденных смол необходимо использовать измельчение с последующей экстракцией неотвержденной фракции и низкомолекулярных компонентов. Далее анализ необходимо проводить после гидролиза эпоксидной смолы минеральными кислотами с последующей экстракцией продуктов гидролиза. В этом случае достигается хорошая сохранность углеродных наполнителей, полимеров и наночастиц целлюлозы. Подобрать условия, при которых порошки и оксиды металлов оставались в неизменном виде на данный момент не удалось.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта FSSS-2020-0016 в рамках выполнения госзадания Министерства образования и науки РФ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РТУТИ И ВИСМУТА С ДИТИЗОНОМ В ВОДНОЙ РАССЛАИВАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЕ АНТИПИРИН – СУЛЬФОСАЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА – СУЛЬФАТ НАТРИЯ – ВОДА

Рогожников С.И.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Начиная с конца 20 века большое распространение в науке получило направление, названное «Зеленая» химия. «Зеленая» химия является принципиально новым инновационным подходом к решению экологических проблем, где главный акцент делается на предотвращении загрязнений уже на начальных стадиях планирования и осуществления химических процессов, на стремление к сокращению или полному отказу от использования опасных и токсичных химических веществ и процессов.

1998 г. П. Анастас и Дж. Уорнер в книге «Зеленая химия: Теория и практика» сформулировали 12 принципов «Зеленой» химии. Среди них есть такой принцип: во всех возможных случаях надо стремиться к использованию процессов, веществ, растворителей и экстрагентов максимально безопасных для здоровья человека и окружающей среды.

В частности, одним из направлений «зеленой» химии является переход от токсичных хлорорганических растворителей (хлороформ, четыреххлористый углерод, дихлорэтан) к водным растворам. В этом смысле работы по использованию для экстракции ионов металлов водных расслаивающихся систем без органического растворителя, начатые на кафедре аналитической химии Пермского университета в середине 1980-х годов, предвосхитили, появившиеся позднее, идеи американских ученых о «Зеленой химии», так как устраняли из процесса экстракции легколетучие и токсичные органические растворители.

Полностью отвечает идеям «Зеленой химии» водная расслаивающаяся система антипирин – сульфосалициловая кислота – сульфат натрия – вода, поскольку все 3 твердых вещества являются безопасными соединениями, а единственным жидким компонентом системы является вода. Нижняя фаза указанной расслаивающейся системы представляет собой подвижную прозрачную жидкость, пригодную для фотометрирования.

Окрашенную фазу в данной системе дают ограниченное количество ионов. Возможности экстракционно-фотометрического метода можно значительно расширить, если вводить в систему известные экстракционно-фотометрические реагенты, в частности дитизон. Однако у последнего имеется существенный недостаток – практически всегда он используется в виде раствора в хлороформе или четыреххлористом углероде.

Нами разработаны методы определения ртути ($\lambda=495$ нм, $\epsilon=5,9 \cdot 10^4$) и висмута ($\lambda=485$ нм, $\epsilon=8,0 \cdot 10^4$) с дитизоном, полностью устраняющие при работе указанные выше токсичные хлорорганические растворители, поскольку дитизон в систему вводили в виде водного раствора щелочи.

Достоинствами разработанных методов являются: безопасность работы, простота и быстрота проведения анализа, высокая избирательность, чувствительность и воспроизводимость результатов, использование широко распространенных реагентов, отсутствие необходимости регулировки pH среды.

Список литературы

1. Иванчев Г. Дитизон и его применение, М.: Изд. ин. лит., 1961.
2. Дегтев М.И., Рогожников С.И., Попова О.Н. Экстракция в расслаивающихся системах антипирина и его производных. Антипирин и диантипирилалканы как экстракционные реагенты. Германия: LAPLAMBERT Academic Publishing, 2013.

КАТИОНООБМЕННОЕ РАСТВОРЕНИЕ И АНИОНООБМЕННОЕ ОСАЖДЕНИЕ КАК РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ В ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Сайкова С.В.^{1,2}, Пантелеева М.В.²

¹ Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

² Институт химии и химической технологии Сибирского отделения Российской Академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ, Красноярск, Россия

Повышение интереса к ионообменным технологиям, наблюдающееся во всем мире, связано с необходимостью переработки бедного сырья и производственных отходов, содержащих низкие концентрации ценных компонентов. Именно при выполнении такого рода задач проявляются основные преимущества ионного обмена. Осуществление принципа совмещения реакционных и массообменных процессов, т.е. проведения в одном реакционном пространстве одновременно химического превращения и отделения продуктов реакции, позволяет осуществлять химическое превращение с почти 100 % конверсией, при этом селективность процессов повышается, а энергетические затраты существенно снижаются.

В данной работе рассматриваются научные основы и даются примеры практического применения новых совмещенных реакционно-ионообменных процессов – катионообменное растворение и анионообменное осаждение. При их осуществлении кислота или осадитель (щёлочь, соль) не вводятся в систему, а образуются в ходе ионного обмена в эквивалентных количествах, т.к. используются катионит в водородной форме или анионит в ОН- или солевой формах. Особенностью данных процессов, отличающих их от традиционного ионного обмена, является то, что в данном случае осуществляется не только сорбция ионов, т.е. отвод их из зоны реакции, но генерируется и обратный диффузионный поток – приток эквивалентного количества реагента в реакционную зону, что не только обеспечивает более быстрое и полное протекание процесса, но и позволяет его осуществлять в стационарном режиме.

Данные процессы протекают в мягких условиях, которые легко поддаются контролю, что позволяет, в частности, проводить селективное извлечение нужного компонента из минерального или техногенного сырья или получать однородные по структуре, составу и морфологии, а также близкие по свойствам частицы.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ОТВЕРДИТЕЛЕЙ НА АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ ПО ОТНОШЕНИЮ К СТЕКЛОТКАНИ

Саломасова Е.А.¹, Щербань М.Г.¹, Федосеев М.С.², Державинская Л.Ф.²

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² Институт технической химии УрО РАН (филиал ПФИЦ УрО РАН), Пермь, Россия

Эпоксидные смолы широко применяются для создания клеящих композиций [1], для которых важнейшим показателем является высокая адгезия к субстрату, характеризующаяся величинами краевого угла смачивания и интенсивностью растекания клея по поверхности подложки [2].

В работе исследовано влияние природы отвердителя на адгезию полимерных составов на основе эпоксидных смол к стеклоткани. Для этого методом лежащей капли [3] были измерены краевые углы смачивания 2-х образцов стеклотканей различного плетения эпоксидными смолами и их композициями в присутствии различных отвердителей (рис.).

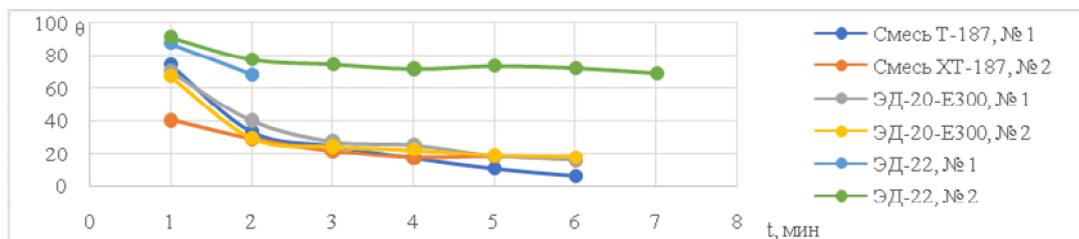


Рис. Изменение краевого угла смачивания во времени для различных композиций

Значения работы адгезии, вычисленной по уравнению Юнга $W_a = \sigma_{ж-г}(1 + \cos\theta)$ приведены в таблице:

Табл. Значения работ адгезии эпоксидных смол к стеклотканям

Состав	W_a , мН/м		Состав	W_a , мН/м	
	Обр. 1	Обр. 2		Обр. 1	Обр. 2
ЭД-22	57,2	61,4	ЭД-22-Е300	51,6	51,0
Смесь смол	61,9	64,2	УП-643-	80,9	86
Смесь смол-ХТ-187	89,2	88,2	ИМГТФА		

Выводы

1. Введение отвердителя в эпоксидную смолу снижает поверхностное натяжение и краевой угол смачивания, что выражается в росте адгезионных взаимодействий
2. Тип плетения стеклоткани слабо влияет на адгезионные взаимодействия клеевой композиции с подложкой
3. Наилучшая смачивающая способность отмечается для полимерных композиций, содержащих в своём составе аминогруппы – Е-300 и ХТ-187

Список литературы

1. Финкельштейн М.И. Промышленное применение эпоксидных лакокрасочных материалов. Л.: Химия, 1983.
2. Богданова Ю.Г. Адгезия и её роль в обеспечении прочности полимерных композитов. Москва: изд-во МГУ, 2010.
3. Шукин Е.Д. Коллоидная химия: учебник для университетов и химико-технологических вузов. М.: Высшая школа, 2004.

ЛИСТВЕННЫЙ ОПАД КАК ИСТОЧНИК РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Сарапульцева П.Ю.¹, Исидоров В.А.²

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² Белостокский технический университет, Белосток, Польша

По имеющимся оценкам в пресноводные экосистемы ежегодно поступает около 2,9 Пг углерода в составе листового опада [1]. Этот материал подвергается микробиологическому разложению в анаэробных условиях, приводящему к образованию важных «парниковых» газов: метана и углекислого газа. Кроме того, из опада вымываются водорастворимые органические вещества (РОВ), которые участвуют в формировании пула органического углерода наряду с автохтонной растительностью (микро- и макроводоросли). Легкоусвояемые РОВ ассимилируются водными макроорганизмами и влияют на их жизнедеятельность. Однако в доступной литературе отсутствуют сведения о химическом составе РОВ, вымываемых из листового опада.

В лабораторных условиях проведено изучение состава вымываемых из опада РОВ с использованием описанного в работе [2] подхода. Для исследования использовали свежий опад шести видов листопадных (два вида берёзы, граб, ольха чёрная, осина, дуб черешчатый) и двух видов вечнозелёных деревьев (сосна обыкновенная и ель европейская). Выделение РОВ и их дальнейшую идентификацию осуществляли с помощью твердофазной экстракции и хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС). сравнительной характеристики общего количества РОВ определяли химическое потребление кислорода водных экстрактов спектрофотометрическим методом.

Установлено, что химический состав вымываемых соединений видоспецифичен. В экстрактах всех видов опада идентифицировано более 100 органических соединений разных классов. По данным анализа ГХ-МС, главная фракция РОВ в большинстве случаев образована простыми сахарами и гликозидами. Исключением является опад березы пушистой, главная фракция идентифицированных РОВ которой состояла из сесквитерпеноидов. Значительный вклад в состав РОВ вносят также разнообразные ароматические соединения (фенолкарбоновые кислоты) и алифатические кислоты. Химическое потребление кислорода в расчете на 1 г листвы находится в интервале 513–1439 мг О₂/дм³ и уменьшается в ряду: осина > черная ольха > граб > береза бородавчатая > береза пушистая ≈ дуб черешчатый > сосна > ель. Таким образом установлено, что листовый опад должен рассматриваться в качестве важного источника растворенного органического углерода пресноводных экосистем.

Дальнейшее развитие начатых исследований заключается в изучении процессов вымывания органических соединений из листового опада в сухопутных (лесных) экосистемах на разных стадиях его разложения, а также влияния кислотных дождей на состав РОВ и на скорость разложения опада.

Список литературы

1. Yakimovich K.M., Emilson E.J.S., Carson M.A., et al. *Frontiers in microbiology*. 2018. V. 9. P. 2662.
2. Graça M.A.S., Bärlocher F., Gessner M.O. *Methods to study litter decomposition: a practical guide*. Dordrecht. Springer, 2005. P. 33–36.

ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ ОТ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ ВОДНЫМИ РАСТВОРАМИ ОРГАНИЧЕСКИХ ИНГИБИТОРОВ

Семилетов А.М.

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н.Фрумкина РАН, Россия, Москва

Одним из приоритетных направлений в ингибировании атмосферной коррозии является создание на поверхности металла сверхтонких (наноразмерных) защитных пленок, которые, несмотря на малую толщину, позволяют перевести металл в пассивное состояние, тем самым обеспечивая его высокую коррозионную устойчивость в атмосферных условиях [1]. Кроме хороших антикоррозионных свойств, ингибиторы должны обладать низким токсичным и загрязняющим воздействием на окружающую среду и здоровье человека. Ужесточение экологических требований ставит вопрос о замене традиционных ингибиторов-окислителей (хроматов, нитритов) безопасными органическими соединениями и разработке композиций на их основе, способных использоваться при достаточно низких концентрациях в условиях эксплуатации металлических конструкций.

Способность многих солей органических кислот (карбоксилатов) не только переводить металлы и сплавы в пассивное состояние, но и стабилизировать его под воздействием агрессивных компонентов среды (хлоридов, сульфатов) позволяет использовать их в качестве или в составе композиционных ингибиторов. Среди соединений способных усилить пассивирующее действие карбоксилатов, заслуживают внимания различные триалкоксисиланы (ТАС), которые давно нашли применение в качестве промоторов адгезии и сшивающих агентов [2]. Исследование совместного действия различных ингибиторов и разработка принципов создания эффективных ингибирующих композиций является важным направлением исследований в области противокоррозионной защиты металлов.

