

ХИМИЯ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Главный редактор: академик РАН Николай Захарович Ляхов, Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения РАН, ул. Кутателадзе, 18, Новосибирск 630128.

Тел.: 8(383)3328683. Факс: 8(383)3322847. E-mail: lyakhov@solid.nsk.su

Ответственный секретарь: Светлана Васильевна Леонова, Издательство Сибирского отделения РАН, Морской проспект, 2, Новосибирск 630090.

Тел.: 8(383)3300570. Факс: 8(383)3308649. E-mail: csd@sibran.ru

Редакционная коллегия

Л. К. Алтунина, д-р техн. наук, Институт химии нефти СО РАН, Томск.

Г. Н. Аношин, д-р геол.-мин. наук, Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск.

Н. М. Бажин, д-р хим. наук, Институт химической кинетики и горения СО РАН, Новосибирск.

В. М. Бузник, академик РАН, Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова, Москва.

Р. А. Буянов, чл.-кор. РАН, Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, Новосибирск.

З. Р. Исмагилов (заместитель главного редактора), чл.-кор. РАН, Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН, Кемерово.

В. Е. Карасев, д-р хим. наук, Институт химии ДВО РАН, Владивосток.

В. А. Каширцев, чл.-кор. РАН, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск.

К. П. Куценогий, д-р физ.-мат. наук, Институт химической кинетики и горения СО РАН, Новосибирск.

С. В. Ларионов, д-р хим. наук, Институт неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН, Новосибирск.

И. И. Лиштван, академик НАН Беларуси, Президиум НАН Беларуси, Минск.

С. В. Морозов, канд. хим. наук, Новосибирский институт органической химии им. Н. Н. Ворожцова СО РАН, Новосибирск.

А. С. Носков, д-р техн. наук, Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, Новосибирск.

Э. А. Пастухов, чл.-кор. РАН, Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург.

Ю. Ф. Патраков, д-р хим. наук, Институт угля СО РАН, Кемерово.

Г. Л. Пашков, чл.-кор. РАН, Институт химии и химической технологии СО РАН, Красноярск.

Н. Ф. Салахутдинов, д-р хим. наук, Новосибирский институт органической химии им. Н. Н. Ворожцова СО РАН, Новосибирск.

В. Н. Сильников, д-р хим. наук, Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, Новосибирск.

В. К. Станкевич, д-р хим. наук, Иркутский институт химии им. А. Е. Фаворского СО РАН, Иркутск.

Г. А. Толстиков, академик РАН, Новосибирский институт органической химии им. Н. Н. Ворожцова СО РАН, Новосибирск.

В. П. Федин, чл.-кор. РАН, Институт неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН, Новосибирск.

Е. Ю. Шиц, канд. хим. наук, Институт проблем нефти и газа СО РАН, Якутск.

Ю. М. Юхин, д-р хим. наук, Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск.

Научный журнал издается с июня 1993 г. Учредители – Сибирское отделение РАН, Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, Новосибирский институт органической химии им. Н. Н. Ворожцова СО РАН. В журнале публикуются оригинальные научные сообщения и обзоры по химии процессов, представляющих основу принципиально новых технологий, создаваемых в интересах устойчивого развития, или усовершенствования действующих, сохранения природной среды, экономии ресурсов, энергосбережения. Рубрикатор журнала содержит следующие разделы:

- безотходные и малоотходные химические процессы;
- вторичные химические продукты и их использование;
- химия без растворителей;
- энергосбережение в химической промышленности;
- химические методы получения синтетических топлив;
- химия объектов среды обитания человека;
- химические аспекты безопасности, в том числе нанообъектов;
- природные химические индикаторы глобальных изменений окружающей среды;
- химия природных и биологически активных соединений;
- медицинская химия;
- краткие сообщения;
- письма в редакцию;
- научные дискуссии;
- страничка молодого ученого;
- свободная трибуна;
- хроника.

Журнал выходит 6 раз в год на русском и английском (электронная версия) языках.

Оформить подписку на русский вариант журнала можно в агентстве “Роспечать” (подписной индекс в каталоге 73457). Адрес журнала в Internet: www.sibran.ru. Доступ к электронной версии английского варианта (адрес в Internet: www.sibran.ru/English/csde.htm) в 2001–2010 гг. бесплатный.

