

**XIII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

# **ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ**

**КЛАСТЕР КОНФЕРЕНЦИЙ КомиХим2024**

**Сыктывкар, 28 мая – 1 июня 2024 г.**

**Том 1**



Эта страница намеренно оставлена пустой.

Министерство науки и высшего образования РФ  
Российская академия наук  
Отделение химии и наук о материалах РАН  
Научный совет по медицинской химии РАН  
Институт химии  
Федеральный исследовательский центр  
«Коми научный центр  
Уральского отделения Российской академии наук»  
Коми республиканская академия государственной службы и управления

Том 1

ХIII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
И ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

# **ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Кластер конференций КомиХим2024

Сыктывкар, 28 мая – 01 июня 2024

УДК 547:577:66(06)

**Т. 1. Химия и технология растительных веществ: Тезисы докладов XIII Международной научной конференции со школой молодых ученых.** Сыктывкар, 2024. – 256 с.

Представлены тезисы докладов, посвященные следующим актуальным направлениям: изучению состава, структуры, химических свойств низкомолекулярных компонентов растительного сырья; синтезу аналогов и производных природных соединений, их биологической активности; выделению, направленному синтезу, модификации, физико-химическим и структурным исследованиям, биологической активности биополимеров; вопросам лесохимии, химической технологии и биотехнологии веществ и материалов, в том числе композиционных; экологическим аспектам природопользования.

Издание предназначено для специалистов научно-исследовательских институтов, образовательных организаций и предприятий, работающих в областях химической переработки растительного сырья и лесохимии, органического синтеза и химии природных соединений. Может представлять интерес для молодых ученых, аспирантов и студентов.

Тексты печатаются в авторской редакции.

**Редакционная коллегия:**

академик РАН, д.х.н. А.В. Кучин (ответственный редактор),  
профессор РАН, д.х.н. И.Ю. Чукичева,  
к.х.н. Е.В. Буравлёв,  
И.А. Дворникова (ответственный секретарь)

ISBN 978–5–498–01074–8

DOI: 10.19110/978-5-498-01074-8



*Коллеги, соратники, друзья сердечно поздравляют выдающегося ученого, доктора химических наук, профессора, академика РАН Кучина Александра Васильевича с 75-летием и желают ему крепкого здоровья и достижения новых вершин на благо Российской науки.*

31 мая отмечает юбилей академик Кучин Александр Васильевич.

Кучин А.В. – ведущий специалист в области органического и металлоорганического синтеза, внесший существенный вклад в развитие химии и технологий алюминийорганических соединений. Кучину А.В. принадлежат широко цитируемые работы, в которых впервые предложены технологичные методы получения алюминийорганических соединений сложного строения. Среди них выделяются методы прямого синтеза алюминийорганических соединений, реализованные в опытно-промышленном масштабе и послужившие основой для создания высокоэффективных катализаторов полимеризации бутадиена, изопрена, оксетанов и оксиранов, а также катализаторов алкилирования фенолов.

Кучин А.В. внес значительный вклад в организацию Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ставшим одним из центров РАН, где развиваются исследования в области химии природных соединений и лесохимии.

Александр Васильевич является основателем признанной научной школы «Научные основы химии и технологии комплексной переработки растительного сырья», созданной в 1994 г. Важнейшие направления научной деятельности коллектива: научные основы химии и технологии комплексной переработки растительного сырья; получение физиологически активных веществ на основе функциональных производных изопреноидов, липидов и природных порфиринов; органический синтез новых веществ и материалов, асимметрический синтез.

В 1994 году в Сыктывкаре было проведено I совещание «Лесохимия и органический синтез». С 2000 года было решено переименовать совещание в конференцию «Химия и технология растительных веществ». С тех пор менялась география встреч: Сыктывкар, Казань, Саратов, Санкт-Петербург, Калининград, Москва, Киров. С 1994 года по сегодняшний день Кучин А.В. – организатор и бессменный председатель организационного и программного комитетов конференции «Химия и технология растительных веществ». Одной из главных задач конференции является усиление роли фундаментальных исследований для решения проблем практического характера, организация площадки для обмена мнениями по актуальным вопросам в области химии и технологии растительных веществ.

УДК 547.973: 661.12: 54.386

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИНОСТРОБИНА И ТВЕРДАЯ ДИСПЕРСИЯ НА ЕГО ОСНОВЕ

**Адекенов С.М.<sup>1</sup>, Аманжан А.<sup>1</sup>, Арыстанова Л.Т.<sup>1</sup>, Краснюк И.И. (мл.)<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>АО «Научно-производственный центр «Фитохимия»  
Республика Казахстан, 100009, г. Караганда, ул. М. Газалиева, 4; email: info@phyto.kz

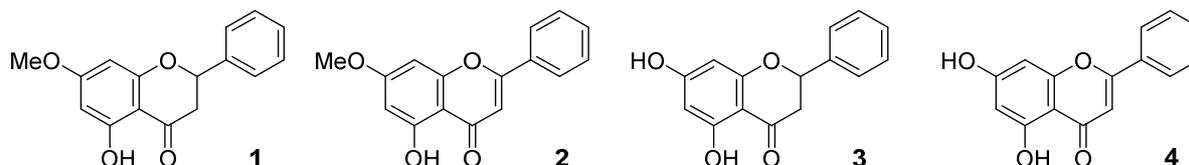
<sup>2</sup>ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России  
(Сеченовский Университет)

119991, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

В докладе обсуждаются оптимальный способ выделения флавоноида пиностробина из сырья почек тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) и синтез водорастворимой твердой дисперсии на его основе.

Ключевые слова: почки тополя бальзамического, пиностробин, технология, твердая дисперсия.

Пиностробин (**1**) – природный флавоноид, представляющий собой бесцветное кристаллическое вещество состава C<sub>16</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub>, с т.пл. 96–99 °С (EtOAc), [α]<sub>D</sub><sup>20</sup> –57.5 (с 1.1, EtOH), обладает выраженной гепатопротекторной и антиоксидантной активностью [1].



Перспективным источником выделения пиностробина (**1**) являются почки тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), выход соединения **1** из которого составляет 2.4% в расчете на воздушно-сухое сырье. *Populus balsamifera* L., произрастающий в Северо-Казахстанской области на площади 2.5 га, обеспечивает сбор 4 т почек тополя бальзамического для производства более 80 кг пиностробина (**1**).

Нами разработан технологический регламент производства пиностробина (**1**), включающий сверхкритическую флюидную экстракцию почек тополя бальзамического, и при этом извлекаются также минорные флавоноиды: тектохризин (**2**), пиноцембрин (**3**), хризин (**4**) с выходами 0.10, 1.3 и 0.03% в расчете на сумму экстрактивных веществ [2].

Одной из проблем применения пиностробина (**1**) в медицинской практике является практическая нерастворимость его в воде. Следовательно, низкая биодоступность молекулы флавоноида в организме. Поэтому нами методом твердофазного синтеза получена твердая дисперсия пиностробина (**1**) с комплексообразователями: полиэтиленгликоль и динатриевая соль глицирризиновой кислоты.

Синтезированная методом «удаления растворителя» твердая дисперсия пиностробина с динатриевой солью глицирризиновой кислоты повышает скорость растворения пиностробина в воде, и субстанция на его основе обладает водорастворимостью и, соответственно, сравнительно высокой биодоступностью.

### Список литературы

1. С.М. Адекенов // Евразийский патент № 022691 от 29.02.2016.
2. С.М. Адекенов, Г.М. Байсаров, И.А. Хабаров, В.В. Поляков // Химия растительного сырья. 2020. № 2. С. 181.

УДК 547.917:661.12

**БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ТЕРПЕНОИДЫ *ARTEMISIA LEUCODES* SCHRENK. И ТЕХНОЛОГИЯ НОВОЙ ЛЕКАРСТВЕННОЙ СУБСТАНЦИИ****Адекенов С.М., Жумабекова А.А., Аманжан А.**

АО «Научно-производственный центр «Фитохимия»»

Республика Казахстан, 100009, г. Караганда, ул. М. Газалиева, 4; email: info@phyto.kz

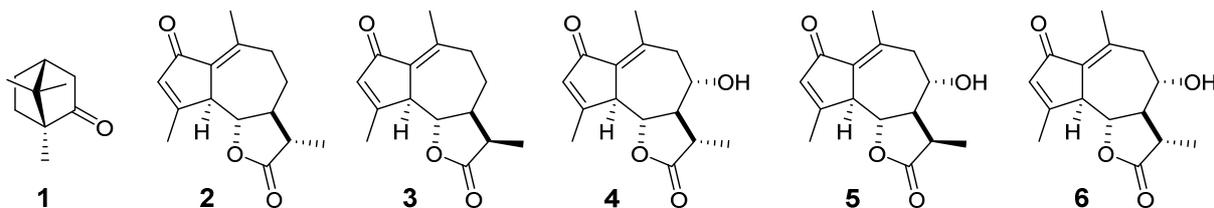
В докладе рассматривается разработка способа комплексной переработки сырья *Artemisia leucodes* Schrenk. и технологического регламента новой лекарственной субстанции на основе терпеноидов.

Ключевые слова: *Artemisia leucodes* Schrenk., терпеноиды, технология производства, фармакологическая активность.

Во флоре Казахстана имеются значительные эксплуатационные запасы *Artemisia leucodes* Schrenk. (полынь беловатая). Обследованные на площади 11 га запасы данного вида полыни в Южном Казахстане составляют 28 т сырья надземной части.

Полынь беловатая является потенциальным источником фармакологически активного сесквитерпенового лактона леукомизина (2), бесцветного кристаллического вещества состава C<sub>15</sub>H<sub>18</sub>O<sub>3</sub>, с т.пл. 196–199 °С (EtOH), [α]<sub>D</sub><sup>20</sup> +55.9 (с 2.86, CHCl<sub>3</sub>). Леукомизин (2) обладает выраженным антигельминтным действием, и при этом экстенс- и интенсэфективность субстанции составляет 100% в отношении гельминтов *Trichuris vulpis* и *Dipylidium caninum* и сравнительно выше действия препарата-сравнения «ЦесТремФорте» на 20 и 16% соответственно [1].

Нами оптимизированы условия сверхкритической флюидной экстракции сырья полыни беловатой, обеспечивающей количественный выход монотерпеноида камфоры (1) и сесквитерпенового лактона леукомизина (2), а также выделение минорных гваянолидов: ахиллина (3), аустрицина (4), гроссмизина (5), 5β(Н)-аустрицина (6) [2].



Сверхкритическая флюидная экстракция полыни беловатой позволяет, наряду с сесквитерпеновыми лактонами, количественно выделить из растительного сырья фармакологически активную камфору (1) с выходом 41% в расчете на липофильную часть CO<sub>2</sub>-экстракта.

Таким образом, нами разработан технологический регламент комплексной переработки сырья полыни беловатой, включающий выделение антигельминтного сесквитерпенового лактона леукомизина (2), а также стимулятора нервной системы монотерпеноида камфоры (1).

**Список литературы**

1. С.М. Адекенов // Патент РК. № 2023/0509.1 от 31.07.2023.
2. S.M. Adekenov et al. // Chromatographia. 2023. DOI: b1d60090-be23-485e-a59d-45a9e25546ec

УДК 547.94+547.78+547.791.1

## СИНТЕЗ НОВЫХ 1,2,3-ТРИАЗОЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ХИНИНА

**Акишина Е.А.<sup>1</sup>, Маргун Е.Н.<sup>1</sup>, Дикусар Е.А.<sup>1</sup>, Мукушева Г.К.<sup>2</sup>, Жасымбекова А.Р.<sup>2</sup>, Сейдахметова Р.Б.<sup>2</sup>, Тойганбекова Н.Н.<sup>2</sup>, Поткин В.И.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт физико-органической химии НАН Беларуси  
Республика Беларусь, 220072, г. Минск, ул. Сурганова, 13;  
email: che.semenovaea@mail.ru

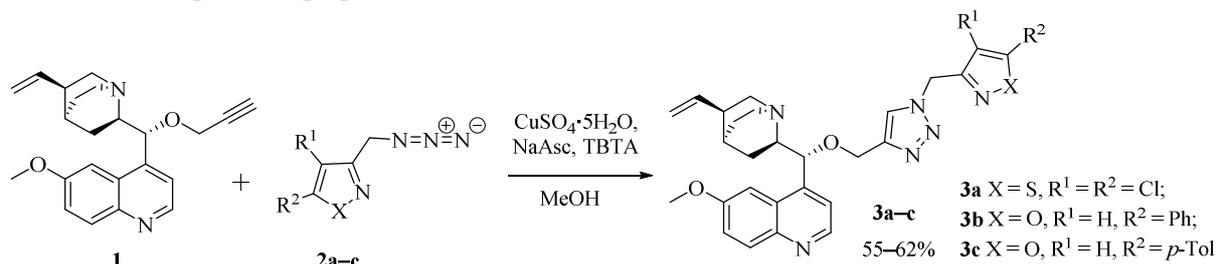
<sup>2</sup>Карагандинский университет им. ак. Е.А. Букетова  
Республика Казахстан, 100024, г. Караганда, ул. Университетская, 28;  
email: mukusheva1977@list.ru

Разработан метод синтеза новых производных хинина с фрагментами 1,2,3-триазола, изоксазола и изотиазола посредством Cu-катализируемой реакции азид-алкинового циклоприсоединения. Исследована антибактериальная и цитотоксическая активность полученных конъюгатов.

Ключевые слова: хинин, изоксазол, изотиазол, 1,2,3-триазолы, азид-алкиновое циклоприсоединение, антибактериальная активность, цитотоксическая активность.

Реакция азид-алкинового [3+2] циклоприсоединения (CuAAC), катализируемая одновалентной медью, является важнейшей реакцией в рамках концепции клик-химии и на данный момент одним из лучших методов эффективной модификации сложных природных продуктов, позволяющим осуществлять связывание различных фармакофорных фрагментов с образованием многофункционального 1,2,3-триазольного гетероцикла [1]. Различные или схожие механизмы действия компонентов гибридного лекарства могут повысить его эффективность и снизить нежелательные побочные эффекты.

Для введения в реакцию азид-алкинового циклоприсоединения нами был осуществлен синтез *O*-пропаргилхинина (**1**) взаимодействием хинина в присутствии гидрида натрия с пропаргилбромидом в атмосфере аргона в сухом диметилформамиде. Далее *O*-пропаргилхинин (**1**) вводили в реакцию с азидами **2a–c** в присутствии CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, ТВТА и аскорбата натрия в метаноле. Целевые конъюгаты **3a–c** очищали колоночной хроматографией (элюент EtOAc–MeOH, 8:2 + 1% Et<sub>3</sub>N; R<sub>f</sub> = 0.29).



В результате антимикробного исследования все образцы показали умеренно-выраженную активность в отношении *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Bacillus subtilis* (МИК = 12.5 и 25 мкг/мл). Синтезированные производные алкалоидов также проявляют цитотоксическую активность в отношении личинок морских рачков *Artemia salina* Leach (LD<sub>50</sub> = 86.5–102.1 мкг/мл).

Работа выполнена в рамках проекта № ИРН AP19674667 по грантовому финансированию Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

## Список литературы

- Z. Xiao, Y. Gu, H. Dong, B. Liu, W. Hou // Eur. J. Med. Chem. Rep. 2023. V. 9. 100113.

УДК 502/504

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДРЕВЕСИНЫ ВЕТВЕЙ ЭВКАЛИПТА КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Албаррам Ф., Казаков Я.В.**

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17;  
email: alibarram20181992@gmail.com, j.kazakov@narfu.ru*

*Свойства древесины ветвей исходных эвкалиптовых деревьев в Сирии были изучены микроскопически, физически и химически. В результате щелочной варки из ветвей эвкалипта получали с выходом 41.5% целлюлозу, на основе которой получена бумага с хорошими физико-механическими свойствами.*

*Ключевые слова: ветви, целлюлоза, бумага, прочность бумаги.*

Использование отходов лесозаготовок важно с точки зрения ресурсосбережения и управления окружающей средой. Сырьевую базу целлюлозно-бумажной промышленности планируется расширить за счет использования молодой древесины, образовавшейся в результате рубок ухода, а также неиспользуемых в настоящее время компонентов деревьев: верхушек, ветвей и т.д. [1]. Получение полезных продуктов из ветвей деревьев, массовая доля которых может достигать 15–20% от массы древесины, также позволит сделать шаг к решению проблемы снабжения лесохимических предприятий древесным сырьем [2].

Были изучены свойства древесины некоторых эвкалиптов. Микроскопически на поперечном срезе видно обилие волокон и продольных клеток паренхимы, влажность составляет 14.17%, плотность древесины эвкалипта – 0.52 г/см<sup>3</sup>.

По химическому составу содержание целлюлозы в древесине эвкалипта достигало 43%, а лигнина – 27%, при этом чем ниже процент лигнина, тем лучше.

С ветвей снимается кора, а затем измельчается в щепу. Щелочную варку (варочный раствор – смесь гидроксида натрия (NaOH) и сульфата натрия (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) проводили в автоклаве в течение 3 ч, определяли выход и каппа-число целлюлозы. Определены плотность и концентрация сухого вещества в сточных водах.

В результате варки из 1 кг древесины было получено 415.2 г полностью сухой целлюлозы. Число каппа 3.6 (тест растворенных твердых веществ) составило 493 г/л, что соответствует среднему количеству растворенных веществ.

Бумагу заливали вручную из разбавленной суспензии волокон. Шлифование не использовалось. Полученные бумажные шаблоны сушили в печи при температуре 90 °С в течение 20 мин. Масса образцов составила 60 г/м<sup>2</sup>.

Полученная бумага имела хорошие физико-механические свойства: вес – 57.8 м<sup>2</sup>/г, влажность бумаги – 12.5%, прочность на разрыв – 15.6 Н, устойчивость к проколу – 80.6 кПа.

### **Список литературы**

1. Ф.Х. Хакимова, К.А. Синяев, Р.Р. Хакимов, О.А. Носкова // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2020. Т. 24. № 2. С. 88.
2. В.В. Коробов, Н.П. Рушнов. Переработка низкокачественного сырья (проблемы безотходной технологии). М.: Экология, 1991. 288 с.

УДК 543.2

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПЛОДАХ И СИРОПЕ ШИПОВНИКА

**Алексеев И.А., Чернова О.В.**

*Вятский государственный университет,  
кафедра фундаментальной химии и методики обучения химии  
610000, г. Киров, ул. Московская, 36; email: olgavc\_kirov@mail.ru*

*В ходе исследования проведен сравнительный анализ витамина С и флавоноидов в плодах и сиропе шиповника для оценки эффективности использования сиропа как альтернативного источника полезных компонентов.*

*Ключевые слова: биологически активные вещества, плоды, сироп шиповника, кулонометрический и спектрофотометрический методы.*

В настоящее время наблюдается рост интереса к использованию лекарственных растений как природного источника целого комплекса биологически активных веществ (БАВ) в качестве пищевых добавок [1].

Цель исследования – определение содержания БАВ в плодах и сиропе шиповника. В рамках данной работы изучено содержание витамина С и флавоноидов, необходимых для поддержания и сохранения здоровья человека. Для определения БАВ были использованы кулонометрический и спектрофотометрический методы. Анализ проводили с использованием рекомендаций [2, 3]. В качестве объектов исследования использовали плоды и сиропы шиповника разных производителей. Результаты работы представлены в таблице.

Содержание витамина С и флавоноидов в исследуемых образцах

Лекарственные формы шиповника	Витамин С, %	Флавоноиды, %
Плоды (фильтр-пакеты), АО «Ст. Медиафарм»	2.04±0.15	0.39±0.06
Сухие плоды, собранные в Кировской области	2.20±0.18	0.41±0.08
Сироп, ООО «Грин Сайд»	2.44±0.13	0.46±0.09
Сироп, ООО «Витамин Продукт»	2.52±0.16	0.47±0.07

Таким образом, результаты исследования показали, что наибольшее количество биологически активных веществ содержится в сиропе шиповника. Полученные данные позволяют сделать вывод о целесообразности употребления сиропа шиповника в качестве источника ценных питательных веществ. Исследование имеет практическое значение для разработки новых продуктов питания и лекарственных форм на основе шиповника.

### Список литературы

1. Е.В. Сергунова // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата фармацевтических наук. 2002.
2. А.И. Фокина, Е.Г. Фоминых, К.И. Южанин // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 34.
3. О.В. Чечета, Е.Ф. Сафонова, А.И. Сливкин, С.В. Снопов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2011. № 1. С. 205.

УДК: 66.061.34

## **ВЫДЕЛЕНИЕ ФИТОСТЕРОЛОВ И ТОКОФЕРОЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ**

**Алпатова Н.В., Герасименко Е.О.**

*Кубанский государственный технологический университет  
350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2; email: alpatova\_nat@mail.ru*

*Погоны дистилляций растительных масел являются богатым источником фитостеролов и токоферолов, а также свободных жирных кислот. Существует множество способов их компонентного разделения, включающих химические и физические процессы. Цель работы – модификация способа твердофазной экстракции.*

*Ключевые слова: фитостеролы, токоферолы, погоны дезодорации растительных масел, твердофазная экстракция.*

Погоны дистилляций растительных масел, которые образуются на этапе их переработки, являются богатым источником фитостеролов и токоферолов, а также свободных жирных кислот [1]. Существует множество способов для фракционирования погонов дистилляций растительных масел, включающих химические (омыление, раскисление, переэтирификация) и физические (молекулярная дистилляция, кристаллизация) процессы [2].

Цель работы – модификация способа твердофазной экстракции. Способ заключается в смешении погонов дезодорации растительных масел с силикагелем и проведении последовательной твердофазной экстракции петролевым эфиром и этиловым спиртом с последующим удалением растворителей из полученных фракций. При этом после отгонки петролевого эфира из первой фракции остаются свободные жирные кислоты, а после отгонки этилового спирта из второй фракции – концентрат фитостеролов и токоферолов. Преимуществом описанного способа является повышение производительности получения концентратов фитостеролов и токоферолов из погонов дистилляций растительных масел, а также снижение расхода реагентов по сравнению с колоночной хроматографией [3].

### **Список литературы**

1. E.A. Butina, E.O. Gerasimenko, S.A. Kalmanovich, O.S. Vorontsova, N.V. Alpatova // J. Pharm. Sci. Res. 2018. V. 10. No. 1. P. 65.
2. D. Krezhova (ed.) // Recent trends for enhancing the diversity and quality of soybean products. IntechOpen, 2011. P. 447.
3. T.-B. Ng (ed.) // Soybean – Applications and technology. IntechOpen, 2011. P. 329.

УДК 547.99+615.322

## ТУБЕРКУЛОЦИДНЫЕ СВОЙСТВА НОВЫХ N-ПРОИЗВОДНЫХ 28-ОКСОАЛЛОБЕТУЛОНА

**Алхимова Л.Е.<sup>1</sup>, Денгис Н.А.<sup>2</sup>, Власенко В.С.<sup>2</sup>, Кошкин И.Н.<sup>2</sup>,  
Елышев А.В.<sup>1</sup>, Кулаков И.В.<sup>1</sup>, Шумакова К.М.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Тюменский государственный университет

625003, г. Тюмень, ул. Переконская, 15а; email: l.e.alkhim@gmail.com

<sup>2</sup>Омский аграрный научный центр

644012, г. Омск, просп. Королева, 26

<sup>3</sup>Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина

644008, г. Омск, Институтская площадь, 1

Были получены новые производные 28-оксоаллобетулона с гидразидами салициловой и изоникотиновой кислот, проверена их туберкулоцидная активность.

Ключевые слова: 28-оксоаллобетулон, гидразид салициловой кислоты, изониазид, гидразоны, туберкулоцидные свойства.

Нашим коллективом ранее была установлена противотуберкулезная активность конъюгатов вакцины БЦЖ с бетулином, бетулиновой и бетулоновой кислотами [1]. Параллельно нами были подобраны условия получения 28-оксоаллобетулона из бетулоновой кислоты [2]. В данной работе показано, что 28-оксоаллобетулон образует с гидразидами салициловой и изоникотиновой кислот соответствующие гидразоны **I**, **II**.

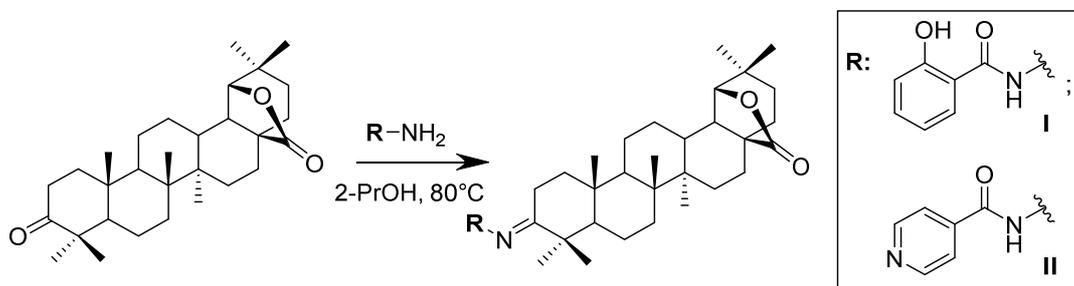


Схема получения N-производных 28-оксоаллобетулона.

Биологическая активность гидразонов **I** и **II** была проверена в исследовании на туберкулоцидные свойства методом серийных разведений в жидкой питательной среде. Было установлено, что минимальная подавляющая концентрация для **I** и **II** составляет 6.25 и 0.78 мкг/мл соответственно.

Исследование выполнено в рамках стратегического проекта «Природовдохновленный инжиниринг: нано- и микроразмерные технологии для экономики будущего» ТюмГУ по программе Минобрнауки России «Приоритет-2030» (национальный проект «Наука и университеты»).

### Список литературы

1. I.N. Koshkin, V.S. Vlasenko, V.I. Pleshakova, L.E. Alkhimova, A.V. Elyshev, I.V. Kulakov // Vaccines. 2022. V. 10. No. 12. 2084.
2. Л.Е. Алхимова, С.Ю. Грищенко, А.В. Елышев, И.В. Кулаков // Химия и технология растительных веществ: тезисы докладов XII Всероссийской научной конференции с международным участием и школой молодых ученых. Киров, 2022. С. 8.

УДК 577.1:547.94:661.7:547.7/8

## СИНТЕЗ НОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГАРМИНА И ИХ ЦИТОТОКСИЧНОСТЬ

Аманжан А.

АО «Научно-производственный центр «Фитохимия»»  
Республика Казахстан, 100009, г. Караганда, ул. М. Газалиева, 4;  
email: info@phyto.kz

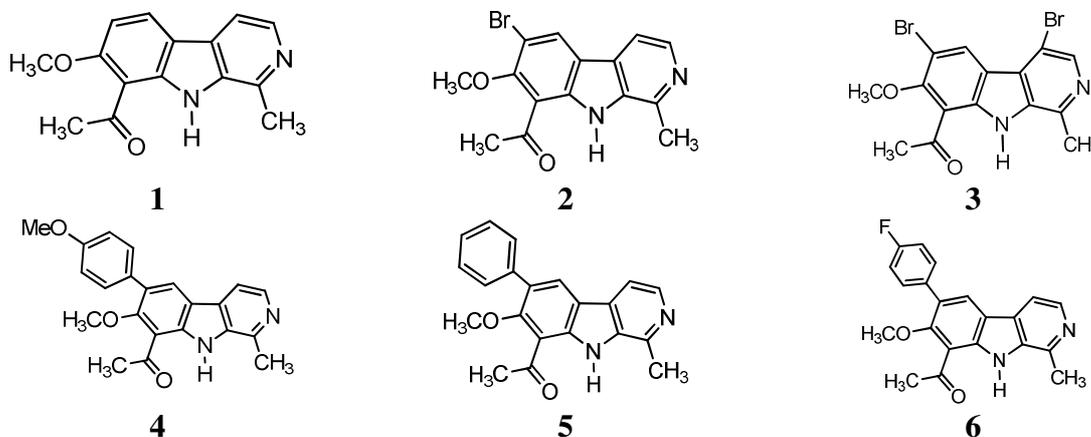
В докладе представлены результаты синтеза новых соединений на основе алкалоида гармина и определения цитотоксичности синтезированных образцов.

Ключевые слова: гармин, 8-ацетилгармин, новые соединения, цитотоксичность, синтез.

Растительные алкалоиды и их производные считаются потенциальными анти-тубулинами и относятся к сильным цитотоксинам.

В плане направленного поиска новых фармакологически активных агентов нами на основе  $\beta$ -карболинового алкалоида гармина синтезированы новые соединения.

Взаимодействием 8-ацетилгармина (1) с *N*-бромсукцинимидом синтезированы 6-бром-8-ацетилгармин (2) и 4,6-дибром-8-ацетилгармин (3) с выходами 90 и 7.5% соответственно. Разработан эффективный метод введения арильного заместителя в положение С-6 молекулы 8-ацетилгармина (1) реакцией кросс-сочетания 6-бром-8-ацетилгармина (2) с арилборными кислотами. Реакция протекает с выходами продуктов 40–55%.



По результатам биоскрининга синтезированных производных гармина (2–6) на личинках морских рачков *Artemia salina* (Leach) выявлено, что 6-бром-8-ацетилгармин (2), 4,6-дибром-8-ацетилгармин (3) и 6-фенил-8-ацетилгармин (5) проявляют сравнительно высокую цитотоксичность и при этом летальность личинок составляет 77.7–79.5%.

УДК 582.47:631.861

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭМУЛЬСИОННОГО ЭКСТРАКТА СОСНЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЯНЦЕВ ЕЛИ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ

Андреева Е.М.<sup>1</sup>, Стеценко С.К.<sup>1</sup>, Терехов Г.Г.<sup>1</sup>,  
Хуршкайнен Т.В.<sup>2</sup>, Кучин А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ботанический сад УрО РАН  
620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а; email: e\_m\_andreeva@mail.ru  
<sup>2</sup>Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48

*В работе представлены результаты изучения степени проявления стимулирующего эффекта эмульсионных экстрактов древесной зелени сосны на рост и качество сеянцев ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.).*

*Ключевые слова: хвойная древесная зелень, экстракт, сеянцы ели, лесной питомник, биометрические показатели, корневая система.*

Эффективное развитие лесопитомнического хозяйства связано с разработкой, апробацией и включением новых технологических приемов, обеспечивающих как экономическую обоснованность получения растительной продукции, так и устойчивое и крупномасштабное восстановление нарушенных лесных территорий. К получаемым в лесных питомниках сеянцам предъявляются достаточно высокие требования – они должны обладать определенными размерами надземной части, а также хорошо развитой корневой системой, способной снабдить растение необходимым количеством влаги и минеральных веществ во время сложного периода их пересадки в лесную среду.

В лабораторном эксперименте при контролируемых условиях роста в климатической камере проводили определение оптимальных доз нейтральных и кислых компонентов эмульсионного экстракта сосны для последующего испытания их в полевом эксперименте. Выращивание сеянцев ели из семян, предварительно замоченных в растворах компонентов сосны, проводили в опытных площадках, заложенных в производственных лесных питомниках Свердловской области. У однолетних сеянцев в конце вегетационного сезона определяли биометрические показатели (высоту и диаметр стволика, длину главного корня) и изучали развитие корневой системы (количество и вид боковых корней, а также их длину).

Показано положительное влияние предпосевной обработки семян ели кислыми компонентами экстракта сосны как в лабораторном, так и в полевом эксперименте. Под воздействием кислых компонентов размеры проростка и корня заметно увеличились в диапазоне доз 0.05–0.5 г/кг семян.

Установлено стимулирующее воздействие кислых компонентов сосны на однолетние сеянцы ели, которое выразилось в увеличении размеров стволика на 17 и 35% при использовании доз 0.5 и 0.05 г/кг семян соответственно. Применение нейтральных компонентов благоприятно отразилось на формировании корневой системы, особенно в дозе 0.012 г/кг семян.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-73-20091 (<https://rscf.ru/project/21-73-20091/>)).*

УДК 547.913.6+547.853.3

## ПЕРВЫЕ НУКЛЕОТЕРПЕНОИДЫ НА ПЛАТФОРМЕ ДИТЕРПЕНОИДА ИЗОСТЕВИОЛА. СИНТЕЗ И ПРОТИВОРАКОВАЯ АКТИВНОСТЬ

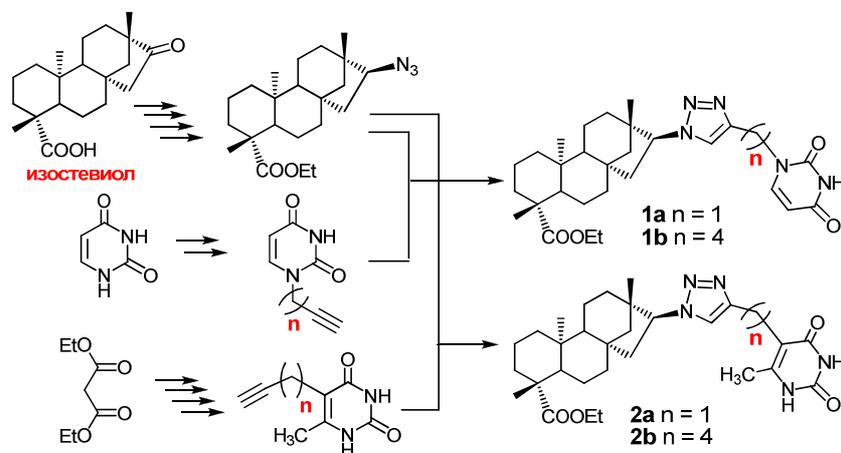
**Андреева О.В., Беленок М.Г., Стробыкина И.Ю., Сайфина Л.Ф.,  
Волошина А.Д., Семенов В.Э., Катаев В.Е.**

*ИОФХ им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН  
420088, г. Казань, ул. Арбузова, 8; email: kataev57@yandex.ru*

*Синтезированы конъюгаты дитерпеноида изостевиола с урацилом и 6-метилурацилом (нуклеотерпеноиды), показавшие умеренную цитотоксичность в отношении раковых клеток человека M-HeLa, HuTu-80, MCF-7.*

*Ключевые слова: дитерпеноиды, изостевиол, урацил, противораковая активность.*

На сегодняшний день синтезировано более тысячи производных дитерпеноида изостевиола различного строения, обладающих разноплановой биологической активностью [1]. Этой работой мы начинаем синтез неизвестных ранее конъюгатов изостевиола с нуклеиновыми основаниями и нуклеозидами (нуклеотерпеноиды). Синтезированы первые конъюгаты **1a,b**, **2a,b**, показавшие умеренную цитотоксичность против нескольких линий раковых клеток человека.



Соединение	IC <sub>50</sub> (мкМ)				
	Раковые линии клеток			Нормальные линии клеток	
	M-HeLa	MCF-7	Hu Tu 80	WI38	Chang liver
<b>1a</b>	21.4±2.1	51.0±3.6	22.9±1.8	37.0±3.0	41.4±3.3
<b>1b</b>	30.2±2.6	21.0±1.7	20.3±1.7	39.2±2.7	28.0±2.1
<b>2a</b>	33.9±2.3	40.6±3.2	27.3±1.9	32.0±2.2	37.1±2.8
<b>2b</b>	18.2±1.4	21.7±1.7	11.6±0.9	17.4±1.3	24.1±1.9
Doxorubicin	2.1±0.2	0.4±0.03	0.2±0.01	0.4±0.03	0.5±0.04

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 24-13-00006).*

### Список литературы

1. Y. Yang, L. Zhao, T. Wang, X. Zheng, Y. Wu // Bioorg. Chem. 2024. V. 143. 107074.

УДК 66.061.34, 615.322

## ПРИМЕНЕНИЕ СМЕСИ ХЛОРИДА ХОЛИНА И МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ЛИСТЬЕВ *VACCINIUM VITIS-IDAEA* L.

Аниськевич А.С.<sup>1</sup>, Цветов Н.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Мурманский арктический университет»

183010, г. Мурманск, ул. Спортивная, 13

<sup>2</sup>ФИЦ «Кольский научный центр» РАН

184209, г. Апатиты, ул. Ферсмана, 14; email: n.tsvetov@ksc.ru

*В работе впервые изучена кинетика ультразвуковой экстракции суммы полифенольных соединений и флавоноидов с помощью смеси хлорид холина+молочная кислота+вода из листьев брусники обыкновенной.*

*Ключевые слова: *Vaccinium vitis-idaea* L., глубокие эвтектические растворители, экстракция, полифенольные соединения, флавоноиды.*

Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.) – вечнозеленый ягодный кустарничек, распространенный от тундровой зоны до подзоны средней тайги. Листья брусники содержат полифенолы, гидроксикоричные кислоты, флавонолы, проантоцианидины, тритерпеноиды, которые обуславливают антиоксидантные, противомикробные, противоопухолевые, диуретические, гепапротекторные свойства. Листья брусники обыкновенной включены в XIV издание Государственной фармакопеи Российской Федерации.

Современная «зеленая химия» старается уйти от традиционных летучих, легковоспламеняющихся растворителей и перейти на более экологически чистые экстрагенты, например, глубокие эвтектические смеси. Однако на данный момент не было найдено примеров применения этих растворителей для экстракции метаболитов брусники.

Цель работы – изучение кинетики ультразвуковой экстракции суммы полифенольных соединений и флавоноидов с помощью смеси хлорид холина+молочная кислота+вода в молярном соотношении 1:1:1 из листьев брусники обыкновенной.

Ультразвуковая экстракция проводилась при 45 °С в течение 10–60 мин. Экстракт отделяли от растительного сырья центрифугированием при 5000 об/мин в течение 5 мин. Сумма полифенольных соединений определялась методом Фолина-Чиокальтеу, сумма флавоноидов – по реакции с хлоридом алюминия. Кинетические данные аппроксимировались уравнением реакции второго порядка.

Показано, что достаточное время экстракции – 30 мин. Максимальный выход полифенолов в пересчете на галловую кислоту составил 256.1±36.2 мг/г, выход флавоноидов в пересчете на рутин – 31.0±1.3 мг/г.

Полученные данные будут использованы в дальнейших разработках способов извлечения биологически активных соединений из листьев брусники с помощью глубоких эвтектических растворителей.

*Работа выполнена в рамках темы НИР FMEZ-2022-0012.*

УДК 630\*114.351, 581.5

## СОДЕРЖАНИЕ ЛИГНИНА И ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В *VACCINIUM ULIGINOSUM* L. В ВЫСОТНОМ ГРАДИЕНТЕ ЛЕС-ТУНДРА ГОРЫ ЮМЕЧОРР ХИБИНСКОГО ГОРНОГО МАССИВА

Артемкина Н.А.

*Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ Кольского НЦ РАН  
184209, г. Апатиты, ул. Академгородок, 14а; email: n.artemkina@ksc.ru*

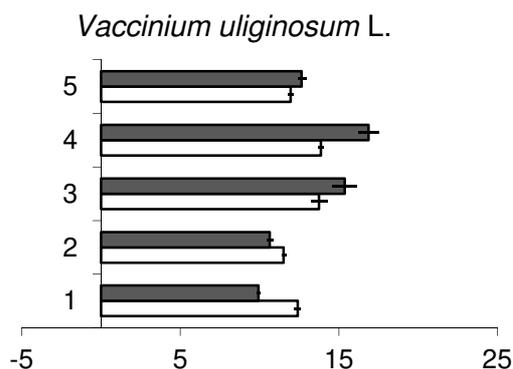
*Проведены исследования содержания лигнина и целлюлозы в листьях *Vaccinium uliginosum* L. в высотном градиенте лес-тундра г. Юмечорр Хибинского горного массива. Установлено повышение концентрации лигнина и целлюлозы до определенной высоты с дальнейшим ее понижением.*

*Ключевые слова: *Vaccinium uliginosum* L., лигнин, целлюлоза, высотный градиент, Хибиньы.*

Взаимосвязи леса и тундры могут проявляться в изменении химического состава растений, произрастающих в данных условиях среды, что оказывает существенное воздействие на формирование почв, циклы углерода и элементов питания.

Всего заложено пять пробных площадей: в ельнике кустарничково-зеленомошном (1, 312–315 м над уровнем моря), сосняке лишайниково-кустарничковом (2, 350–353 м н.у.м.), березовом кустарничковом редколесье (3, 364–372 м н.у.м.), кустарничково-лишайниковой горной тундре (4, 436–438 м н.у.м.) и каменисто-кустарничково-лишайниковой горной тундре (5, 598–605 м н.у.м.). Содержание лигнина и целлюлозы определяли путем обработки пробы 72%-ной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, после предварительного кипячения в растворе ЦТАБ (10 г цетилтриметиламмония бромид в 1 л 0.5 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (Rowland, Roberts, 1994).

Цель работы – исследование содержания лигнина и целлюлозы в листьях голубики обыкновенной (*Vaccinium uliginosum* L.) в высотном градиенте лес-тундра г. Юмечорр Хибинского горного массива (Мурманская область). Изменения химического состава листьев голубики обуславливают особенности органогенных горизонтов почвы и интенсивность поглощения растениями органогенных и минеральных элементов.



Содержание лигнина (темные столбики) и целлюлозы (светлые столбики) в листьях голубики (*Vaccinium uliginosum* L.) в высотном градиенте лес-тундра г. Юмечорр.

*Работа выполнена в рамках государственного задания темы НИР «Биоразнообразие и мультифункциональность наземных экосистем Евро-Арктического региона» № 1021051803679-9.*

УДК 547.915

## ПРОФИЛЬ И РОСТОСТИМУЛИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ ЛИПИДОВ *THERMOPSIS ALTERNIFLORA* REGEL ET SCHMALH.

Асилбекова Д.Т., Закирова Р.П.

*Институт химии растительных веществ им. ак. С.Ю. Юнусова АН РУз  
Республика Узбекистан, 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77;  
email: dasil@rambler.ru*

*Исследованы липиды и жирные кислоты, выделенные из цветков *Thermopsis alterniflora* Regel et Schmalh. Липидный экстракт, обогащенный пальмитиновой, линолевой линоленовой кислотами и липофильными веществами, проявил ростостимулирующую активность на культурах пшеницы и огурцов.*

*Ключевые слова: Fabaceae, *Thermopsis alterniflora* Regel et Schmalh., липиды, жирные кислоты, каротиноиды, ростостимулирующая активность.*

В растительном сырье содержатся различные группы биологически активных веществ, в том числе липиды. Они, как первичные метаболиты любой живой ткани, непосредственно вовлечены в процессы размножения, нормального роста и развития растительного организма. Структура большой группы липидов растений, характеризуется наличием остатков жирных кислот, которым сопутствуют пигменты, фитостеролы и другие липофильные соединения. Надземная часть растения *Thermopsis alterniflora* Regel et Schmalh. (сем. Fabaceae) перерабатывается для получения препарата «Цитизин» и «Флатерон», а перерабатываемое сырье состоит из листьев, мелких стеблей, цветков и бобов с семенами. Продолжая анализ липидов и липофильных веществ [1], в работе исследован экстракт липидов из цветков данного растения.

Выход экстрактов липидов из различных органов растения, содержание в них липофильных веществ и состав жирных кислот представлены в таблицах.

Таблица 1 – Выход липидов из различных частей *Th. alterniflora* и доля в них липофильных веществ, %

Орган растения	Фаза вегетации	Липиды	Липофильные вещества
Надземная часть	Цветение	2.1	15.9
Цветы	Цветение	1.8	13.5
Семена [1]	Плодоношение	9.4	4.9

Химические анализы показали, что экстракт липидов из цветков, в отличие от таковых из семян, более обогащен свободными жирными кислотами и липофильными веществами, включающими каротиноиды (27 мг%), алифатические спирты, тритерпенолы, стеролы и др. Мажорными являются пальмитиновая (16:0), линолевая (18:2) и линоленовая (18:3) кислоты. Выявлено, что липидный экстракт из цветков проявляет ростостимулирующую активность, при предпосевной обработке семян концентрациями 0.001 и 0.0001% длина корней пшеницы была выше, чем у контрольных образцов на 9.6 и 7.7%, огурцов – на 32.9 и 24.6% соответственно.

Таблица 2 – Состав жирных кислот липидов из цветков *Th. alterniflora*, % ГХ-ПИД

14:0	16:0	17:0	18:0	20:0	22:0	$\Sigma_{\text{нас.}}$	16:1	18:1	18:2	18:3	$\Sigma_{\text{ненас.}}$
1.7	43.9	0.6	8.2	2.9	2.4	59.7	3.4	5.9	14.9	16.1	40.3

### Список литературы

1. D.T. Asilbekova // Chem. Nat. Compd. 2004. V. 40. No. 6. P. 532.

УДК 547.915

## БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ЛИПИДНОЙ ПРИРОДЫ ВИНОГРАДНОГО МАСЛА

Асилбекова Д.Т., Зокирова У.Т., Хидырова Н.К.

*Институт химии растительных веществ им. ак. С.Ю. Юнусова  
Республика Узбекистан, 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77;  
email: nhidirova@yandex.ru*

*Исследованы биологически активные компоненты липидной природы и профиль жирных кислот плодов винограда *Vitis vinifera* L. (сем. Vitaceae, сорт Изабелла), культивируемого в Узбекистане. Показано, что масло из семян изученного сорта обогащено триацилглицеролами, а в составе жирных кислот доминируют ненасыщенные компоненты, в том числе линолевая кислота (18:2 $\omega$ 6, 66.2%). Во фракции неомыляемых веществ впервые обнаружены полипренолы, являющиеся дека- и ундекапренолами.  
Ключевые слова: *Vitis vinifera* L., мякоть, семена, липиды, жирные кислоты, полипренолы.*

Липиды пищевых культур представляют особый интерес для создания жировых продуктов питания и биологически активных добавок в фитотерапии и косметике. В работе исследовали профиль жирных кислот и биологически активных компонентов липидной природы свежих плодов винограда *Vitis vinifera* L. (сем. Vitaceae, сорт Изабелла), культивируемого в Узбекистане. Плоды винограда вручную разделяли на семена (выход 5%) и мякоть. Липиды из семян и мякоти экстрагировали экстракционным бензином (т. кип. 70–80 °С) и получали масло семян с выходом 15.3% в пересчете на сухую массу. Выход липидов из мякоти составил 0.14%. Анализ методом ТСХ показал, что основными составляющими масла из семян являются триацилглицеролы. Им соответствуют в небольших количествах свободные жирные кислоты и липофильные вещества. Далее, из масла семян в щадящих условиях щелочного гидролиза выделяли сумму жирных кислот и неомыляемые вещества (НВ).

Жирные кислоты, проанализированные в виде их метиловых эфиров методом ГЖХ (Agilent 8860 GC, пламенно-ионизационный детектор, колонка Supelco SP<sup>TM</sup>-2560, 100 м × 0.25 мм), состояли из насыщенных кислот четного ряда 14:0–20:0 (в сумме 12.6%) и ненасыщенных компонентов: 16:1 $\omega$ 7 (0.3%), 18:1 $\omega$ 9 (19.6%), 18:2 $\omega$ 6 (66.2%), 18:3 $\omega$ 3 (1.0%), 20:1 $\omega$ 9 (0.3%). Полученные данные показали, что виноградное масло изученного сорта обогащено ненасыщенными кислотами (87.4%), особенно линолевой кислотой (18:2 $\omega$ 6), и может быть использовано для балансирования соотношения эссенциальных кислот  $\omega$ 6 и  $\omega$ 3 серий при приготовлении жиросодержащих пищевых продуктов. Во фракции НВ масла были обнаружены липофильные соединения – тритерпенолы, стеролы, токоферолы, каротиноиды, ксантофиллы, а также полипренолы. Ранее нами были исследованы полипренолы листьев *Vitis vinifera* L. (сорт Буаки), и показано, что они содержат три *транс*- и семь–девять *цис*-изопреновых единиц  $n = 10–12$ , где доминируют ундека- и додекапренолы [1]. В настоящей работе в составе НВ семян винограда (сорт Изабелла) впервые идентифицированы дека- и ундекапренолы.

### Список литературы

1. U.T. Zokirova, N.K. Khidyrova, N.V. Tursunova, V.N. Syrov, Kh.M. Shakhidoyatov // Chem. Nat. Compd. 2015. V. 51. P. 423.

УДК 633.85.494:581.192.2:664.34

## СПОСОБ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В ЛИПИДНОМ КОМПЛЕКСЕ СЕМЯН РАПСА (*BRASSICA NAPUS* L.)

Астахова Ю.О.

*Липецкий научно-исследовательский институт рапса  
398037, г. Липецк, ул. Боевой проезд, 26; email: info@lniir.ru*

*Проведено исследование липидного комплекса семян рапса ярового современным методом ИК-спектроскопии. Дана оценка содержания масла и основных жирных кислот в неразмолотых семенах с использованием экспресс ИК-анализатора SpectraStar 2600XT-3.*

*Ключевые слова: рапс, липиды, масло, жирные кислоты, ИК-спектроскопия, качество.*

Рапс (*Brassica napus* L.) – однолетнее масличное растение семейства Крестоцветных, рода Капуста. Из семян сортов рапса 00 типа (безэруковых, низкогликозинолатных) получают масло с повышенной биологической ценностью. Благодаря сбалансированному сочетанию ненасыщенных жирных кислот, рапсовое масло полезно для здорового развития нервной системы и функций мозга. Спрос на качественное рапсовое масло определяет необходимость создания селекционерами новых сортов *Brassica napus* L. с высокой концентрацией масла и улучшенным жирнокислотным составом.

Известно, что в липидном комплексе масличных семян рапса синтезируются и накапливаются запасные липиды, прежде всего триацилглицерины, с варьирующим жирнокислотным составом (ЖКС) [1]. Из ненасыщенных жирных кислот в составе рапсового масла основными являются олеиновая, линолевая и линоленовая, которые составляют 91–93% от суммы всех жирных кислот [2].

Определение ЖКС рапсового масла традиционно проводится с использованием хроматографического метода. Но в последние годы метод спектроскопии в ближней инфракрасной области стал популярным из-за преимуществ перед другим в скорости, экономичности, работоспособности и экологичности.

В данном исследовании содержание масла и основных жирных кислот в семенах определяли с помощью ИК-анализатора SpectraStar 2600XT-3. Анализ проводили в лаборатории биохимии Липецкого научно-исследовательского института рапса (ЛНИИР) на семенах рапса ярового сорта Ярило 00 типа. Предварительно была разработана градуировочная модель для ИК-анализатора по определению параметров в семенах. Спектры сортообразца регистрировали в кювете (навеска 6.78 г) в диапазоне 680–2600 см<sup>-1</sup>. Управление режимами работы, измерений и сохранения результатов производили программой UScan™. Время анализа – меньше 1 мин. Скрининг масличности семян рапса Ярило показал данные в диапазоне 43.72–45.04%; по содержанию олеиновой кислоты – 65.4–68.28%, линолевой – 19.79–20.59% и линоленовой – 8.83–10.08%.

Полученные данные дают возможность использовать семена ярового рапса сорта Ярило как качественное сырье для пищевого масла. Метод ИК-спектроскопии позволяет быстро и неинвазивно определить содержание основных жирных кислот в семенах рапса, тем самым повышая эффективность селекционной работы.

### Список литературы

1. Е.В. Соломонова, Е.Ю. Ембатурова, Ю.С. Черятова, С.Г. Монахос // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. № 4. С. 58.
2. С.Г. Ефименко, С.К. Ефименко // Масличные культуры. 2022. № 1(189). С. 34.

УДК 547.596.7+547.639.5

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ МОНО-, СЕСКВИ- И ДИТЕРПЕНОИДОВ: СИНТЕЗ, СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ САМОСБОРКА И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

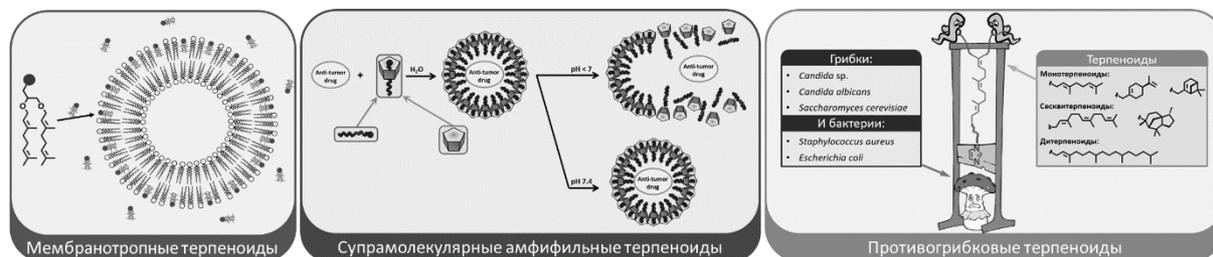
**Ахмедов А.А., Гамиров Р.Р., Панина Ю.В., Макарова С.М., Шурпик Д.Н., Стойков И.И.**

*Химический институт им. А.М. Бутлерова,  
Казанский (Приволжский) федеральный университет  
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18; email: naive2294@gmail.com*

*Дизайн и синтез функциональных производных природных терпеноидов для создания разнообразных систем, применимых в терапии различных заболеваний.*

*Ключевые слова: терпеноиды, меротерпеноиды, пиллар[5]арен, антибактериальная активность, антимикотическая активность.*

В последние годы большое внимание уделяется развитию препаратов на основе природных источников. В перспективе это может позволить найти антимикробные препараты с новым механизмом действия и повысить эффективность лечения. Терпеноиды представляют собой одну из самых обширных и структурно разнообразных групп природных соединений, которые обладают антибактериальным, антимикотическим, противоопухолевым, противовирусным действием и способствуют трансдермальной абсорбции. Поэтому создание терапевтических агентов на основе природных терпеноидов, обладающих биологической активностью, представляет перспективное направление в современной органической и медицинской химии.



Разработанные в ходе исследования системы.

В ходе исследования путем направленной функционализации природных терпеноидов разработаны разнообразные биомиметические системы (рисунок), которые способны к взаимодействию с фосфолипидными модельными мембранами [1]; системы, которые способны к инкапсуляции терапевтического препарата и контролируемому его высвобождению [2]; а также системы, обладающие высокой противогрибковой и антимикробной активностью в отношении патогенных грибов и бактерий [3].

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 22-73-00187).*

### Список литературы

1. A.A. Akhmedov, D.N. Shurpik, V.V. Plemenkov, I.I. Stoikov // *Mendeleev Commun.* 2019. V. 29. No. 1. P. 29.
2. A.A. Akhmedov, D.N. Shurpik, P.L. Padnya, A.I. Khadieva, R.R. Gamirov, Y.V. Panina, A.F. Gazizova, D.Y. Grishaev, V.V. Plemenkov, I.I. Stoikov // *Int. J. Mol. Sci.* 2021. V. 22. No. 15. 7950.
3. A. Akhmedov, R. Gamirov, Y. Panina, E. Sokolova, Y. Leonteva, E. Tarasova, R. Potekhina, I. Fitsev, D. Shurpik, I. Stoikov // *Org. Biomol. Chem.* 2023. V. 21. No. 23. P. 4863.

УДК 661.728.7

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕНИ ЩЕЛОЧНОЙ ВАРКИ СТЕБЛЕЙ КРАПИВЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОЙ ЧАСТИ

Аюпова Р.А., Горбунов А.С., Халиков А.Т., Гараева М.Р.

ФГБОУ ВО КНИТУ

420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68; email: milyaushka@yandex.ru

В работе исследовано влияние времени щелочной обработки на содержание высокомолекулярной части. Построена зависимость содержания  $\alpha$ -целлюлозы от времени щелочной варки и составлено уравнение регрессии.

Ключевые слова: растительное сырье, щелочная варка, целлюлоза из стеблей крапивы,  $\alpha$ -целлюлоза, зависимость содержания  $\alpha$ -целлюлозы.

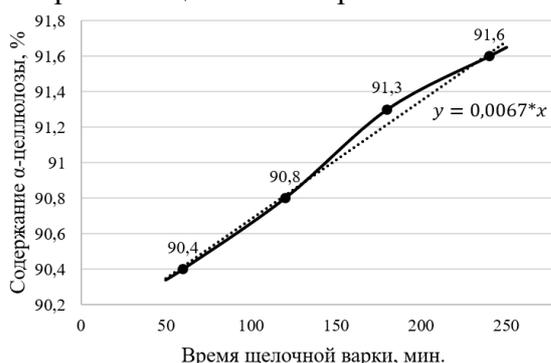
Из листьев крапивы производят шампуни и биологически активные добавки, а из семян – лечебный чай. Основные достоинства использования стеблей крапивы в качестве исходного сырья для получения целлюлозы – его ежегодная воспроизводимость и низкая стоимость в связи с тем, что для выделения целлюлозы применяются отходы от производства товаров народного потребления [1].

В целлюлозе, используемой для химической переработки, содержание  $\alpha$ -целлюлозы является одним из важнейших показателей.  $\alpha$ -Целлюлоза – это высокомолекулярная часть целлюлозы, нерастворимая в 17.5%-ном растворе NaOH [2].

Исходное сырье: стебли крапивы двудомной (*Urtica dioica*), собранные в 2020 г. на территории Республики Татарстан в д. Керекес.

Щелочная варка стеблей крапивы проводилась в растворе NaOH концентрацией 4% масс. в присутствии ПАВ Синтанол АЛМ-10 (0.5% масс.) при температуре  $95 \pm 5$  °C в течение 60–240 мин.

В результате проведенного исследования построена зависимость изменения содержания  $\alpha$ -целлюлозы от времени щелочной варки.



Изменение содержания  $\alpha$ -целлюлозы от времени щелочной варки.

Установлено, что содержание  $\alpha$ -целлюлозы достигает оптимального значения при 240 мин щелочной варки.

### Список литературы

1. А.С. Горбунов, А.Ф. Гильманова, М.Р. Гараева. Получение целлюлозы многоцелевого назначения из альтернативного растительного сырья // Жизнь в XXI веке. 2022. С. 294.
2. Ю.С. Иванов, А.Б. Никандров, А.Г. Кузнецов // Производство сульфатной целлюлозы. 2017. Ч. 1. С. 6.

УДК 676.16.022.6.031

## СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛОКОН СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ СТВОЛА И ВЕТВЕЙ ОСИНЫ

**Балыбердин К.И., Албаррам Ф., Казаков Я.В.**

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17;  
email: konstantinbalyberdin54@gmail.com*

*Изучены структурно-морфологические свойства сульфатной небеленой целлюлозы из древесины ствола и ветвей осины, полученных по одинаковому режиму. Целлюлоза из ветвей осины обладает несколько меньшей средней длиной, шириной, грубостью и степенью изогнутости волокна, а также пониженным содержанием мелочи.*

*Ключевые слова: тонкомерная древесина, сульфатная целлюлоза, структурно-морфологические свойства волокна.*

Введение в переработку древесины ветвей соответствует современным тенденциям по комплексному использованию древесного сырья, т.е. получению полезных продуктов из ветвей деревьев, массовая доля которых может составлять 15–20% от массы древесины дерева, имеющих ценность как сырьевой ресурс [1].

Цель работы – сравнение структурно-морфологических свойств сульфатной небеленой целлюлозы из ветвей осины с целлюлозой из спелой древесины, полученных по одинаковому режиму варки.

Небеленую сульфатную целлюлозу получали на автоклавной системе CAS 420. Одновременно в соседних автоклавах проводили варку щепы из ветвей и, для сравнения, из ствола осины. Число каппа у целлюлозы из ветвей и ствола составило 25 и 20 соответственно. Определение структурно-морфологических характеристик волокна проводилось на автоматическом анализаторе волокна L&W Fiber Tester [2].

Установлено, что, по сравнению с целлюлозой из ствола, волокна целлюлозы из ветвей более короткие (0.52 против 0.79 мм), с меньшей шириной (22.2 против 23.1 мкм), менее изогнутые (фактор формы 93.4 против 90.9) и имеют меньше изломов на 1 мм длины волокна (0.27 против 0.51), обладают меньшей грубостью (96 против 103 дг). Таким образом, целлюлоза из ветвей обладает короткими, тонкими и прямыми волокнами, менее поврежденными при варке, что подтверждается меньшим индексом излома. При меньшей длине волокна обращает внимание малое содержание мелочи (2.5 против 5.0%).

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что при меньшей длине и ширине волокна, по сравнению с волокном из спелой древесины, целлюлоза из ветвей обладает достаточным бумагообразующим потенциалом для использования ее в композиции бумаги и картона.

### **Список литературы**

1. Ф.Х. Хакимова, К.А. Синяев, Р.Р. Хакимов, О.А. Носкова // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2020. Т. 24. № 2. С. 88.
2. Я.В. Казаков, Н.А. Бабич // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. XLI. № 6. С. 521.

УДК 547.598.2 + 547.415.1

## НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ (+)-НОПИНОНА С ЭТИЛЕНДИАМИНОМ

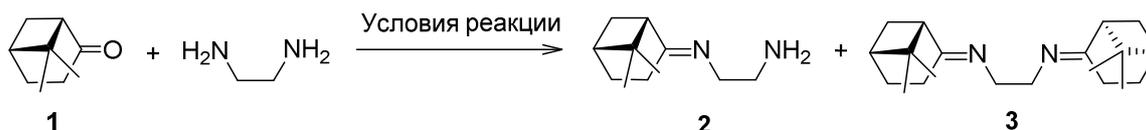
**Банина О.А., Фролова Л.Л., Попов А.В., Кучин А.В.**

*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: olga.ferolg.banina@mail.ru*

*В результате взаимодействия (+)-нопинона с этилендиамином получены моноимин и диимин nopинона в различных соотношениях. Конденсация протекала с конверсией исходного кетона 88–100%.*

*Ключевые слова: (+)-нопинон, этилендиамин, основания Шиффа, моноимин, диимин.*

(+)-Нопинон (**1**) – синтетически доступный монотерпеновый кетон, получаемый в одну стадию окислением (–)-β-пинена [1], является перспективным для дальнейших трансформаций. На основе кетона **1** получено большое количество соединений, которые нашли применение в качестве лигандов в асимметрическом синтезе [1], а также обладающих различными видами биологической активности [2, 3].



*Условия реакции: 1) катализаторы BF<sub>3</sub>·Et<sub>2</sub>O, или ZnCl<sub>2</sub>, или *p*-TsOH; 2) растворители PhMe или PhH или без растворителя; 3) кипячение с насадкой Дина-Старка, или нагрев до 60–70 °С, или кипячение в PhMe; 4) время реакции 3–15 ч.*

Настоящая работа была направлена на получение основания Шиффа **2** путем конденсации кетона **1** с этилендиамином с целью дальнейшего применения в металлокомплексном катализе. Реакции проводили в различных условиях – с использованием катализаторов BF<sub>3</sub>·Et<sub>2</sub>O, безводного ZnCl<sub>2</sub>, *p*-TsOH, в среде толуола, бензола и без растворителя. Конденсация протекала с конверсией (+)-нопинона 88–100% и образованием смеси моноимина **2** и диимина **3** в различных соотношениях (1:1.2, 1:3, 3:1, 1.3:1, 1:4), определенных методом ГЖХ. Моноимин **2** был выделен с использованием метода препаративной колоночной хроматографии и охарактеризован методами ИК и ЯМР-спектроскопии.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (гос. задание № 122040600073-3) с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Химия» Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.*

### Список литературы

1. