

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
Российская академия наук
Уральское отделение РАН
Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
имени академика Н.П. Лаверова РАН
Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова
Российский фонд фундаментальных исследований
Правительство Архангельской области
Журнал «Сверхкритические флюиды: теория и практика»

Материалы
XI Всероссийской школы-конференции молодых учёных
«Сверхкритические флюидные технологии
в решении экологических проблем»

(29 июня–01 июля 2020 г.)

г. Архангельск
2020

УДК 504:66(082)
ББК 20.1:35.71я43
С24

XI Всероссийская школа-конференция молодых учёных
«Сверхкритические флюидные технологии в решении экологических проблем»
проводится при финансовой поддержке Правительства Архангельской области

Редакционная коллегия:

К.Г. Боголицын, доктор химических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ;
Т.Э. Скребец, кандидат химических наук, доцент

С24 Материалы XI Всероссийской школы-конференции молодых учёных
«Сверхкритические флюидные технологии в решении экологических проблем» (29 июня–01 июля 2020 года) / Сев. (Арктич.) федер. ун-т имени
М.В. Ломоносова. – Архангельск: САФУ, 2020. – 123 с.: ил.
ISBN 978-5-261-01502-4

В сборнике представлены материалы XI Всероссийской школы-конференции молодых учёных «Сверхкритические флюидные технологии в решении экологических проблем» по широкому кругу как фундаментальных, так и прикладных вопросов, связанных с разработкой и применением сверхкритических технологий, а также новым подходам к изучению процессов и материалов, находящихся в среде сверхкритических флюидов.

Материалы публикуются в авторской редакции.

ISBN 978-5-261-01502-4

© Северный (Арктический)
федеральный университет
им. М.В. Ломоносова, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

А.Т. Лебедев

ПРИМЕНЕНИЕ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИС-
СЛЕДОВАНИЯХ

8

Д.В. Овчинников, Д.И. Фалёв, Н.В. Ульяновский, Д.С. Косяков

ЭКСПРЕССНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕНТАЦИКЛИЧЕСКИХ ТРИТЕР-
ПЕНОИДОВ МЕТОДОМ СВЕРХКРИТИЧЕСКОЙ ФЛЮИДНОЙ ХРО-
МАТОГРАФИИ / ТАНДЕМНОЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ

9

М.Г. Киселев, Д.Л. Гурина, Р.Д. Опарин, И.А. Ходов, А.А. Дышин

ПРОЦЕССЫ НАБУХАНИЯ ПОЛИМЕРОВ И СОРБЦИЯ НА НИХ БИО-
ЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ
ФЛЮИДАХ. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИ-
МЕНТ

13

Е.М. Зубанова, Е.Н. Голубева, Е.А. Немец, В.И. Севастьянов

МЕТОД СПИНОВОГО ЗОНДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ГИДРОФИЛЬНОСТИ
СШИТЫХ БИОПОЛИМЕРОВ НА ПРИМЕРЕ ЖЕЛАТИНОВ

14

О.И. Громов, А.В. Петрунин, Н.В. Минаев, Е.Н. Голубева

СПЕКТРОСКОПИЯ ЭПР СПИНОВЫХ ЗОНДОВ В СИСТЕМАХ ПО-
ЛИМЕР – scCO_2

17

*А.У. Аетов, Р.А. Усманов, Р.А. Каюмов, З.И. Зарипов, С.В. Мазанов,
Ф.М. Гумеров*

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ МОЛИБДЕНСОДЕРЖАЩЕГО СТОКА
С УЧАСТИЕМ ВОДЫ В СУБ- И СВЕРХКРИТИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ

18

К.В. Белов, И.Д. Крюкова, И.А. Ходов

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ВАНИЛИНА В ДИОКСИДЕ УГЛЕ-
РОДА ПРИ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ СОСТОЯНИЯ: ИС-
СЛЕДОВАНИЕ МЕТОДАМИ ОДНО- И ДВУМЕРНОЙ ЯМР СПЕКТРО-
СКОПИИ