© Сибирское отделение РАН, 2013

© Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, 2013

© Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, 2013

© Новосибирский институт органической химии им. Н. Н. Ворожцова СО РАН, 2013

Содержание

Малоотходный one-pot процесс получения антрахинона диеновым синтезом в присутствии растворов гетерополиоксидов	
Л. Л. ГОГИН, Е. Г. ЖИЖИНА, З. П. ПАЙ	123
Нано- и микрочастицы металлов в городской атмосфере (на примере городов Владивосток и Уссурийск)	
К. С. ГОЛОХВАСТ, Е. В. СОБОЛЕВА, П. А. НИКИФОРОВ, И. Ю. ЧЕКРЫЖОВ, П. П. САФРОНОВ, Т. Ю. РОМАНОВА, Н. К. ХРИСТОФОРОВА, В. В. ЧАЙКА, А. М. ПАНИЧЕВ, А. Н. ГУЛЬКОВ	129
Выделение благородных металлов, содержащихся в золотосеребряном сплаве	
А. Б. ЛЕБЕДЬ, Д. Ю. СКОПИН, Г. И. МАЛЬЦЕВ	135
Распределение полициклических ароматических углеводородов в природных объектах на территории рассеивания выбросов Иркутского алюминиевого завода (г. Шелехов, Иркутская обл.)	
И. И. МАРИНАЙТЕ, А. Г. ГОРШКОВ, Е. Н. ТАРАНЕНКО, Е. В. ЧИПАНИНА, Т. В. ХОДЖЕР	143
Цитотоксические и иммуномодулирующие свойства наноконструкций серебра и платины	
Е. С. МОРОЗКИН, И. А. ЗАПОРОВИЧЕНКО, М. В. ХАРЬКОВА, А. В. ЧЕРЕПАНОВА, П. П. ЛАКТИОНОВ, В. В. ВЛАСОВ, Б. Г. СУХОВ, Г. Ф. ПРОЗОРОВА, Б. А. ТРОФИМОВ, М. В. ХВОСТОВ, Т. Г. ТОЛСТИКОВА	155
Комплексный метод восстановления нефтешламов	
В. С. ОВСЯННИКОВА, Л. И. СВАРОВСКАЯ, Л. К. АЛТУНИНА, Д. А. ФИЛАТОВ, Е. А. ФУРСЕНКО, В. А. КАШИРЦЕВ	165
Эффективное сжигание метана в псевдоожиженном слое катализатора	
А. Д. СИМОНОВ, Н. А. ЯЗЫКОВ, Ю. В. ДУБИНИН	173
Цитотоксические и иммуномодулирующие свойства наночастиц золота	
М. В. ХАРЬКОВА, А. В. ЧЕРЕПАНОВА, Е. С. МОРОЗКИН, И. А. ЗАПОРОВИЧЕНКО, П. П. ЛАКТИОНОВ, А. А. СТРУНОВ, Е. В. КИСЕЛЕВА, Т. Г. ТОЛСТИКОВА, Н. В. ШИКИНА, З. Р. ИСМАГИЛОВ, В. В. ВЛАСОВ	179
Загрязнение полиароматическими углеводородами бассейна озера Байкал: озеро Гусиное	
Г. С. ШИРАПОВА, Н. С. УТЮЖНИКОВА, О. А. РАБИНА, А. И. ВЯЛКОВ, С. В. МОРОЗОВ, В. Б. БАТОВ	189
Загрязнение хлорорганическими пестицидами и полихлорированными бифенилами бассейна озера Байкал: озеро Гусиное	
Г. С. ШИРАПОВА, Н. С. УТЮЖНИКОВА, О. А. РАБИНА, А. И. ВЯЛКОВ, С. В. МОРОЗОВ, В. Б. БАТОВ	197
Изучение комплексной сорбции в системе геотехногенные растворы – цеолитовые породы	
Е. С. ЭПОВА, О. В. ЕРЕМИН, Р. А. ФИЛЕНКО, Г. А. ЮРГЕНСОН	207
Создание ресурсосберегающих технологий в производстве кремнийорганических эмалей на основе ректификации	
М. Н. КЛЕЙМЕНОВА, Л. Ф. КОМАРОВА, Ю. С. ЛАЗУТКИНА	211
Результаты ферментации целлюлозы мискантуса в ацетатном буфере и водной среде	
Е. И. МАКАРОВА	219
Изучение адсорбции глутаминовой кислоты на брусните	
А. П. СОЛОНЕНКО, О. А. ГОЛОВАНОВА	227
Способ иммобилизации катализатора окисления углеводородов силиката титана в полимерной матрице	
М. Е. ФЕДОСОВА, С. М. ДАНОВ, А. Е. ФЕДОСОВ	235
Энергосбережение для устойчивого развития в международном проекте GREENMASTER	
Н. С. ПОПОВ, Л. А. МОЗЕРОВА, Д. И. МУСТАФИН	243