В представленной работе изучены закономерности пассивации ряда металлов и сплавов (низкоуглеродистая сталь, медь, магний, алюминиевые сплавы, цинк) водными растворами триалкоксисиланов и их композициями с солями органических кислот.

Показано, что водные растворы аminosиланов относительно стабильны и способны пассивировать сталь в хлоридсодержащем боратном буфере, формируя на её поверхности тончайшие адсорбционные или хемосорбционные слои. Водные растворы аminosиланов подвержены старению, но их пассивирующая способность остается высокой в течение длительного времени (не менее месяца).

Небольшие добавки ТАС способны усиливать защитные свойства натриевых солей карбоновых кислот при пассивации стали Ст3, меди, цинка, магния и алюминиевых сплавов. Сформированные ТАС и карбоксилатами пленки не уступают по защитным свойствам хроматным даже в жестких условиях коррозионных испытаний (капельным методом, камеры тепла и влаги или солевого тумана).

Список литературы

1. Михайлов А.А., Панченко Ю.М., Кузнецов Ю.И. Атмосферная коррозия и защита металлов. Тамбов: изд-во Першина Р.В., 2016.
2. Plueddenmann E.P. Silane Coupling Agents. New York: Plenum Press, 1991.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАВНОВЕСИЯ ЖИДКОСТЬ-ЖИДКОСТЬ В ТРОЙНЫХ СИСТЕМАХ, СОДЕРЖАЩИХ УКСУСНУЮ КИСЛОТУ, *n*-БУТАНОЛ, *n*-БУТИЛАЦЕТАТ И ВОДУ С ПОМОЩЬЮ УРАВНЕНИЙ NRTL И UNIFAC

Смирнов А.А., Тойкка М.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Интерес к комбинированным реакционно-массообменным процессам инициировал экспериментальные и теоретические исследования фазовых равновесий в системах с химическими реакциями из-за их практического значения для химической технологии и необходимости решения новых фундаментальных проблем химической термодинамики. Исследование таких процессов в системах синтеза сложных эфиров имеет большое практическое значение, так как они востребованы во многих аспектах химической технологии. Например, в химической, косметической и пищевой промышленности, а также при разработке и оптимизации процессов синтеза и очистки биотоплива [1-2].

Объектами исследования были выбраны тройные системы расщепления, включающие компоненты жидкого биотоплива: уксусная кислота – *n*-бутанол – вода, уксусная кислота – *n*-бутилацетат – вода, *n*-бутанол – *n*-бутилацетат – вода.

Целью данного исследования является прогноз равновесия жидкость-жидкость в вышеупомянутых гетерогенных тройных системах с помощью уравнения UNIFAC и корреляция экспериментальных данных из [1] с помощью уравнения NRTL. Кроме того, данные моделирования сравнивались с экспериментальными данными, полученными методом газовой хроматографии. Данные моделирования для тройных систем были представлены в виде треугольных фазовых диаграмм (рис.).

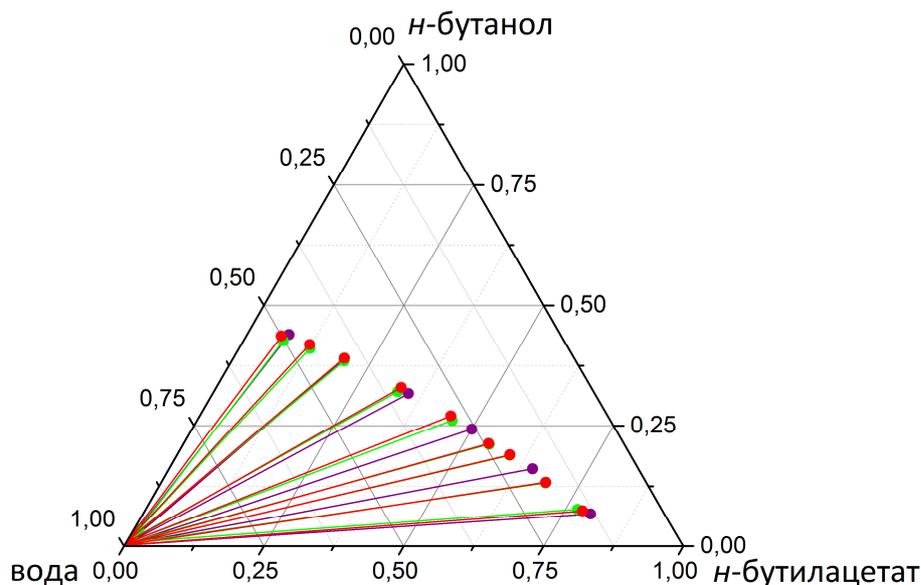


Рис. Равновесие жидкость-жидкость в системе *n*-бутанол – *n*-бутилацетат – вода при 55 °C
(●—●) – ГХ, (●—●) – NRTL, (●—●) – UNIFAC

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ № 20-73-10007.

Список литературы

1. Smirnov A.A., Samarov A.A., Toikka M.A. J. Chem. Eng. Data 2021, 66 (3), 1466–1474
2. Smirnov A.A., Sadaeva A.A., Podryadova K.A., Toikka M.A. Fluid Phase Equilib. 2019, 493, 102–108

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКЦИИ ПРОТОННОГО ОБМЕНА С АЛИФАТИЧЕСКИМИ АМИНАМИ

Стадник И.Л., Курманова А.Ф., Кутжанова К.Ж., Пустолайкина И.А., Балтаева А.К.
Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан

Ранее [1] было предположено, что межмолекулярный протонный обмен протекает через образование комплекса за счет водородных связей. Возможно несколько типов образующихся интермедиатов, но более предпочтителен циклический комплекс за счет водородных связей (ЦКВС). При этом в вышеупомянутой работе было показано, что протонный обмен протекает синхронно, что и легло в основу наших модельных реакций (рис.).

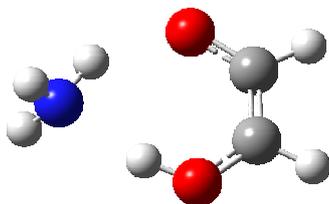


Рис. Комплекс гидроксиэтеноксила и аммиака

В работе [1] для исследования реакции межмолекулярного протонного обмена с аминами методом ЭПР-спектроскопии в качестве спиновых зондов использовались семихинонные радикалы. В качестве объектов для наших систем были взяты гипотетический радикал – гидроксиэтеноксил, аммиак и вторичные амины, представляющие собой замещенные аналоги аммиака.

Нами была смоделирована реакция протонного обмена с вышеуказанными реагентами. Расчеты проводились посредством квантово-химического неэмпирического базисного набора UHF STO-3G программы GAUSSIAN. Были получены значения констант скорости реакции межмолекулярного протонного обмена с аммиаком, диметиламином, диэтиламином, дипропиламином (табл.).

Табл. Кинетические параметры реакции межмолекулярного протонного обмена радикала с аминами (UHF STO-3G)

Система	k (298K), л/моль·с	E _{акт} , кДж/моль
Радикал – аммиак	$3,17 \cdot 10^{10}$	24,751
Радикал – диметиламин	$1,28 \cdot 10^{10}$	23,191
Радикал – диэтиламин	$1,48 \cdot 10^{10}$	24,170
Радикал – дипропиламин	$1,42 \cdot 10^{10}$	24,257

Быстрые реакции протонного обмена происходят, в комплексах, образованных водородными связями и скорость обмена должна зависеть от прочности этих связей. Полученные кинетические параметры межмолекулярного протонного обмена радикала с вторичными аминами, практически не изменяются при увеличении длины алифатического заместителя, что говорит в пользу гипотезы о лимитирующей стадии протонного обмена, заключающейся в образовании активационного комплекса, а не в первоначальном акте сближения реагентов. Что хорошо согласуется с выводами, сделанными при исследовании данной реакции методом ЭПР-спектроскопии [1].

Список литературы

1. Masalimov A.S., Nikolskiy S.N., Kurmanova A.F., Ospanov A.U., Tur A.A Вестник КарГУ. Серия Химия. 2014. №1(73). С. 30–35.

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НА УСЛОВНО ЧИСТОЙ ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Старчикова М.О., Карнажицкая Т.Д., Уланова Т.С., Пермьякова Т.С.

Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Пермь, Россия

Территория Восточной Сибири характеризуется крупными промышленными центрами с развитым многоотраслевым производством. Одним из приоритетных компонентов, загрязняющих атмосферный воздух городов, является бенз(а)пирен (Б(а)П) [1], отнесенный к 1 классу опасности и обладающий канцерогенными, мутагенными, тератогенными и биоаккумуляционными свойствами. Источниками бенз(а)пирена в окружающей среде являются – ТЭЦ, производство алюминия, нефтехимическое производство, пиролиз, а также выхлопные газы транспорта и лесные пожары. Среднесуточная ПДК_{с.с.} бенз(а)пирена в атмосферном воздухе населенных мест составляет 1 нг/м³. В связи с тем, что загрязнение атмосферного воздуха бенз(а)пиреном является серьезной проблемой для здоровья населения, важным направлением исследований является контроль его содержания в атмосферном воздухе населенных мест, в том числе актуальным является определение фонового содержания бенз(а)пирена.

Цель исследования – изучение содержания бенз(а)пирена в атмосферном воздухе на территории Восточной Сибири, относящейся к условно чистой (фоновой) территории, расположенной в 30 км от крупного промышленного центра.

В работе представлены результаты анализа бенз(а)пирена в пробах атмосферного воздуха (n = 20), отобранных в неотапливаемый сезон 2021 г. на условно чистой территории вне зоны влияния выбросов крупных промышленных предприятий и предприятий теплоэнергетики.

Анализ бенз(а)пирена проведен в соответствии с методическими указаниями МУК 4.1.1273-03 методом ВЭЖХ. Нижний предел определения бенз(а)пирена в атмосферном воздухе при отборе 5 м³ составляет 0,5 нг/м³, погрешность измерения 25 %.

Результаты проведенных исследований показали, что бенз(а)пирен обнаружен в 18 пробах, из них превышение ПДК_{с.с.} установлено в двух пробах с кратностью превышения в 4,1 и 1,9 раза. Вероятная причина превышения может быть связана с трансграничным переносом, так как доказано, что поступление через атмосферу составляет наибольшую долю распространения Б(а)П на далекие расстояния [2]. В остальных пробах концентрация бенз(а)пирена определена в диапазоне от 0,1 нг/м³ до 0,9 нг/м³, в среднем (0,3±0,1) нг/м³, что согласуется с литературными данными о содержании бенз(а)пирена в атмосферном воздухе в условиях отсутствия антропогенного воздействия. Так, в западноевропейских странах типичные среднегодовые уровни содержания Б(а)П в сельской местности (фоновые территории) варьируют от 0,1 до 1 нг/м³, на городских территориях – от 0,5 до 3 нг/м³, в непосредственной близости от коксохимического завода концентрация Б(а)П достигала 30 нг/м³ [2].

В целом исследованная территория по содержанию бенз(а)пирена в атмосферном воздухе отнесена к условно чистой (фоновой) территории и может быть использована в качестве территории сравнения при проведении комплексных гигиенических исследований по изучению риска экспозиции экологических токсикантов на здоровье детского и взрослого населения.

Список литературы

1. Корунов А.О., Халиков И.С., Сурнин В.А., Запевалов М.А., Булгаков В.Г. Экологическая химия. 2020. Т. 29, №2. С. 82–93.
2. Ambient air pollution by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH). Position Paper. Publications of the European Commission. Интернет источник. Дата обращения 25.10.2021: <http://europa.eu.int/comm/environment/pubs/home.htm>.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ЭЛЕКТРОЛИТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

Стаханова С.В.¹, Астахов М.В.²

¹ РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва, Россия

² НИТУ «МИСиС», Москва, Россия

С развитием альтернативной и возобновляемой энергетики растет потребность в создании высокоэффективных устройств накопления и рекуперации энергии, одними из которых являются электрохимические суперконденсаторы (СК) [1]. В симметричных двойнослойных СК энергия запасается в двойном электрическом слое, возникающем на границе электрод-электролит. Electrodes двойнослойных СК создаются из пористых углеродных материалов (УМ), значения удельной площади поверхности которых достигают 3000 м²/г, а удельная электрической ёмкости – 100-150 Ф/г в зависимости от типа используемого электролита. Отдельный класс составляют СК, запасающие заряд за счет псевдоёмкости, то есть быстрых окислительно-восстановительных реакций, происходящих на границе электрод/электролит. Использование оксидов переходных металлов или электропроводящих полимеров в качестве псевдоёмких материалов позволяет увеличить удельную ёмкость до 350 Ф/г.

Несмотря на то, что СК все активнее применяются в качестве накопителей энергии, к настоящему времени вопрос об оптимальных параметрах пористой структуры УМ, используемых в качестве электродов СК, окончательно не решен. Был проведен анализ влияния параметров пористой структуры активированных углей, полученных карбонизацией и активацией волокнистых целлюлозных материалов, на удельную емкость изготовленных на их основе электродов СК. Для анализа были выбраны 12 образцов УМ, которые были разделены на три группы – полностью микропористые (группа I), с долей мезопор 20-25 % (группа II) и содержащие больше 40 % мезопор. Показано, что наиболее высокая удельная ёмкость достигается для УМ группы II с удельной площадью поверхности 1200-1300 м²/г, имеющих, кроме микропор, мезопоры, на долю которых приходится около четверти общего объема пор. Кроме того, УМ этой группы обеспечивают наиболее высокую ресурсную стабильность СК.

Прогресс в разработке высокоомощных СК во многом определяется использованием в их составе органических электролитов, представляющих собой, как правило, раствор соли четвертичного аммониевого основания в полярном апротонном органическом растворителе. Важнейшим преимуществом таких электролитов по сравнению с водными является возможность расширения электрохимического окна до 3 В, что приводит к увеличению энергетических характеристик практически на порядок. В последние годы синтезирован ряд новых солей-ионогенов, обладающих высокой электрохимической стабильностью в широком интервале температур. Представителем таких ионогенов является тетрафтороборат N,N-диметилпирролидиния, электролиты на основе которого обеспечивают высокую ресурсную стабильность СК. Подобраны многокомпонентные смеси органических соразтворителей для электролитов СК, обеспечивающих их функционирование в широком интервале температур – от минус 65 °С до 85 °С без существенного изменения ёмкостных и энергетических характеристик [2].

Список литературы

1. Miller J.R., Simon P. Science. 2008. V. 321. P. 651-652.
2. Galimzyanov R. R., Stakhanova S. V., Krechetov I. S. et al. Journal of Power Sources. 2021. V. 495. P. 229442.

УСЛОВИЯ СЕЛЕКТИВНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ СЕРЕБРА (I) ТИОКАРБАМОИЛИРОВАННЫМ ПОЛИСИЛОКСАНОМ ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ

Сысолятина А.А.¹, Холмогорова А.С.¹, Мельник Е.А.^{1,2}, Осипова В.А.³

¹ УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

² УНИИМ-филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

³ Институт органического синтеза им. Постовского, РАН, Екатеринбург

Серебро известно своими уникальными свойствами, например, высокой электропроводностью, благодаря чему оно активно используется в промышленных сферах. Однако природные запасы этого металла, как и других благородных металлов (БМ), стремительно снижаются, поэтому в настоящее время внимание ученых сконцентрировано на развитии технологий извлечения ионов БМ из различных вторичных отходов, преимущественно из отходов электротехники и аффинажного производства. Одним из эффективных и простых методов концентрирования и извлечения ионов металлов является твердофазная экстракция с применением комплексообразующих материалов. Данный метод характеризуется быстротой и полнотой извлечения даже следовых количеств ценных компонентов.

Тиокарбамоилированный полисилоксан относится к группе комплексообразующих сорбентов, его физико-химические и адсорбционные характеристики в однокомпонентных растворах представлены в более ранних работах [1]. Селективные свойства сорбента изучены лишь по отношению к ионам неблагородных металлов. Принимая во внимание, что тиокарбамоилированный полисилоксан в кислой среде проявляет высокое сродство к ионам БМ [1], сделано предположение о возможном сорбционном отделении Ag (I) от ионов щелочных, щелочноземельных и переходных металлов.

Изучение сорбционных свойств полисилоксана по отношению к Ag (I) начали с постановки экспериментов в статических условиях. Исходная концентрация ионов металлов в растворе составляла $1 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³. Содержание ионов металлов в растворах до и после сорбции контролировали методом атомно-абсорбционной спектроскопии. В ходе экспериментальной работы определили, что в условиях конкурентной сорбции происходит селективное и количественное извлечение Ag (I) в интервале значений pH от 1 до 6. Следующим шагом работы стал переход к проведению сорбции в динамическом режиме. Для оценки максимальной динамической сорбционной емкости тиокарбамоилированного полисилоксана по Ag (I) построены динамические выходные кривые сорбции ионов металлов из азотнокислого (pH=1.3) многокомпонентного раствора. Выбрана скорость пропускания сорбционного раствора через патрон – 2 см³/мин; на выходе элюат собирали порциями по 15 см³; $g_{\text{сорб}}=0.1000$ г; $0.125 > d_{\text{зерна}} > 0.100$ мм; $C^0_{\text{Me}}=1 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³. Рассчитанная общая динамическая обменная емкость составила в среднем 0.4383 ммоль/г по Ag (I) и не более 0.0380 ммоль/г по ионам неблагородных металлов. Проведена десорбция ионов металлов после стадии сорбции путем последовательного пропускания серноокислых растворов тиомочевины разной концентрации через патрон с сорбентом со скоростью 1 см³/мин. Степень десорбции рассчитывали, как отношение десорбируемого количества иона металла к сорбируемому. По рассчитанным данным установлено, что эффективность десорбции Ag (I) в динамических условиях составляет в среднем 84.5 %. Для оценки влияния градиента температуры на десорбцию аналита, элюенты нагрели до 70°C и пропускали через патрон с сорбентом при неизменных прочих условиях. Степень десорбции оказалась равной 15.6%.

Список литературы

1. Неудачина Л. К., Голуб А. Я., Ятлук Ю. Г. и др. Неорганические материалы. 2011. Т. 47, № 4. С. 492–498.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКЦИЙ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ 3,6-ДИТРЕТ.БУТИЛ-2-ОКСИФЕНОКСИЛА С АМИНОБЕНЗОЙНЫМИ КИСЛОТАМИ

Таңирберген А.К., Курманова А.Ф., Пустолайкина И.А., Кутжанова К.Ж.
Карагандинский университет им. академика Е.А.Букетова, Караганда, Казахстан

Кинетическая кислотность или протолитическая реакционная способность амнобензойных кислот представляет собой несомненный интерес для фундаментальной химии, с точки зрения зависимости ее, например, природы функциональных групп, принадлежности к разным классам исходных органических соединений, из которых они синтезированы, влияния природы среды и других факторов.

В работе [1] проведены ЭПР – спектроскопические исследования протолитических свойств следующих кислот: *o*-аминобензойной, *m*-аминобензойной и *n*-аминобензойной. Как известно, аминобензойные кислоты, имея две различные функциональные группы, обладают амфотерными свойствами. Однако протонодонорный эффект аминогруппы в этих кислотах гораздо слабее чем у бензойной кислоты.

В работе проведены исследования профилей поверхности потенциальной энергии (ППЭ) реакции комплексообразования между молекулой семихинонного радикала 3,6-дитрет.бутил-2-оксифеноксила и рядом аминобензойных кислот. Расчет бимолекулярной системы производился в полуэмпирическом приближении РМ6 при фиксированных значениях геометрических параметров системы за исключением величины межатомных расстояний, варьируемых в диапазоне $R(OO) = 2,0 - 6,5 \text{ \AA}$, и величины валентного угла, соответствующего значению, полученному при полной оптимизации геометрических параметров рассмотренных моделей молекул.

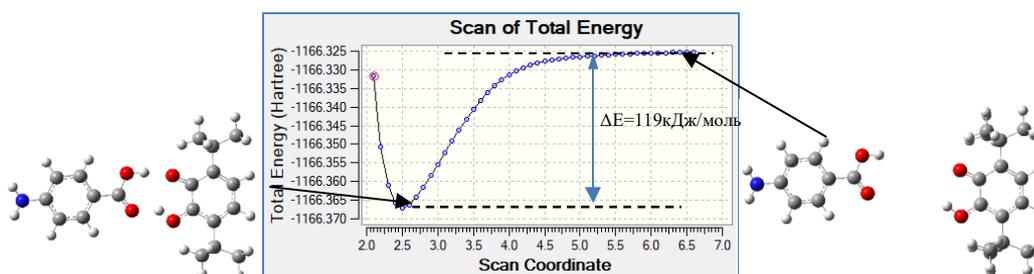


Рис. Профиль поверхности потенциальной энергии реакции комплексообразования между молекулами 3,6-ди-трет.бутил-2-оксифеноксила и *p*-аминобензойной кислотой

Аналогичные исследования, с построением энергетических кривых и установлением активационных характеристик, проведены и для модельных молекулярных систем: семихинонный радикал – орто- и мета-бензойная кислота. Установлено, что на полученных профилях ППЭ наблюдается одинлокальный минимум при фиксированном значении $R(OO)=2,5 \text{ \AA}$, что предполагает образование только межмолекулярных комплексов за счет водородной связи (МКВС). Анализируя разностные энергетические значения вышеописанных процессов, соответствующие структурам экстремальных точек на кинетической кривой, можно отметить, что минимальное значение $\Delta E=108,8 \text{ кДж/моль}$ отвечает структуре МКВС с *m*-аминобензойной кислотой, в то время как максимум $\Delta E=131 \text{ кДж/моль}$ соответствует комплексу с *o*-аминобензойной кислотой.

Список литературы

1. Никольский С.Н., Кушекбаева А.С., Бочарова А.В., Масалимов А.С. Труды VI Междунар. Беремжановского съезда по химии и химической технологии. Караганда, 2008. С. 419–422.

МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК ГЕМАТИТА И ЭСКОЛАИТА ПИРОЛИЗОМ СОЛЕЙ ВЫСШИХ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Тимчишина Е.И., Стаханова С.В.

РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

Разработка эффективных методик получения тонких пленок оксидов различных металлов, а особенно допированных теми или иными элементами для придания функциональных свойств, представляет большой интерес в связи с широким спектром применения этих материалов. Тонкие пленки оксидов металлов сочетают в себе ценные оптические, тепловые и электрические свойства, химическую прочность и стабильность. Они находят применение в биомедицине, полифункциональных покрытиях, оптике, нано- и микроэлектронике и других областях [1].

В настоящее время арсенал методов получения тонких плёнок оксидов металлов включает в себя физические, химические и электрохимические методы [2]. Однако большинство из них весьма дорогостоящие и многостадийные, что осложняет сам процесс. Поэтому разработка простого и более дешевого метода является актуальной практической задачей.

Данная работа посвящена разработке нового химического метода получения тонких пленок оксидов металлов из растворов карбоксилатов, образованных высшими карбоновыми кислотами с четвертичным α -атомом углерода.

Для приготовления растворов карбоксилатов водные растворы нитратов хрома(III) и железа(III) обрабатывали неодакановой кислотой, поддерживая необходимое значение pH добавлением водного раствора аммиака, в результате чего катионы металлов экстрагировались в органическую фазу.

Нанесение пленок оксидов хрома(III) и железа(III) на стеклянную и сапфировую подложку проводили из растворов карбоксилатов соответствующих металлов в неодакановой кислоте. Предварительно подложку обрабатывали 95% раствором C_2H_5OH для очистки поверхности. Термообработка проходила в течение 2 минут для каждого образца при 450 °C на керамической плите на воздухе. В результате испарения растворителя и пиролиза карбоксилатов получали прозрачные тонкие пленки оксидов металлов, равномерно покрывающие поверхность. Для получения пленок необходимой толщины процесс нанесения повторяли от трех до десяти раз. Рентгенофазовый анализ подтвердил формирование оксида железа(III) в форме гематита и оксида хрома(III) в форме эсколаита.

Таким образом, предложен новый химический метод получения тонких пленок оксидов металлов, важные преимущества которого состоят в простоте эксперимента, возможности нанесения пленок на субстраты со сложным рельефом, а также широкими возможностями получения допированных и многокомпонентных покрытий с необходимыми функциональными свойствами.

Список литературы

1. Абызов А.М. Журнал прикладной химии. 2017. Т. 90. №. 7.С. 869–876
2. Дунюшкина Л.А. Введение в методы получения пленочных электролитов для твердооксидных топливных элементов: монография. Екатеринбург: УрО РАН. 2015.

АТОМНО-ЭМИССИОННЫЙ АНАЛИЗ СНЕГОВОГО ПОКРОВА И БИООБЪЕКТОВ

Торопов Л.И., Айгельдина А.А., Белоусова Д.А., Лузина Н.Ю., Салимов А.Р.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Экология, загрязнение окружающей среды, экологический мониторинг, экологическая химия – часто встречающиеся в наше время слова и сочетания, выражающие всеобщую озабоченность состоянием природной среды. Первопричина возникновения проблемы – обнаружение в экологических системах интенсивных и тревожных изменений, вызванных деятельностью человека. Из большого числа вредных факторов химическое загрязнение окружающей среды и, прежде всего, атмосферы – наиболее пагубно для живой природы. Для оценки химического загрязнения окружающей среды и биоиндикации целесообразно использовать природные индикаторы, в частности, для мониторинга атмосферы – снеговой покров и лишайники [1, 2].

В воздушном бассейне городов немаловажное место занимают тяжелые металлы (ТМ), большинство которых относится к первому и второму классам опасности. Их негативное влияние на человека проявляется не только в прямом воздействии высоких концентраций, но и в отдаленных последствиях, связанных со способностью многих металлов накапливаться в организме [3]. В докладе приводятся сведения о наличии ТМ в лишайниках (леса вблизи с. Уинское, территория заповедника «Вишерский», Черняевский лес г. Перми) и снеговом покрове (2020-21 гг) отдельных районов городов Прикамья: г. Пермь, г. Березники, г. Чайковский, а также ст. Вожаково. Пробы, отобранные около ст. Вожаково и территории государственного природного заповедника «Вишерский» — территориальное образование Пермского края с минимальной техногенной и антропогенной нагрузкой на северо-востоке Пермского края, принимались за фоновые.