20

С.С.Хизриева, Н.И. Борисенко

РАЗРАБОТКА «ONE-PORT»-ТЕХНИКИ ПОЛУЧЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ РАС-
ТИТЕЛЬНЫХ МЕТАБОЛИТОВ В СРЕДЕ СУБКРИТИЧЕСКОЙ ВОДЫ

22

*Е.А. Вакслер, Р.Д. Опарин, А.А. Дышин, С.В. Шишкина, М.Г. Киселев,
А. Иорисси*

СИНТЕЗ СО-КРИСТАЛЛОВ МЕФЕНАМОВОЙ КИСЛОТЫ И НИКО-
ТИНАМИДА В СРЕДЕ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ДИОКСИДА УГЛЕ-
РОДА: ОТ ПОРОШКА К МОНОКРИСТАЛЛАМ

26

<i>А.М. Воробей, А.В. Гавриков, Е.В. Белова, А.Б. Илюхин, Н.Н. Ефимов, О.О. Паренаго, В.В. Лунин</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОНИЗАЦИИ МЕТОДОМ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО АНТИСОЛЬВЕНТНОГО ОСАЖДЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРЕКУРСОРА НА МОРФОЛОГИЮ SmCoO_3 , ПОЛУЧЕННОГО ТВЕРДОФАЗНЫМ ТЕРМОЛИЗОМ	31
<i>А.М. Семенова, <u>А.В. Гавриленко</u>, А.А. Степачёва, М.Е. Маркова, М.Г. Сульман</i>	
КАТАЛИТИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ АНТРАЦЕНА В СРЕДЕ КОМПЛЕКСНОГО СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО РАСТВОРИТЕЛЯ	33
<i><u>Н.А. Горшкова</u>, О.С. Бровко, И.А. Паламарчук, К.Г. Боголицын, А.Д. Ивахов, Д.Г. Чухчин, Н.И. Богданович</i>	
ПОЛУЧЕНИЕ ГЕМОСТАТИЧЕСКИХ АЛГИНАТ-ХИТОЗАНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДОВ	37
<i><u>М.В. Гурин</u>, А.А. Венедиктов, А.Е. Лукьянов</i>	
МОДИФИКАЦИЯ КСЕНОГЕННОЙ КРОШКИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫМ БЕЛКОМ bmp-2 С ПОМОЩЬЮ ПОЛИЛАКТИДНОЙ ФИКСАЦИИ В СРЕДЕ СКФ- CO_2	41
<i><u>А.А. Дмитриева</u>, А.А. Степачёва, В.Г. Матвеева, М.Г. Сульман</i>	
СВЕРХКРИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ДЕОКСИГЕНИРОВАНИЮ БИОНЕФТИ	45
<i><u>В.Ю. Долуда</u>, В.Г. Матвеева, Н.В. Лакина, М.Г. Сульман</i>	
КАРБОКСИЛИРОВАНИЕ ФЕНОЛА В СРЕДЕ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО CO_2 ДЛЯ СИНТЕЗА САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ	49
<i><u>Д.В. Жильцов</u>, О.С. Бровко, Т.А. Бойцова, А.Д. Ивахов</i>	
СВЕРХКРИТИЧЕСКАЯ ФЛЮИДНАЯ ЭКСТРАКЦИЯ ЭТАНОЛОМ ПЛОДОВОГО ТЕЛА ГРИБА <i>FOMES FOMENTARIUS</i>	52
<i><u>Я.И. Зуев</u>, А.М. Воробей, К.Б. Устинович, О.О. Паренаго, В.В. Лунин</i>	
СОЗДАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ С УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ МЕТОДАМИ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО АНТИСОЛЬВЕНТНОГО ОСАЖДЕНИЯ И БЫСТРОГО РАСШИРЕНИЯ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ СУСПЕНЗИЙ	56
<i><u>Т.А. Иванова</u>, Н.А. Чумакова, Е.Н. Голубева, П.С. Тимашев, А.И. Шпичка</i>	
НИТРОКСИЛЬНЫЙ СПИНОВЫЙ ЗОНД В МАТРИЦЕ НА ОСНОВЕ PDLLA: УСТОЙЧИВОСТЬ ПАРАМАГНИТНОГО ФРАГМЕНТА И КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЫСВОБОЖДЕНИЯ ДОПАНТА В ФОСФАТНЫЙ БУФЕРНЫЙ РАСТВОР (PBS) И КЛЕТОЧНУЮ СРЕДУ	58