УДК 547.655.6+547.673+547.315.2+546.185'776'881.5+542.943.7

Малоотходный one-pot процесс получения антрахинона диеновым синтезом в присутствии растворов гетерополикислот

Л. Л. ГОГИН, Е. Г. ЖИЖИНА, З. П. ПАЙ

*Институт катализа им. Г. К. Борескова Сибирского отделения РАН,
проспект Академика Лаврентьева, 5, Новосибирск 630090 (Россия)**E-mail: gogin@catalysis.ru*

(Поступила 09.10.12)

Аннотация

Кислотно-каталитическую конденсацию 1,3-бутадиена с пара-хинонами и окисление получаемых аддуктов можно проводить в одну технологическую стадию в присутствии водных растворов Мо–V–Р гетерополикислот (ГПК) общего состава $H_aP_zMo_yV_xO_b$. Эти растворы обладают бифункциональными каталитическими свойствами, будучи одновременно сильными бренстедовскими кислотами и довольно сильными обратимо действующими окислителями. Конденсация 1,4-нафтохинона с 1,3-бутадиеном в растворах ГПК приводит к получению 9,10-антрахинона (АХ) в смеси с тетрагидроантрахиноном (ТГА) и дигидроантрахиноном (ДГА). В ходе одностадийного процесса, проходящего без использования органических растворителей, раствор ГПК восстанавливается, и из него почти количественно выпадает малорастворимая смесь ТГА, ДГА и АХ (до 50 %). Выход и чистота АХ могут быть значительно повышены за счет использования органических растворителей, смешивающихся с водой (например, ацетон, 1,4-диоксан), а также высокованадиевых ГПК состава $H_{15}P_4Mo_{18}V_7O_{89}$ и $H_{17}P_3Mo_{16}V_{10}O_{89}$. Оптимизация процесса позволила получить продукт, содержащий не менее 90 % АХ. Полученные в работе результаты открывают перспективы создания малоотходного одностадийного процесса производства АХ из 1,3-бутадиена и 1,4-нафтохинона.

Ключевые слова: антрахинон, гетерополикислоты, диеновый синтез

ВВЕДЕНИЕ

9,10-Антрахинон (АХ) – важный продукт органического синтеза [1]. Одним из промышленных методов синтеза 1,4,4а,9а-тетрагидроантрахинона-9,10 (ТГА), 1,4-дигидроантрахинона-9,10 (ДГА) и АХ является диеновый синтез, который основан на каталитическом газофазном окислении нафталина в 1,4-нафтохинон (НХ) и реакции последнего с 1,3-бутадиеном [1]. Первичные продукты присоединения (аддукты) получают в органических растворителях под давлением 1,3-бутадиена в 0.3–2 МПа или в присутствии органических кислот (для снижения давления). Аддукт диенового синтеза (ТГА) под действием кислот или щелочей изомеризуется в 1,4-дигидро-9,10-дигидроксиантрацен, а последний окисляется далее

в ДГА и АХ сильными окислителями в кислой среде ($CuCl_2$, H_2O_2 или $NaClO_3$ [2]) или кислородом воздуха в щелочной среде [3].

Окисление кислородом различных органических субстратов можно проводить в присутствии водных растворов Мо–V–Р гетерополикислот (ГПК). Обычно этот процесс протекает в две стадии. На первой стадии субстрат (Su) окисляется раствором ГПК по реакции $m/2Su + m/2H_2O + ГПК \rightarrow m/2SuO + H_mГПК$ (1). На второй стадии восстановленная форма ГПК ($H_mГПК$) окисляется кислородом [4–6]:



Таким образом, растворы ГПК действуют в каталитических процессах (1) и (2) как *обратимые окислители*, в которых редокс-превращения претерпевают атомы ванадия ($V^V \rightarrow V^{IV} \rightarrow V^V$).