Спектры регистрировали на автоматизированном атомно-эмиссионном спектрометре ДФС-458С с фотоэлектронной приставкой ФЭП-454. Устанавливалось наличие 24 элементов: Al, As, B, Ba, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, In, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sb, Sn, Sr, Ti, V, Zn. Количественно определяли металлы, контролируемые на стационарных постах г. Перми (ПНЗ) – Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn. Кроме указанных элементов фиксировали концентрацию Al, As, Sn, Sr, Ti, относящихся к группе токсичных [4].

Результаты исследования показали, что наибольшая степень загрязнения тяжелыми металлами приходится на столицу Прикамья г. Пермь. Установлено, что концентрация в лишайниках неконтролируемых на ПНЗ токсичных металлов алюминия и титана многократно превосходит содержание равнозначных по токсичности никеля и хрома. Повышенное содержание Al, As, Sn, Sr и Ti найдено и в снежном покрове. Таким образом, есть объективная необходимость расширения круга контролируемых металлов для ПНЗ.

Список литературы

1. Торопов Л.И., Айгельдина А.А., Белоусова Д.А., Лузина Н.Ю. Научный альманах. 2021. № 4–2(78). С. 209–212.
2. Торопов Л.И., Салимов А.Р. Научный альманах. 2021. № 4–2(78). С. 213–215.
3. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. М.: Химия, 1996.
4. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Мир, 2004.

ПОВЫШЕНИЕ АНТИКОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ ГРУНТ-ЭМАЛЕЙ 3 В 1 ПОСРЕДСТВОМ ВВЕДЕНИЯ ИНГИБИТОРОВ СЕРИИ «ИФХАН».

Урядников А.А., Урядникова М.Н., Брыксина В.А., Лебедева А.А., Королева Д.В.
Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, Тамбов, Россия

Применение грунт-эмалей 3 в 1 является одним из самых распространенных способом для защиты металлоизделий от атмосферной коррозии. Грунт-эмаль состоит из нескольких компонентов: преобразователя ржавчины, ингибитора коррозии и пигмента. [1]. Одной из задач, стоящих перед производителями грунтовок 3 в 1, является увеличение защитной способности. Целью данной работы стало повышение антикоррозионных свойств грунт-эмали 3 в 1 посредством введения в нее ингибиторов коррозии серии ИФХАН (ИФХАН-8, ИФХАН-112, ИФХАН-114), разработанных ИФХЭ имени А.Н. Фрумкина [3].

Для изучения защитного действия полученных грунт-эмалей были проведены исследования в солевом растворе 0,5 М NaCl, климатической камере и камере солевого тумана. Также были оценены физико-химические характеристики: адгезия, вязкость, укрывистость, стойкость к удару.

В таблице 1 приведены данные по времени появления пятен ржавчины на металлических электродах, покрытой исследуемой краской в климатической камере.

Табл. 1. Время появления пятен ржавчины (сутки) на электродах, покрытых модифицированной грунт-эмалью 3 в 1

Исходная краска	Ингибитор		
	ИФХАН-8	ИФХАН-112	ИФХАН-114
12 суток	-	-	14 суток

В климатической камере все образцы показали высокий защитный эффект и не было зафиксировано появление пятен ржавчины. В солевой камере, где условия среды более агрессивные по сравнению с климатической камерой, все экспериментальные образцы показали себя лучше по сравнению с исходной краской. В случае ингибитора ИФХАН-114, время появления пятен ржавчины увеличилось с 12 до 14 суток по сравнению с исходным образцом, а с ингибиторами ИФХАН-8 и ИФХАН-112 в течение всего эксперимента не произошло появления пятен ржавчины. В таблице 2 приведены данные по физико-химическим характеристикам исследуемых лакокрасочных составов.

Табл. 2. Значение физико-химических характеристик исследуемых лакокрасочных материалов

	Исходная краска	Ингибитор		
		ИФХАН-8	ИФХАН-112	ИФХАН-114
Адгезия, балл	2	2	2	2
Укрывистость	107,6	107,6	107,6	107,6
Прочность при ударе	50	47	45	50

Установлено, что введение ингибиторов коррозии серии ИФХАН в грунт-эмаль не ухудшает показатели полученных ЛКМ. Защитное действие таких грунт-эмалей в солевом растворе NaCl и в солевой камере оказалось несколько выше, чем у исходного состава. Лучшие показатели выявлены у грунт-эмали 3 в 1, содержащей ингибитор ИФХАН-114.

Список литературы

1. Павлов А.В., Меркулова Ю.И., Зеленская А.Д., Железняк В.Г. Лакокрасочные материалы и их применение, 2018. №1–2. С. 40-43.
2. Крутько Э.Т. Прокопчук Н. Р. Технология и оборудование лакокрасочного производства – Минск: БГТУ, 2005. – 446 с.
3. Гончарова О.А., Лучкин А.Ю., Костина Е.А., Серeda В.Н., Микуров Д.С., Нгуен Вьет Тхань, Фан Ба Ты, Андреев Н.Н., Кузнецов Ю.И., Карпов В.А., Мурадов А.В. новое поколение смесевых летучих ингибиторов коррозии ИФХАН и материалы на их основе, 2021, №3. С. 28-36.

**ОЦЕНКА АНТИКОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ ИНГИБИТОРОВ
ДЛЯ ВОДНЫХ ГРУНТОВОК ПО МЕТАЛЛУ
НА ОСНОВЕ СТИРОЛ-АКРИЛОВОЙ ДИСПЕРСИИ АКРАТАМ AS 07.1**
Урядникова М.Н.¹, Урядников А.А.¹, Губина Н.В.², Козин Д.И.¹, Патронова Е.В.¹
¹ Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Тамбов, Россия
² Акционерное общество «Пигмент», Тамбов, Россия

Перспективным методом защиты металлоконструкций от атмосферной коррозии является использование лакокрасочных материалов (ЛКМ) на основе акриловых дисперсий, которые обладают рядом преимуществ: долго сохраняют цвет, выдерживают интенсивное УФ-излучение, обладают высокой эластичностью, водоотталкивающими свойствами, а также экологичностью и пожаробезопасностью [1, 2]. Защитное действие подобных ЛКМ обусловлено не только высокой механической изоляцией металлической поверхности от внешней среды, но и использованием антикоррозионных компонентов в составе грунтовок.

В качестве ингибиторов коррозии исследованы: нитрит натрия NaNO_2 , триэтаноламин $\text{C}_6\text{H}_{15}\text{NO}_3$, бензоат натрия $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$, смесь NaNO_2 и $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$ в соотношении 1:1. Рецепт грунтовки по металлу на основе стирол-акриловой дисперсии Акратам AS 07.1 разработана АО «ПИГМЕНТ» и имеет следующий состав, г: Акратам AS 07.1 -180, коалесцент – 8, активатор – 0,8, гидрофилизирующее вещество – 1,6, диспергатор -2,4, биоцид – 0,4, пигмент – 40, антикоррозионный компонент -20, наполнитель – 40, дистиллированная вода -108, ингибитор коррозии – 1,6, загуститель – 0,8.

Грунтовку наносили с помощью кисти в два слоя на обе стороны пластинки из стали марки 08 ПС по ГОСТ 16523. Сушку каждого слоя проводили при температуре 55 – 60 °С в течение 20 минут. Окрашенные образцы помещали на 2/3 высоты в дистиллированную воду и 3%-ный раствор NaCl и выдерживали в течение 48 часов. После испытания образцы выдерживали перед осмотром на воздухе при температуре $20 \pm 2^\circ \text{C}$ в течение 1 часа. Испытания образцов в климатической камере и камере солевого тумана проводили в следующем режиме: 8 часов при 100 %-ной относительной влажности воздуха и $t = 40^\circ \text{C}$ и 16 часов при закрытой двери и отключенной камере. Испытания в камере солевого тумана проводились в течение 5 суток, в климатической камере – в течение 20 суток.

После выдержки металлических образцов в течение 48 часов в дистиллированной воде и 3% растворе NaCl установлено, что в солевом растворе в присутствии всех исследованных ингибиторов на образцах наблюдались коррозионные поражения. В дистиллированной воде коррозией оказались не затронуты только образцы, покрытые грунтовкой, содержащей в качестве ингибитора коррозии бензоат натрия.

В камере солевого тумана все образцы через 5 суток имели следы язвенной коррозии. В климатической камере через 20 суток испытаний практически без поражений оказались пластины, в составе грунтовки на которых содержался бензоат натрия или смесь $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa} + \text{NaNO}_2$. На остальных образцах в той или иной степени наблюдались коррозионные поражения.

Таким образом, при исследовании грунтовок на основе стирол-акриловой дисперсии Акратам AS 07.1 лучший результат показал состав с добавкой бензоата натрия в качестве ингибитора.

Работа поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта по соглашению № 075-15-2021-709 (уникальный идентификатор проекта RF----2296.61321X0037)

Список литературы

1. Иващенко Ю.Г., Фомина Н.Н., Исмагилов А.Р. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 1. С. 6-9.
2. Казакова Е.Е., Скороходова О.Н. Водно-дисперсионные акриловые лакокрасочные материалы строительного назначения. Москва: Пэйнт-Медиа, 2003.

ВЛИЯНИЕ РЯДА ДОБАВОК НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА АУ-ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ СУЛЬФИТНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ЗОЛОЧЕНИЯ

Ходырева Ю.Ю., Лисина С.С., Петухов И.В.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Сульфитные электролиты золочения используют для осаждения толстых слоёв золота для изготовления различных СВЧ-устройств в микроэлектронике и интегральной оптике. Условия осаждения (температура электролита, плотность тока, перемешивание) и состав электролита вносят вклад в изменение таких существенных характеристик осадков, как микротвердость покрытий и внутренние напряжения в них. Формирование покрытий с низкими внутренними напряжениями и микротвердостью (в пределах 50–80 кгс/мм²) является приоритетной задачей, в противном случае наблюдается отслоение готового покрытия от подложки.

Было проведено изучение влияния различных добавок на характеристики покрытий, а именно аммиака, используемого для осаждения на одном из этапов приготовления электролита, и этилендиамина, используемого в качестве комплексообразователя. Для определения величины внутренних напряжений был применён метод рентгеноструктурного анализа, использовались отражения от плоскостей (311) и (222).

Небольшое количество аммиака может оказаться в электролите в результате его неполного удаления при промывке осадка Au(OH)₃. Для оценки влияния аммиака на характеристики покрытий в сульфитный электролит вводили аммиак в количествах 0,03 и 0,1 г/л. Присутствие примесей в электролите практически не повлияло на внешний вид покрытий и их блеск, слабо повлияло на микротвердость покрытий, а внутренние напряжения при этом несколько возросли (табл.1). Таким образом, примеси аммиака оказывают достаточно слабо влияние на свойства покрытий.

Табл. 1. Зависимость микротвердости и внутренних напряжений от примесей аммиака

Концентрация аммиака, г/л	Микротвердость, кгс/мм ²	Внутренние напряжения, МПа	
		(311)	(222)
0,03	80,2±4,2	349	334
0,10	82,2±2,9	381	340

Этилендиамин используется для стабилизации сульфитных комплексов золота. Изменение его концентрации в электролите слабо влияет на микротвердость и внутренние напряжения покрытий (табл.2). Изучено влияние концентрации этилендиамина на ход поляризационных кривых. Тафелевские наклоны начальных участков катодных кривых примерно равны, однако кривые при больших концентрациях этилендиамина смещены в область положительных потенциалов. Второй линейный участок характеризуется более высокими наклонами тафелевских участков, причем с ростом концентрации этилендиамина наклоны увеличиваются. Порядок реакции по концентрации этилендиамина равен ~1 при небольших катодных поляризациях, затем по мере роста поляризации он снижается. Изменение поляризационных характеристик обусловлено изменением комплексного состава электролита.

Табл. 2. Зависимость микротвердости и внутренних напряжений от концентрации этилендиамина в электролите

Концентрация этилендиамина, г/л	Микротвердость, кгс/мм ²	Внутренние напряжения, МПа	
		(311)	(222)
16	76,3±5,6	221	277
32	71,3±6,7	277	249
64	76,5±2,6	272	220

ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВЕРХНЕЙ ОБИ НА УЧАСТКЕ ОТ Г. БИЙСКА ДО Г. БАРНАУЛА

Хумонина О.В., Темерев С.В.

Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

В работе выполнен количественный химический анализ снега на содержание водорастворимых форм Zn, Pb, Cd, Cu методом инверсионной вольтамперометрии в образцах снеговой воды, взятых в 2021 году. На основании натурных экспериментальных результатов определения химического состава снеговых кернов с территории Барнаула 2021 года и химико-аналитических данных анализа речных вод в области влияния Бийска установлено значимое влияние снегового стока на физико-химический состав поверхностных вод верхней Оби на участке от Бийска до Барнаула.

Химический анализ образцов снеговой воды выполнен методом инверсионной вольтамперометрии с помощью анализатора ТА-Lab (Томск). Определение тяжёлых металлов выполнено методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Важным моментом является мониторинг содержания микро- и макроэлементов, которые накапливаются в атмосфере и в последствии стекают в реку. Это поможет оценить качество очистки сточных вод на городских очистных сооружениях и проследить уровень загрязнения поверхностных вод. Поэтому пробы воды, взятые в г. Бийске были проанализированы на содержание меди, цинка и нефтепродуктов, чтобы увидеть их влияние на формирование водотока г. Барнаула. Суммарная химическая нагрузка на водоток по ТМ за 15 суток снегового паводка 2021 г представлена в таблице.

Табл. Суммарная химическая нагрузка на водоток по ТМ
за 15 суток снегового паводка 2021 г.

Территория	Cd, кг		Pb, кг		Cu, кг		Zn, кг	
	Жидкий сток	Твёрдый сток						
Городская 110 км ²	0,42	2,7	0,47	13,6	6,6	76,8	38	7934
Парковая 40 км ²	0,12	0,6	0,15	3,48	2,1	28,2	8	1039

На основании натурных экспериментальных результатов определения химического состава снеговых кернов с территории Барнаула 2021 года и химико-аналитических данных анализа речных вод в области влияния Бийска установлено значимое влияние снегового стока на физико-химический состав поверхностных вод верхней Оби на участке от Бийска до Барнаула. Подтверждение значимости химического стока с городских водосборов в русловую сеть верхней Оби показано количественными определениями ТМ двумя независимыми методами в снеге и расчетом химической нагрузки на водоток от снеготаяния.

Список литературы

1. Темерев С.В. Микроэлементы в поверхностных водах бассейна Оби: монография. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2006.
2. Индюшкин И.В., Темерев С.В. // Химия в интересах устойчивого развития. 2004. Т. 12. С.525–539.

КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ МИКРОКОЛИЧЕСТВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ БИС(АЛКИЛПОЛИОКСИЭТИЛЕН)ФОСФАТОМ КАЛИЯ

Цыбина Д.С., Елохов А.М., Денисова С.А.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Ионные поверхностно-активные вещества широко используются в методах экстракционного и флотационного концентрирования. Наличие в структуре их молекул функциональных групп, способных к комплексообразованию с ионами металлов, позволяет повысить селективность извлечения. Среди технических оксиэтилированных ионных ПАВ наибольший интерес вызывает анионное ПАВ бис(алкилполиоксиэтилен)фосфат калия (оксифос Б), которое является потенциальным экстрагентом [1, 2] и реагентом для ионной флотации [3].

Исследовано флотационное концентрирование $5 \cdot 10^{-5}$ моль/л ионов лантана, церия (III) и тербия из водных растворов оксифосом Б. Изученные ионы металлов в нейтральной среде способны образовывать координационные соединения с оксифосом Б, которые переходят в пенный продукт. Введение гидроксида натрия положительно сказывается на степени извлечения, так как вследствие частичного гидролиза трехзарядных катионов металлов, образуются гидроксокомплексы, которые флотируются легче. При увеличении концентрации щелочи происходит образование гидроксидов металлов, что сопровождается падением степени извлечения ионов металлов. Введение хлороводородной кислоты приводит к появлению конкуренции между ионами металла и водорода за оксифос Б, поэтому разрушение координационного соединения ионов металлов с оксифосом Б с увеличением кислотности сопровождается падением степени извлечения. Наиболее перспективным является флотационное концентрирование микроколичеств редкоземельных металлов оксифосом Б из слабощелочных растворов, при этом максимальная степень извлечения церия (III) составляет 99 % при 0,05 моль/л NaOH, лантана – 83 % при 0,125 моль/л NaOH, тербия – 64 % в отсутствие NaOH.

Экстракцию ионов лантана, церия (III) и тербия осуществляли в системе сульфат аммония – оксифос Б – вода при комнатной температуре в присутствии хлороводородной кислоты. В отсутствие кислот экстракция осуществляется по катионообменному механизму с образованием координационных соединений ионов металлов с анионом оксифоса Б. Введение хлороводородной кислоты приводит к резкому падению степени извлечения всех ионов металлов, что связано с увеличением конкуренции иона металла и иона водорода за реагент. В случае лантана и церия (III) с увеличением концентрации HCl более 0,5 моль/л и 1,75 моль/л соответственно наблюдается рост степени извлечения, вероятно, вследствие извлечения их малоустойчивых галогенидных ацидокомплексов по анионообменному механизму с протонированной формой оксифоса Б. Минимум на кривых извлечения обусловлен сменой механизма экстракции с катионообменного на анионообменный. Полученные данные свидетельствуют о возможности группового экстракционного концентрирования микроколичеств ионов редкоземельных металлов оксифосом Б в отсутствие неорганических кислот. Максимальная степень извлечения всех ионов металлов наблюдается при отсутствии хлороводородной кислоты и для церия (III) равна 80 %, лантана – 42 %, тербия – 64 %.

Список литературы

1. Денисова С.А., Останина Н.Н., Леснов А.Е. Химия в интересах устойчивого развития. 2013. № 5. С. 475–478.
2. Елохов А.М., Леснов А.Е., Кудряшова О.С. Журнал общей химии. 2015. Т. 85, №. 11. С. 1918–1923.
3. Леснов А.Е., Кудряшова О.С., Ризванова Л.Г. Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2014. Т. 57, № 8. С. 40–43.

АДСОРБЦИЯ ГИДРАЗИДА НЕОПЕНТАНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ПОВЕРХНОСТИ СУЛЬФИДНЫХ МИНЕРАЛОВ

Чеканова Л.Г., Мулюкова А.Б., Ваулина В.Н.

Институт технической химии УрО РАН (филиал ПФИЦ УрО РАН), Пермь, Россия

На основании результатов исследования физико-химических характеристик гидразида неопентановой кислоты (ГнПК) был сделан вывод, что реагент обладает комплексом свойств, необходимых для собирателей в процессах флотации руд цветных металлов [1]. Для определения характера взаимодействия ГнПК с сульфидными минералами была изучена его адсорбция на поверхности халькопирита и пирита.

Исследования адсорбции, выполненные при температурах 294, 298 и 301 К, концентрации ГнПК $2,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л, рН 7-8, показали, что равновесие на обоих минералах устанавливается в течение 20 мин, затем следует десорбция, при которой в течение 30 мин в раствор переходит половина реагента. Значения константы скорости (k), рассчитанные по графикам в координатах уравнения Лагергрена ($\log(Q_e - Q_t) = \log(Q_e) - (k/2,303)t$) для скорости псевдопервого порядка, увеличиваются с повышением температуры (табл.) Сравнение данных, представленных в таблице, показывает, что скорость адсорбции реагента на халькопирите выше, чем на пирите.

Табл. Константы скорости и энергия активации при адсорбции гидразида неопентановой кислоты на халькопирите и пирите

Минерал	T, К	k, 1/мин	E _a , кДж/моль
Халькопирит	294	0,1769	33,35
	298	0,2203	
	301	0,2420	
Пирит	294	0,1668	30,11
	298	0,1939	
	301	0,2224	

Изотермы адсорбции, полученные для высокой концентрации реагента ($2,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л) можно отнести к изотерме типа V по классификации БДЦТ, характерной для полимолекулярной адсорбции на мезопористом теле, со слабым взаимодействием «адсорбент-адсорбат».

Определен краевой угол смачивания (θ , °) на поверхности спрессованных под давлением таблеток халькопирита, предварительно размолотого до крупности (-45 + 35) мкм. Установлено, что угол смачивания зависит от рН и концентрации раствора реагента. После обработки халькопирита $2 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствором ГнПК угол смачивания увеличивается в интервале рН 6–8 (для обработанного раствором реагента халькопирита максимальное значение θ при рН 7,2 составило $81,2^\circ$, для чистого халькопирита – $46,5^\circ$). Найденные значения θ указывают на гидрофобизацию поверхности халькопирита растворами реагента в нейтральной среде. Эти данные согласуются со значениями максимальной абсолютной адсорбции ГнПК в этих условиях.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ 20-69-46066

Список литературы

1. Chekanova, L.G., El'chishcheva, Y.B., Kharitonova, A.V., et al. Russ J. Appl. Chem. 2021. V. 94. P. 457–467.

АНОДНОЕ РАСТВОРЕНИЕ И ПАССИВАЦИЯ ДИСИЛИЦИДА ХРОМА В КИСЛЫХ СРЕДАХ

Шадрин К.В., Пантелеева В.В., Шеин А.Б.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Силициды переходных металлов представляют важный и обширный класс металлоподобных соединений, которые широко используются в металлургии, химии, машиностроении, полупроводниковой технике. Повсеместное использование данных материалов обусловлено их технически важными свойствами – жаро- и износостойкостью, твердостью, тугоплавкостью, повышенной тепло- и электропроводностью, устойчивостью к резким многократным теплосменам. Кроме того, данные соединения и их композиции являются перспективными для изготовления коррозионно-стойких материалов, для изготовления деталей и защитных покрытий, работающих в условиях комплексного воздействия механических нагрузок, высоких температур и агрессивных сред. Область применения коррозионно-стойких материалов на основе силицидов может быть значительно расширена, что требует проведения систематических исследований коррозионно-электрохимических характеристик данных соединений и кинетических закономерностей электродных процессов, протекающих на их поверхности.

В настоящей работе исследованы основные закономерности анодного растворения и пассивации дисилицида хрома (CrSi_2) в растворах 0,5 М H_2SO_4 , 0,5 М HClO_4 , 0,5 М HNO_3 и 0,5 М HCl , определена роль хрома и кремния в кинетике анодных процессов.

Анодные потенциостатические кривые CrSi_2 -электрода в растворах 0,5 М H_2SO_4 , 0,5 М HClO_4 , 0,5 М HNO_3 и 0,5 М HCl имеют слабо выраженную область активного растворения, за которой следуют невыраженный участок активно-пассивного перехода, области пассивного состояния и перепассивации. Плотность тока растворения CrSi_2 -электрода принимает наименьшие значения в 0,5 М HNO_3 , имеет близкие величины в 0,5 М H_2SO_4 и 0,5 М HClO_4 и заметно повышается при переходе к 0,5 М HCl . Наибольшее расхождение в величинах плотности тока растворения CrSi_2 регистрируется до $E \approx 1,2$ В (здесь и далее ст.в.э.), при $E > 1,2$ В вольтамперные характеристики силицида сближаются.

Дифференциальная емкость CrSi_2 -электрода (C) в исследованных растворах при потенциалах от E коррозии до E перепассивации составляет $\sim 3,3$ - $5,3$ мкФ/см² и заметно снижается с ростом поляризации. При приближении к области перепассивации на C, E -зависимости регистрируется излом, сопровождающийся повышением емкости с потенциалом до $E \approx 1,3$ В и снижением при $E > 1,3$ В.

Спектры импеданса CrSi_2 -электрода в изученных растворах во всем исследованном диапазоне E состоят из одной емкостной полуокружности со смещенным центром, которой на графике зависимости фазового угла от логарифма частоты переменного тока соответствуют два нерезких максимума; при повышении анодной поляризации величина $|Z|$ системы изменяется в соответствии с ходом поляризационных кривых.

На основе поляризационных, емкостных и импедансных измерений установлено, что анодное поведение дисилицида хрома CrSi_2 в растворах 0,5 М H_2SO_4 , 0,5 М HClO_4 , 0,5 М HCl и 0,5 М HNO_3 в области потенциалов от E коррозии до E перепассивации включительно определяется поверхностной химически стойкой в кислых средах оксидной пленкой. Основу пленки составляет SiO_2 с небольшим содержанием оксидов хрома, стехиометрия которых зависит от величины электродной поляризации. Формирование оксидной пленки на CrSi_2 -электроде в области потенциалов от E коррозии до $E \approx 0,9$ В в исследованных растворах осуществляется по линейному закону; константы анодирования составляют 0,20–0,24 нм/В. Толщина оксидной пленки на силициде при этих E варьирует в диапазоне 0,6–1,0 нм и увеличивается в ряду: 0,5 М $\text{HCl} < 0,5$ М $\text{HClO}_4 < 0,5$ М $\text{H}_2\text{SO}_4 < 0,5$ М HNO_3 . В этом же ряду возрастает анодная стойкость CrSi_2 .

ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ИОННО-ТРЕКОВЫХ МЕМБРАН ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ГЛЮКОЗЫ

Шакаева А.Х.^{1,2}, Корольков И.В.^{1,2}, Есжанов А.Б.¹, Жатканбаева Ж.К.², Здоровец М.В.^{1,2}

¹ Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

² Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Глюкоза является основным энергетическим источником для всех живых организмов и входит в состав большинства продуктов питания. Согласно статистике Международной федерации диабета [1] на сегодняшний день около половина населения планеты страдает сахарным диабетом и также наблюдается динамика роста заболевания. Для поддержания оптимального уровня глюкозы в крови человека необходим постоянный ее мониторинг. С целью быстрого и качественного определения глюкозы требуются экономически доступные устройства, с высокой точностью и воспроизводимостью измерений. Сенсоры на основе ионно-трековых мембран модифицированные наноструктурами золота, имеющие большую площадь поверхности, за счет трехмерной структуры нанотрубок золота, потенциально соответствуют данным условиям.

Целью данного исследования является конструирование электрохимических сенсоров на основе ионно-трековых мембран с нанотрубками золота для детектирования глюкозы в растворах.

В исследовании использовались полиэтилентерефталатные ионно-трековые мембраны (ПЭТФ ТМ) с плотностью пор $1,12 \cdot 10^8$ и диаметром пор 250 нм, полученные облучением ПЭТФ-пленок с толщиной 12 мкм ионами криптона на ускорителе ДЦ-60, фотохимической сенсбилизацией и травлением раствором едкого натра для формирования пор. Для увеличения реакционной способности поверхности было проведено окисление ПЭТФ ТМ перекисью водорода под УФ-облучением с образованием карбоксильных групп [2].

Затем была выполнена модификация поверхности мембран тиолами (меркаптопропилтриметоксисиланом и меркаптоэтанолом), для равномерного осаждения нанотрубок золота, с целью увеличения долговечности сенсора. Нанотрубки золота были получены методом химического осаждения [3] внутрь каналов ПЭТФ ТМ. Данный метод включает несколько последовательных стадий: сенсбилизация, активация и сам процесс осаждения. В дальнейшем из мембран с нанотрубками золота были сконструированы электрохимические сенсоры для обнаружения присутствия глюкозы в растворах натрий-фосфатного буфера (pH=7,4) [4]. Сенсор был протестирован методом квадратно-волновой вольтамперометрии при детектировании глюкозы в пределах концентраций от 10^{-6} до 10^{-4} М, а также методом циклической вольтамперометрии была изучена его долговечность.

Таким образом, в результате электрохимического детектирования сенсор показал стабильные результаты, хорошую чувствительность к присутствию глюкозы в растворе и долговечность. В последующем планируются провести исследования электрохимических сенсоров на реальных объектах. Данный вид сенсоров благодаря своей стабильности и долговечности является перспективным и недорогим устройством для определения глюкозы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерством энергетики Республики Казахстан (BR09158958).

Список литературы

1. Международная федерация диабета. <https://www.idf.org> (Дата обращения 08.11.2021)
2. Korolkov I.V., Mashentseva A.A., Güven O., Niyazova D.T., Barsbay M., Zdorovets M.V. Polymer degradation and stability 107. 2014. С. 150–157
3. Velleman L., Shapter J.G., Losic D. Encyclopedia of membrane science and technology. 2013.С. 1-27
4. Kurniawan F., Tsakova V. Mirsky V.M. Electroanalysis. 2006. Т. 18. № 19-20. С. 1937-1942

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ И ЭКСТРАКЦИЯ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ОКСИЭТИЛИРОВАННЫХ НОНИЛФЕНОЛОВ

Шилыковская Д.О.¹, Елохов А.М.²

¹ Институт технической химии УрО РАН (филиал ПФИЦ УрО РАН), Пермь, Россия

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Использование смесей ПАВ для экстракции является перспективным направлением исследований [1], в частности, введение микроколичеств ионных ПАВ в экстракционные системы позволяет увеличить чувствительность спектрофотометрического метода анализа [2]. Применение смесей неионных ПАВ позволяет вовлекать в экстракцию ПАВ с температурой расслоения водных растворов более 100°C. Кроме того, образование смешанных мицелл при этом может сопровождаться дополнительными эффектами, влияющими как на фазообразование, так и на экстракционную способность. В этой связи представляло интерес установление закономерностей расслаивания и экстракционной способности систем на основе смесей оксиэтилированных нонилфенолов – неолов АФ 9-10, АФ 9-12 и АФ 9-25, степень оксиэтилирования которых равна, соответственно, 10, 12 и 25.

Исследование фазовых равновесий в системах неолов АФ 9-10 – неолов АФ 9-12 – вода и неолов АФ 9-10 – неолов АФ 9-25 – вода показало, что область расслаивания в тройных системах возникает при температуре 68°C, отвечающей образованию расслаивания в двойной системе неолов АФ 9-10 – вода. Увеличение температуры приводит к расширению области расслаивания в тройную систему и приближению ее к двойной подсистеме неолов АФ 9-12 (или неолов АФ 9-25) – вода. Полученные данные позволили установить оптимальные температурно-концентрационные параметры экстракции в системах на основе смесей неолов. Следует отметить возможность применения системы без использования дополнительных неорганических высаливателей.

Неололы, являясь аналогами нейтральных кислородсодержащих экстрагентов, способны извлекать ионы металлов по гидратно-сольватному механизму в кислых средах в виде ацидокомплексов. Дополнительное введение солей, содержащих анионы, обладающие комплексообразующей способностью, например галогениды или тиоцианаты щелочных металлов или аммония, позволяет увеличить степень извлечения металлов. Проведенные исследования позволили определить условия количественного извлечения таллия (III) в виде бромидных и тиоцианатных комплексов, а также железа (III) в виде тиоцианатных комплексов в системах неолов АФ 9-10 – вода и неолов АФ 9-10 – неолов АФ 9-12 – вода.

Другим возможным направлением извлечения ионов металлов в системах на основе смесей неолов является использование органических реагентов, которые образуют с ионами металлов окрашенные соединения, концентрирующиеся в фазу ПАВ. Определены спектрофотометрические характеристики, состав и константа устойчивости комплексного соединения никеля с 4-(2-пиридилазо)резорцином количественно извлекающегося в системе неолов АФ 9-10 – вода ($\lambda = 525$ нм, $\varepsilon = 19500$, ПАР : Ni = 2 : 1, $\log \beta = 16,22$). Полученные данные являются основой для разработки методики экстракционно-спектрофотометрического определения никеля в водных растворах.

Список литературы

1. Исаева Ю.И., Елохов А.М., Денисова С.А., Кудряшова О.С. Журнал физической химии. 2020. Т. 94, № 7. С. 1006–1010.
2. Денисова С.А., Леснов А.Е. Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2021. Т. 11, № 3. С. 184–192.

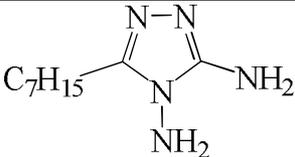
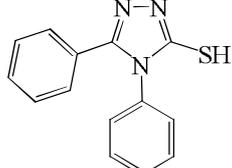
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ТРИАЗОЛА В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРОВ КИСЛОТНОЙ КОРРОЗИИ

Шитоева А.Д., Соловьев А.Д., Плотникова М.Д., Шеин А.Б.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Целью данной работы явилось исследование эффективности действия производных триазола в качестве потенциальных ингибиторов коррозии стали марки С1018 в 5 М растворе соляной кислоты.

Табл. Органические соединения, изучаемые в работе в качестве ингибиторов коррозии

	Формула	Название
CP-20		5-гептил-1,2,4-триазол-3,4-диамин
CP-38		4,5-дифенил-4Н-1,2,4-триазол-3-тиол

Согласно гравиметрическим исследованиям наиболее эффективным ингибитором из рассматриваемых соединений является CP-38. Это может быть связано с присутствием в молекуле CP-38 тиольной группировки и сопряженной π -электронной системы, обладающей экранирующим эффектом при адсорбции ингибитора на поверхности стали. Скорость коррозии в присутствии 0,2 г/л CP-38 уменьшается с до значения 0,97 г/м²·ч (рис.), в то время как в не ингибированной кислоте $K=18,89$ г/м²·ч, защитный эффект при этом составляет 95 %.

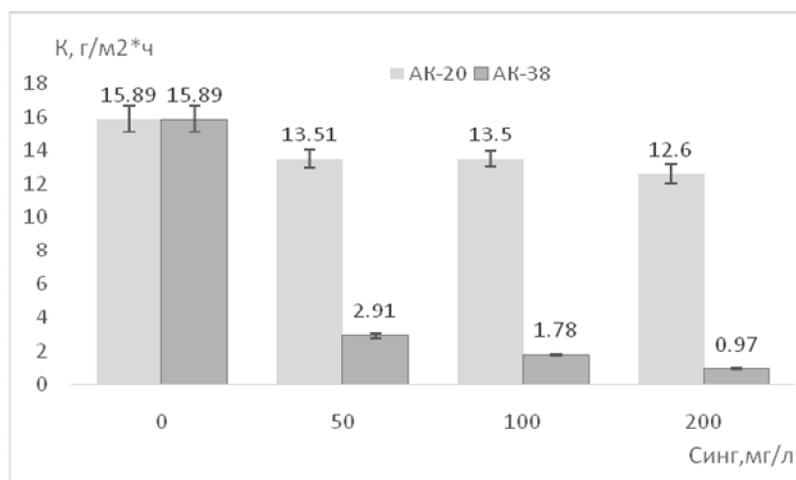


Рис. Зависимость скорости коррозии от концентрации исследуемых ингибиторов коррозии в 5 М растворе HCl

При сопоставлении результатов гравиметрических исследований и квантово-химических расчетов можно сделать предположение, что сохранение и рост защитных свойств молекул CP-38 вызвано сопряжением π -электронов бензольных колец, являющихся заместителями 3-замещенного 1,2,4-триазола. Наличие второго типа гетероатомов (S) молекулы CP-38 так же способствует большей основности молекулы и способности к адсорбции на поверхности стали.

СОРБЦИОННОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДА ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ

Щербаков В.В., Курбатова С.В.

Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева,
Самара, Россия

Поиск альтернативных источников энергии в настоящее время является одной из актуальных задач в различных отраслях промышленности, науки и экологии. В качестве перспективного вида топлива уже в течение ряда лет рассматривается водород, который может быть использован как самостоятельное топливо, так и в качестве калорийной добавки к углеводородному топливу для снижения токсичности продуктов сгорания. Расчеты показывают также возможность получения большего объема энергии от водородного топлива, чем при использовании аналогичного количества других видов топлива, например, бензина. Наиболее актуальной задачей получения водорода является его извлечение из водородсодержащих технологических потоков. Для получения чистого водорода из газовых смесей используют преимущественно такие способы концентрирования, как селективная фильтрация через полимерные мембраны, адсорбция или криогенное разделение. Выбор того или иного способа выделения водорода зависит в основном от экономических характеристик и технологических возможностей. Как правило, типичными веществами, сопутствующими водороду, являются азот, оксид и диоксид углерода, метан и некоторые углеводороды в зависимости от природы и происхождения исходной смеси.

Нами исследована возможность сорбционного концентрирования водорода из подобных смесей с использованием в качестве сорбентов молекулярных сит – $\text{Na}13\text{X}$ с диаметром частиц 1.6-2.5мм и углеродных молекулярных сит (УМС) производства ООО «Сорбенты Кузбасса», помещенных в адсорбер. Поскольку помимо природы сорбента на сорбцию водорода и других газов оказывают влияние условия их разделения, нами было исследовано влияние изменения температуры, состава и давления исходной газовой смеси на чистоту и степень извлечения в широком диапазоне изменения длительности цикла "адсорбция – десорбция". Хроматографическое определение концентрации водорода и сопутствующих газов на разных этапах изменения условий проведенных экспериментов показало, что максимальная концентрация адсорбированного водорода по сравнению с остальными газами наблюдается при использовании примерно четырехкратного избыточного давления в системе. Однако, с течением времени концентрации газов постепенно выравниваются, что, возможно, связано со снижением активности сорбентов. Исследование изменения состава газовой смеси в режиме мгновенного набора-сброса давления показало, что концентрация водорода, вплоть до снижения давления до 2.5 бар, является крайне высокой, при незначительном содержании примесей углеводородов. Дальнейшее снижение давления до 2.5 бар и менее приводит к резкому возрастанию содержания азота и метана и уменьшению содержания водорода. Таким образом, установлено, что максимальное влияние на преимущественное выделение водорода из газовой смеси при адсорбции указанными молекулярными ситами оказывает диапазон используемого давления, а также степень чистоты используемых сорбентов. Используемые нами технологические условия позволили выделить до 90% водорода

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания по гранту № FSSS-2020-0016.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ СЕРЕБРА В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНТНОЙ СОРБЦИИ НА ТИОКАРБОМОИЛИРОВАННОМ ПОЛИСИЛОКСАНЕ

Щербинин П.А.¹, Мельник Е.А.^{1,2}, Холмогорова А.С.¹, Осипова В.А.³

¹ Уральский федеральный университет, Екатеринбург Россия,

² УНИИМ-филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», Екатеринбург, Россия

³ Институт органического синтеза УрО РАН, Екатеринбург, Россия

На сегодняшний день потребность человечества в благородных металлах (БМ) является крайне высокой, в связи с этим открываются их новые месторождения, что приводит к загрязнению природных объектов токсичными ионами БМ, среди которых высоким токсическим действием обладает Ag^+ [1]. В то же время растут объемы отходов аффинажного производства и электротехники. Поэтому особо актуальным становится эффективное сорбционное извлечение ионов БМ из реальных систем с целью мониторинга предельно допустимых концентраций ионов БМ в объектах окружающей среды, а также для воспроизводства БМ. Целью настоящей работы являлась сорбция Ag^+ из модельных многокомпонентных растворов на 3-аминопропилполисилоксане, модифицированном тиомочевинными группами (ТКЭАППС), с последующей регенерацией сорбента. ТКЭАППС синтезирован в Институте органического синтеза УрО РАН «золь-гель» методом.

Сорбцию Ag^+ проводили в динамическом режиме в присутствии ионов щелочных, щелочноземельных и переходных металлов при $\text{pH}=1,6$. Данное значение выбрано на основании результатов сорбции в статическом режиме при варьировании pH . Установлено, что в диапазоне $\text{pH}=0-4$ степень извлечения Ag^+ достигает максимальных значений. Концентрация ионов металлов в модельном растворе составляла $1 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³, масса навески ТКЭАППС – 0,1000 г. Раствор пропускали через патрон с сорбентом со скоростью 2 см³/мин. Полученные результаты позволяют говорить о преимущественной сорбции Ag^+ . Динамическая кривая сорбции ионов серебра не выходит на насыщение даже после пропускания 200 см³ раствора, в то время как кривые сорбции других ионов металлов выходят на насыщение после первой порции раствора, суммарная емкость сорбента по ним не превысила 0,03 ммоль/г. Поскольку достичь насыщения в данных условиях не удалось, то рассчитать значение полной динамической емкости (ПДЕ) не представляется возможным. Однако в настоящих условиях рассчитано количество Ag^+ , сорбировавшееся на единицу массы сорбента, оно составило 0,17 ммоль/г. Кроме того, рассчитана динамическая обменная емкость до проскока (ДООЕ ДП), она составила 0,14 ммоль/г.

После стадии сорбции проведена десорбция ионов металлов с ТКЭАППС растворами различного состава, содержащими серную кислоту и/или тиомочевину, максимальная степень десорбции Ag^+ составила 82 %. В статье [2] авторам удалось добиться количественной десорбции (99 %) при помощи раствора, содержащего 0,5 моль/дм³ тиомочевины и 2,0 моль/дм³ HCl . С целью установления условий количественной десорбции Ag^+ с поверхности ТКЭАППС в дальнейшем планируется проведение ряда дополнительных экспериментов.

Список литературы

1. Syed S. Waste Management. 2016. V. 50, P. 234–256.
2. Wang L., Xing R., Huahua Y. Journal of Hazardous Materials. 2010. V.180. № 1–3. P.577–582.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Sharma R., Chaudhary S.</i> OXIDANT-SWITCHED PALLADIUM-CATALYZED REGIOSELECTIVE MONO- VERSUS BIS-ORTHO-AROYLATION OF 1-ARYL-1H-INDAZOLES WITH ALDEHYDES VIA C–H BOND ACTIVATION.....	3
<i>Sahu N.K., Jain M., Chaudhary S.</i> POLYMERIC ACID-CATALYZED MODIFIED GUARESCHI THORPE TYPE REGIOSELECTIVE MODULAR SYNTHESIS: ACCESS TO NOVEL BIOACTIVE INDOLE-TETHERED ALICYCLIC[b]FUSED PYRIDINES	4
<i>Абду А.Н., Адекенов С.М.</i> УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ЭКСТРАКЦИЯ ЧЕРНОПЛОДНОЙ РЯБИНЫ.....	5
<i>Адилова С.С., Дровосеков А.Б.</i> ХИМИКО-КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ СПЛАВА Ni-Mo-P	6
<i>Асфандеев А.Ю., Козлов А.Ш., Краснов Д.А.</i> СИНТЕЗ НОВОГО МУЛЬТИРАДИКАЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ – 1,3,5-ТРИ-3'-(1,5-ДИФЕНИЛВЕРДАЗИЛ)БЕНЗОЛА	7
<i>Ботин А.В., Щербань М.Г., Медведева Н.А., Лисовенко Н.Ю.</i> ОЦЕНКА АДГЕЗИОННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ СТАЛИ	8
<i>Брыксина В.А., Урядников А.А.</i> ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНЫЕ СМОЛЫ ДЛЯ ТЕПЛО-ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С УВЕЛИЧЕННЫМ СРОКОМ ХРАНЕНИЯ	9
<i>Буржинская Т.Г., Дейнека В.И.</i> ПОИСК ИСТОЧНИКОВ ЗЕАКСАНТИНА: ПЛОДЫ ПЕРЦА СЛАДКОГО ОРАНЖЕВОЙ ОКРАСКИ	10
<i>Ваулина В.Н., Чеканова Л.Г., Ельчищева Ю.Б., Бардина Е.С., Павлов П.Т.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РЯДА МЕЗИЛСУЛЬФОНИЛГИДРАЗИНОВ В ПРОЦЕССАХ ФЛОТАЦИИ ОСАДКОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	11
<i>Воронина Н.С., Нечаев А.И., Стрельников В.Н.</i> ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ АКРИЛАТНЫХ ТЕРПОЛИМЕРОВ, СНИЖАЮЩИХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ	12
<i>Габов А.Л., Медведева Н.А.</i> ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В РОССИИ И В МИРЕ	13
<i>Галкин Д.С., Ельчищева Ю.Б., Чеканова Л.Г., Заболотных С.А.</i> ГИДРАЗИД 2-ЭТИЛГЕКСАНОВОЙ КИСЛОТЫ – РЕАГЕНТ ДЛЯ ФЛОТАЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	14
<i>Глухов В.Г., Ботрякова И.Г., Поляков Н.А.</i> ФОРМИРОВАНИЕ СУПЕРГИДРОФОБНЫХ ПОКРЫТИЙ НА МЕДИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ.....	15
<i>Голикова А.Д.</i> ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМАХ СОДЕРЖАЩИХ ПРОМЫШЛЕННО ВАЖНЫЕ СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ: РАВНОВЕСНЫЕ СОСТАВЫ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	16
<i>Городилова А.И., Холмогорова А.С.</i> ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ УСТОЙЧИВОСТИ ХЛОР-ТЕТРАЦИКЛИНА ГИДРОХЛОРИДА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ.....	17
<i>Даминдарова В.Н., Япрынцев М.Н., Лебедева О.Е.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СИНТЕЗ СЛОИСТЫХ ДВОЙНЫХ ГИДРОКСИДОВ, СОДЕРЖАЩИХ КАТИОНЫ ОЛОВА (II).....	18
<i>Дегтев М.И., Максимов А.С., Юминова А.А.</i> ВОДНЫЕ РАССЛАИВАЮЩИЕСЯ СИСТЕМЫ, СОДЕРЖАЩИЕ АНТИПИРИН, САЛИЦИЛОВУЮ (СУЛЬФОСАЛИЦИЛОВУЮ) И НЕОРГАНИЧЕСКИЕ КИСЛОТЫ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МАКРОКОЛИЧЕСТВ СОЛЕЙ МЕТАЛЛОВ.....	19

<i>Дегтев М.И., Юминова А.А., Максимов А.С.</i> ЭКСТРАКЦИЯ МАКРОКОЛИЧЕСТВ СКАНДИЯ (III) В РАССЛАИВАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЕ, СОДЕРЖАЩЕЙ АНТИПИРИН, САЛИЦИЛОВУЮ КИСЛОТУ, НЕОРГАНИЧЕСКИЙ АНИОН И ВОДУ	20
<i>Дорохов А.В., Дорохова А.Н., Курьято Н.А.</i> КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ПОКРЫТИЙ НА МЕДИ В АТМОСФЕРЕ СО 100% ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ ВОЗДУХА	22
<i>Елохов А.М.</i> ДИЗАЙН ЭКСТРАКЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ.....	23
<i>Ермолов Д.А., Чухланцева А.Н., Шкляева Е.В., Абашев Г.Г.</i> ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХРОМОФОРОВ, СОДЕРЖАЩИХ 2-ХЛОРИМИДАЗО[1,2-А]ПИРИДИНОВЫЙ ФРАГМЕНТ	24
<i>Жарков Г.П., Чусовитина М.А., Козлова Ж.Б., Петрова Ю.С., Пестов А.В., Неудачина Л.К.</i> СЕЛЕКТИВНОСТЬ СОРБЦИИ ИОНОВ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ МАТЕРИАЛОМ НА ОСНОВЕ СУЛЬФОАМИНОПОЛИСТИРОЛА В СТАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.....	25
<i>Заболотных С.А., Батуева Т.Д., Чеканова Л.Г., Касиков А.Г., Тимоцик О.А.</i> СОРБЦИЯ ИОНОВ МОЛИБДЕНА (VI) И РЕНИЯ (VII) НА КРЕМНЕЗЕМАХ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДИМЕТИЛГИДРАЗИДАМИ.....	26
<i>Заболотных С.А., Денисова С.А., Наговицын Р.Р.</i> ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ЛАНТАНА (III), САМАРИЯ (III) И ТЕРБИЯ (III) АЛКИЛБЕНЗОЛСУЛЬФОКИСЛОТОЙ МЕТОДОМ ИОННОЙ ФЛОТАЦИИ.....	27
<i>Зайцев О.И., Молодкина Е.Б., Эренбург М.Р., Руднев А.В.</i> ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ МЕДИ НА МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ ЭЛЕКТРОДЕ Pt (111) ИЗ ГЛУБОКОГО ЭВТЕКТИЧЕСКОГО РАСТВОРИТЕЛЯ	28
<i>Иванов П.А., Каменщиков О.Ю., Красновских М.П., Мокрушин И.Г., Ухин К.О.</i> МЕТАЛЛОКСИДНЫЕ КОМПОЗИТЫ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ	29
<i>Иванова А.М., Кариева Л.М., Юминова А.А., Чеканова Л.Г.</i> «ФМ-1» – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ СОБИРАТЕЛЬ ДЛЯ ИОННОЙ ФЛОТАЦИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	30
<i>Изместьева В.А., Денисова С.А., Елохов А.М.</i> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АЦИДОКОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМАХ ВЫСАЛИВАТЕЛЬ – МОНОАЛКИЛПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ – ВОДА.....	31
<i>Калинина Т.И., Шавкунов С.П.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ И КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ КАРБОНАТОВ КАЛИЯ	32
<i>Касиков А.Г., Дьякова Л.В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОБОЧНОГО ПРОДУКТА ПРОИЗВОДСТВА 2-ЭТИЛГЕКСАНОЛА В КАЧЕСТВЕ МОДИФИКАТОРА ЭКСТРАКЦИОННЫХ СМЕСЕЙ И ЭКСТРАГЕНТА БОРНОЙ КИСЛОТЫ	33
<i>Кистанова Н.С., Кудряшова О.С., Елохов А.М.</i> СТРОЕНИЕ ФАЗОВОГО КОМПЛЕКСА СИСТЕМЫ K, Na, NH ₄ Cl, SO ₄ – H ₂ O.....	34
<i>Киришева Е.А., Сайкова С.В., Пантелеева М.В., Григорьева Е.В.</i> АНИОНООБМЕННЫЙ СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ПОРОШКА ЖЕЛЕЗО-ЭРБИЕВОГО ГРАНАТА (Er ₃ Fe ₅ O ₁₂).....	35
<i>Князева Л.Г., Дорохов А.В., Курьято Н.А., Брыксина В.А.</i> ИСПЫТАНИЯ МАСЛЯНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В КАМЕРЕ СОЛЕВОГО ТУМАНА.....	36
<i>Кондратьев М.В., Минкин А.М., Медведева Н.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЖИДКОСТНОГО И ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МЭМС УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ	37

<i>Контиев А.Д., Юминова А.А., Дегтев М.И.</i> ВОЗМОЖНОСТИ РАССЛАИВАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ АНТИПИРИН – СУЛЬФОСАЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА – ВОДА.....	38
<i>Коровкин А.В., Дроздова Ю.В., Цупак Т.Е., Поляков Н.А.</i> ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ТОЛСТОСЛОЙНЫХ НИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР	39
<i>Корякина А.В., Каменских А.А.</i> МОДИФИКАЦИЯ АНИОНООБМЕННОЙ СМОЛЫ АВ-17-8 ОРГАНИЧЕСКИМ РЕАГЕНТОМ АРСЕНАЗО III	40
<i>Костинский М.Е., Соловьев А.Д., Плотникова М.Д., Шейн А.Б.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРО-ИЗВОДНЫХ ТРИАЗОЛА В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРОВ КИСЛОТНОЙ КОРРОЗИИ.....	41
<i>Кудряшова О.С., Елохов А.М., Кистанова Н.С.</i> ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВОВ ЖИДКИХ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ.....	42
<i>Лахтина Н.С., Ельчищева Ю.Б., Чеканова Л.Г., Заболотных С.А.</i> СОБИРАТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА N-(2-ГИДРОКСИБЕНЗОИЛ)-N'-(п-ТОЗИЛ)ГИДРАЗИНА.....	43
<i>Лебедева Е.А., Астафьева С.А., Истомина Т.С., Трухинов Д.К., Корнилицина Е.В., Ильиных Г.В., Слюсарь Н.Н.</i> ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН ИЗ УГЛЕПЛАСТИКОВ	44
<i>Матьякубов Х.Б., Хлучина Н.А., Кострюков С.Г.</i> ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЛИГНИНА В РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ С ПОМОЩЬЮ ИК СПЕКТРОСКОПИИ.....	45
<i>Мельниченко М.А., Косолапова Н.И., Мирошниченко О.В.</i> СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЭНТЕРОСОРБЕНТА «ФИЛЬТРУМ-СТИ» ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ КАДМИЯ.....	46
<i>Мешалкин В.П.</i> МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ИНЖИНИРИНГА ЭНЕРГОРЕСУРСООБЪЕКТИВНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ	47
<i>Мешкова А.С., Абилканова Ф.Ж., Никольский С.Н.</i> ЭПР-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНОГО ПРОТОННОГО ОБМЕНА 3,6-ДИТРЕТ-БУТИЛ-2-ОКСИФЕНОКСИЛА С КИСЛОТАМИ.....	48
<i>Муслимова И.Б., Омертасов Д.Д., Жатканбаева Ж.К., Корольков И.В., Здоровец М.В.</i> МОДИФИКАЦИЯ ТРЕКОВЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПЭТФ УФ-ПРИВИВОЧНОЙ БЛОК-СОПОЛИМЕРИЗАЦИЕЙ СТИРОЛА И 4-ВИНИЛПИРИДИНА.....	49
<i>Мустафина А.Р., Кистанова Н.С., Кудряшова О.С.</i> РАСТВОРИМОСТЬ СОЛЕЙ В СИСТЕМЕ НИТРАТ КАЛИЯ – НИТРАТ КАЛЬЦИЯ – ВОДА ПРИ 25°С.....	50
<i>Мяжкова И.Н., Евсеев А.К., Дровосеков А.Б., Горончаровская И.В., Поляков Н.А., Шабанов А.К.</i> ОЦЕНКА МИКРОТВЕРДОСТИ ХИМИКО-КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕКТРОХИРУРГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА СПЛАВАМИ Ni-Mo-P, Ni-P, Ni-W-P	51
<i>Новиков А.А., Щербань М.Г., Винокуров В.А.</i> ГИДРОФОБНЫЕ АЛКИЛСИЛОКСАНОВЫЕ ПОКРЫТИЯ: ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ САМОСБОРКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТИ И СМАЧИВАЕМОСТЬ	52
<i>Носкова М.А., Денисова С.А., Елохов А.М.</i> ЭКСТРАКЦИОННО-СПЕКТРОФОТО-МЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ ХЛОРИД НАТРИЯ – ЕТНОМЕЕН С/15 – ВОДА.....	53
<i>Олейниц Е.Ю., Дейнека В.И.</i> «ЗЕЛЕНАЯ» ХРОМАТОГРАФИЯ ДИКОФЕОИЛХИННЫХ КИСЛОТ: ЗАМЕНА АЦЕТОНИТРИЛА НА ЭТАНОЛ	54

<i>Павликов А.Ю., Сайкова С.В.</i> ПОЛУЧЕНИЕ И ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ НАНОЧАСТИЦ ФЕРРИТА МЕДИ.....	55
<i>Панова А.В., Андреева Т.Э., Авдеев Я.Г.</i> СНИЖЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ РАСТВОРОВ МИНЕРАЛЬНЫХ КИСЛОТ, СОДЕРЖАЩИХ СОЛИ ЖЕЛЕЗА (III).....	56
<i>Перистый В.А., Перистая Л.Ф., Везенцев А.И.</i> РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНОГО ПОКРЫТИЯ ПО МЕТАЛЛУ	57
<i>Пермякова С.С.</i> СОРБЦИЯ N,N-ДИМЕТИЛФОРМАМИДА НА ЦЕОЛИТНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИТАХ.....	58
<i>Пинегина О.А., Пермяков П.А., Мокрушин И.Г., Красновских М.П.</i> ИОННО-ЖИДКОСТНЫЕ СРЕДЫ И КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКТОВ НЕФТЕХИМИИ.....	59
<i>Полковников И.С., Шеин А.Б.</i> КОРРОЗИОННО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ Mn_5Si_3 -ЭЛЕКТРОДА В СЕРНОКИСЛОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ	60
<i>Пономарев Д.А., Красновских М.П., Щербань М.Г.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИКОРРОЗИОННОГО ЭФФЕКТА ОПЫТНОЙ СМАЗОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ЛЕЗВИЙ НОЖНИЦ КАПЕЛЬНОГО ПИТАТЕЛЯ СТЕКЛОФОРМИРУЮЩИХ МАШИН.....	61
<i>Пономарева А.Е., Третьякова В.В., Симонов Г.А., Приемская П.Е., Пантелеева В.В., Шеин А.Б.</i> СИЛИЦИДЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.....	62
<i>Пугачева Е.Ю., Мастерова Ю.Ю., Кострюков С.Г.</i> 1,3-ДИПОЛЯРНОЕ ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЕ «ОСНОВАНИЯ ГЕКТОРА» К ДИМЕТИЛОВОМУ ЭФИРУ АЦЕТИЛЕНДИКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ	63
<i>Пугачева Е.Ю., Мастерова Ю.Ю., Кострюков С.Г.</i> 1,3-ДИПОЛЯРНОЕ ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЕ N-АРИЛ-3-(АРИЛАМИНО)-3H-1,2,4-ДИТИАЗОЛ-5-АМИНОВ К ДИМЕТИЛОВОМУ ЭФИРУ АЦЕТИЛЕНДИКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ	64
<i>Пунтусевичус Е.А., Фомин В.Н., Байкенов М.И., Айтбекова Д.Е., Тусипхан А.</i> ИМПРЕГНИРОВАНИЕ АСБЕСТА СОЛЯМИ НИКЕЛЯ И КОБАЛЬТА.....	65
<i>Пушкин Д.В., Уханов А.С., Савченков А.В., Григорьев М.С., Федосеев А.М.</i> НОВЫЕ КАРБОКСИЛАТСОДЕРЖАЩИЕ КОМПЛЕКСЫ U(VI), Np(VI) И Pu(VI).....	66
<i>Пьянкова А.В., Кондрашова Н.Б., Вальцифер И.В.</i> ОЦНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТРУВИТА В КАЧЕСТВЕ ГАЗОГЕНЕРИРУЮЩЕГО И ОХЛАЖДАЮЩЕГО КОМПОНЕНТА ОГНЕТУЩАЩИХ ПОРОШКОВЫХ СОСТАВОВ	67
<i>Редькин Н.А., Лобачев А.Л., Лобачева И.В.</i> СОЧЕТАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ ПОСТОРОННИХ КОМПОНЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ.....	68
<i>Редькин Н.А., Лобачев А.Л., Юров В.В.</i> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСА АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ.....	69
<i>Рогожников С.И.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ РТУТИ И ВИСМУТА С ДИТИЗОНОМ В ВОДНОЙ РАССЛАИВАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЕ АНТИПИРИН – СУЛЬФОСАЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА – СУЛЬФАТ НАТРИЯ – ВОДА.....	70
<i>Сайкова С.В., Пантелеева М.В.</i> КАТИОНООБМЕННОЕ РАСТВОРЕНИЕ И АНИОНООБМЕННОЕ ОСАЖДЕНИЕ КАК РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ В ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ.....	71

<i>Саломасова Е.А., Щербань М.Г., Федосеев М.С., Державинская Л.Ф.</i> ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ОТВЕРДИТЕЛЕЙ НА АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ ПО ОТНОШЕНИЮ К СТЕКЛОТКАНИ	72
<i>Сарапульцева П.Ю., Исидоров В.А.</i> ЛИСТВЕННЫЙ ОПАД КАК ИСТОЧНИК РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ.....	73
<i>Семилетов А.М.</i> ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ ОТ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ ВОДНЫМИ РАСТВОРАМИ ОРГАНИЧЕСКИХ ИНГИБИТОРОВ	74
<i>Смирнов А.А., Тойкка М.А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ РАВНОВЕСИЯ ЖИДКОСТЬ-ЖИДКОСТЬ В ТРОЙНЫХ СИСТЕМАХ, СОДЕРЖАЩИХ УКСУСНУЮ КИСЛОТУ, <i>Н</i> -БУТАНОЛ, <i>Н</i> -БУТИЛАЦЕТАТ И ВОДУ С ПОМОЩЬЮ УРАВНЕНИЙ NRTL И UNIFAC	75
<i>Стадник И.Л., Курманова А.Ф., Кутжанова К.Ж., Пустолайкина И.А., Балтаева А.К.</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКЦИИ ПРОТОННОГО ОБМЕНА С АЛИФАТИЧЕСКИМИ АМИНАМИ.....	76
<i>Старчикова М.О., Карнажицкая Т.Д., Уланова Т.С., Пермязова Т.С.</i> ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НА УСЛОВНО ЧИСТОЙ ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ	77
<i>Стаханова С.В., Астахов М.В.</i> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ЭЛЕКТРОЛИТЫ	78
<i>Сысолятина А.А., Холмогорова А.С., Мельник Е.А., Осипова В.А.</i> УСЛОВИЯ СЕЛЕКТИВНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ СЕРЕБРА (I) ТИОКАРБАМОИЛИРОВАННЫМ ПОЛИСИЛОКСАНОМ.....	79
<i>Таңирберген А.К., Курманова А.Ф., Пустолайкина И.А., Кутжанова К.Ж.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКЦИЙ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ 3,6-ДИТРЕТ.БУТИЛ-2-ОКСИФЕНОКСИЛА С АМИНОБЕНЗОЙНЫМИ КИСЛОТАМИ.....	80
<i>Тимчишина Е.И., Стаханова С.В.</i> МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК ГЕМАТИТА И ЭСКОЛАИТА ПИРОЛИЗОМ СОЛЕЙ ВЫСШИХ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ	81
<i>Торопов Л.И., Айгельдина А.А., Белоусова Д.А., Лузина Н.Ю., Салимов А.Р.</i> АТОМНО-ЭМИССИОННЫЙ АНАЛИЗ СНЕГОВОГО ПОКРОВА И БИООБЪЕКТОВ.....	82
<i>Урядников А.А., Урядникова М.Н., Брыксина В.А., Лебедева А.А., Королева Д.В.</i> ПОВЫШЕНИЕ АНТИКОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ ГРУНТ-ЭМАЛЕЙ 3 В 1 ПОСРЕДСТВОМ ВВЕДЕНИЯ ИНГИБИТОРОВ СЕРИИ «ИФХАН».	83
<i>Урядникова М.Н., Урядников А.А., Губина Н.В., Козин Д.И., Патронова Е.В.</i> ОЦЕНКА АНТИКОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ ИНГИБИТОРОВ ДЛЯ ВОДНЫХ ГРУНТОВОК ПО МЕТАЛЛУ НА ОСНОВЕ СТИРОЛ-АКРИЛОВОЙ ДИСПЕРСИИ АКРАТАМ AS 07.1..	84
<i>Ходырева Ю.Ю., Лисина С.С., Петухов И.В.</i> ВЛИЯНИЕ РЯДА ДОБАВОК НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА Au-ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ СУЛЬФИТНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ЗОЛОЧЕНИЯ	85
<i>Хумонина О.В., Темерев С.В.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВЕРХНЕЙ ОБИ НА УЧАСТКЕ ОТ Г. БИЙСКА ДО Г. БАРНАУЛА	86
<i>Цыбина Д.С., Елохов А.М., Денисова С.А.</i> КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ МИКРОКОЛИЧЕСТВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ БИС(АЛКИЛПОЛИОКСИЭТИЛЕН)ФОСФАТОМ КАЛИЯ.....	87
<i>Чеканова Л.Г., Мулюкова А.Б., Ваулина В.Н.</i> АДСОРБЦИЯ ГИДРАЗИДА НЕОПЕНТАНОВОЙ КИСЛОТЫ.....	88

<i>Шадрин К.В., Пантелеева В.В., Шеин А.Б.</i> АНОДНОЕ РАСТВОРЕНИЕ И ПАССИВАЦИЯ ДИСИЛИЦИДА ХРОМА	89
<i>Шакаева А.Х., Корольков И.В., Есжанов А.Б., Жатканбаева Ж.К., Здоровец М.В.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ИОННО-ТРЕКОВЫХ МЕМБРАН ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ГЛЮКОЗЫ.....	90
<i>Шильковская Д.О., Елохов А.М.</i> ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ И ЭКСТРАКЦИЯ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ОКСИЭТИЛИРОВАННЫХ НОНИЛ-ФЕНОЛОВ	91
<i>Шитоева А.Д., Соловьев А.Д., Плотникова М.Д., Шеин А.Б.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ТРИАЗОЛА В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРОВ КИСЛОТНОЙ КОРРОЗИИ.....	92
<i>Щербаков В.В., Курбатова С.В.</i> СОРБЦИОННОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДА ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ.....	93
<i>Щербинин П.А., Мельник Е.А., Холмогорова А.С., Осипова В.А.</i> ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ СЕРЕБРА В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНТНОЙ СОРБЦИИ НА ТИОКАРБОМОИЛИРОВАННОМ ПОЛИСИЛОКСАНЕ.....	94

Научное издание

**Ресурсосберегающие и экологобезопасные
процессы в химии и химической технологии**

Тезисы докладов Всероссийской
научно-практической конференции
с международным участием

(г. Пермь, 6–8 декабря 2021 г.)

Издается в авторской редакции
Техническая подготовка материалов: *А. М. Елохов*

Объем данных 5,5 Мб
Подписано к использованию 28.12.2021

Размещено в открытом доступе на сайте www.psu.ru
в разделе Наука / Электронные публикации
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Издательский центр
Пермского государственного
национального исследовательского университета.
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15