<i>Т.А. Иванова, Н.А. Чумакова, Е.Н. Голубева</i> СИСТЕМА «НИТРОКСИЛЬНЫЙ РАДИКАЛ/МАТРИЦА НА ОСНОВЕ PDLA»: УСТОЙЧИВОСТЬ ДОПАНТА И КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНО- МЕРНОСТИ ВЫСВОБОЖДЕНИЯ МОЛЕКУЛ ДОПАНТА В БИОЛОГИ- ЧЕСКУЮ ЖИДКОСТЬ	59
<i>Н.Н. Каликин, Ю.А. Будков, А.Л. Колесников, Д.В. Ивлев, М.А. Крестьяни- нов, М.Г. Киселев</i> ОЦЕНКА ЗНАЧЕНИЙ РАСТВОРИМОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СО- ЕДИНЕНИЙ В СК CO ₂ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КЛАССИЧЕСКОГО ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ	60
<i>И.Д. Крюкова, К.В. Белов, И.А. Ходов</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ МОЛЕКУЛЫ ПИРАЦЕТАМА НА ОСНОВЕ ОДНО- И ДВУМЕРНОЙ СПЕКТРОСКО- ПИИ ЯМР ПРИ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ СОСТОЯНИЯ РАСТВОРИТЕЛЯ	62
<i>И.В. Кузнецова, В.В. Николаев, Н.С. Сандугей, И.И. Гильмутдинов, И.М. Гильмутдинов</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТ- РОВ И УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИМПРЕГНА- ЦИИ ИБУПРОФЕНА В СТРУКТУРУ ОЧИЩЕННОГО КОСТНОГО МАТРИКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ДИОК- СИДА УГЛЕРОДА	64
<i>М.С. Кузьмиков, А.А. Дышин, А.М. Колкер, М.Г. Киселев</i> ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА ПОЛИМЕТИЛМЕТАК- РИЛАТ-ОДНОСТЕННЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ В СВЕРХ- КРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДАХ	67
<i>М.С. Кузьмиков, А.А. Дышин, Е.А. Вакслер, М.Г. Киселев</i> СОКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ МЕФЕНАМОВОЙ КИСЛОТЫ С НИКОТИНА- МИДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	70
<i>М.В. Курская, Р.Д. Опарин, А. Идрисси, М.Г. Киселёв</i> ТЕРМИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ И РАЗЛОЖЕНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕ- СКОГО КАРБАМАЗЕПИНА В СРЕДЕ SKCO ₂ В УСЛОВИЯХ ИЗО- ХОРОННОГО НАГРЕВА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ	71
<i>М.В. Курская, Р.Д. Опарин, Е.А. Вакслер, А. Идрисси, М.Г. Киселёв</i> ИМПРЕГНАЦИЯ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА КАРБАМАЗЕПИНОМ В СРЕДЕ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ДИОКСИДА УГЛЕРОДА	73

<i>F.M. Gumerov, S.V. Mazanov, J.M. Kouagou, Yu.A. Shapovalov, M.K. Nauryzbaev, G.D. Tkacheva</i>	
STUDY OF THE PROCESS OF SUPERCRITICAL TRANSESTERIFICATION OF OIL IN A FLOW TUBULAR REACTOR	77
<i>М.Е. Маркова, А.В. Гавриленко, А.А. Степачёва, А.И. Сидоров, М.Г. Сульман</i>	
БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КАТАЛИЗАТОРЫ СИНТЕЗА ФИШЕРА–ТРОПША, СИНТЕЗИРОВАННЫЕ В СУБКРИТИЧЕСКОЙ ВОДЕ	80
<i>О.В. Манаенков, О.В. Кислица, Е.А. Раткевич, В.Г. Матвеева, М.Г. Сульман</i>	
КОНВЕРСИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ В СУБКРИТИЧЕСКОЙ ВОДЕ В ПРИСУТСТВИИ МАГНИТООТДЕЛЯЕМЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ	83
<i>А.В. Петрунин¹, О.И. Громов¹, Н.В. Минаев², Е.Н. Голубева</i>	
СПЕКТРОСКОПИЯ ЭПР НИТРОКСИЛЬНЫХ РАДИКАЛОВ В СВЕРХКРИТИЧЕСКОМ CO ₂	87
<i>И.И. Пиковской, И.С. Шаврина, Д.С. Косяков, А.Д. Ивахнов</i>	
ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКТОВ ДЕПОЛИМЕРИЗАЦИИ СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА В СВЕРХКРИТИЧЕСКОМ ИЗОПРОПАНОЛЕ МЕТОДОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ	88
<i>В.Г. Полевая, А.М. Воробей, О.О. Паренаго, В.С. Хотимский</i>	
МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИ(4-МЕТИЛ-2-ПЕНТИНА) В СРЕДЕ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДОВ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО МЕМБРАННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ CO ₂ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ	93
<i>Л.Ю. Сабирова, В.Ф. Хайрутдинов, Л.Ю. Яруллин, Ф.М. Гумеров</i>	
СКФ ЭКСТРАКЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ГРИБА ЧАГИ	96
<i>К.С. Садкова, Т.Э. Скребец, А.Д. Ивахнов, А.В. Ладесов</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ ДИМРОТА–РАЙХАРДТА ДЛЯ СИСТЕМЫ ДИОКСИД УГЛЕРОДА – СПИРТ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРЕ И ДАВЛЕНИИ	97
<i>И.З. Салихов, В.Ф. Хайрутдинов, Ф.М. Гумеров</i>	
СКФ ЭКСТРАКЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИЗ УСТЬЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН	101
<i>Н.С. Сандугей, И.И. Гильмутдинов, И.М. Гильмутдинов, А.Н. Сабирзянов</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЕГИДРИРОВАНИЯ И ИХ НОСИТЕЛЕЙ МЕТОДОМ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ВОДНОГО ОКИСЛЕНИЯ	102
<i>А.С. Собашиникова, А.Д. Ивахнов, Т.Э. Скребец, М.В. Богданов</i>	
ОБЕССМОЛИВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ СВЕРХКРИТИЧЕСКИМ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА	105

<i>Н.А. Соболев, Д.И. Фалёв, К.Г. Боголицын, М.В. Кузнецова, А.Е. Кошелева</i> СУБКРИТИЧЕСКАЯ ЭКСТРАКЦИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ИЗ ТОРФА	108
<i>В.В. Соборнова, К.В. Белов, И.А. Ходов</i> КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОРБЦИИ И НАБУХАНИЯ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА В СВЕРХКРИТИЧЕСКОМ ДИОКСИДЕ УГЛЕРОДА ПО ДАННЫМ СПЕКТРОСКОПИИ ЯМР	112
<i>В.О. Соловьев, Ю.А. Заходяева, А.А. Вошкин</i> СВЕРХКРИТИЧЕСКАЯ ФЛЮИДНАЯ ЭКСТРАКЦИЯ БЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ И КОФЕИНА ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ 1500	114
<i>А.А. Степачёва, В.Г. Матвеева, О.В. Манаенков, М.Г. Сульман</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДОВ В ДЕОКСИ- ГЕНИРОВАНИИ СТЕАРИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА МАГНИТООТДЕЛЯ- ЕМЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ	116
<i>И.Ш. Хабриев, В.Ф. Хайрутдинов, Ф.М. Гумеров, А.А. Ганиев</i> СОЗДАНИЕ НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОС- НОВЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИ НЕСОВМЕСТИМЫХ ПОЛИМЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ СРЕД	119
<i>И.С. Шаврина, Д.С. Косяков, А.Д. Ивахнов</i> КОНВЕРСИЯ МОДЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЛИГНИНА В СВЕРХ- КРИТИЧЕСКОМ ИЗОПРОПАНОЛЕ	120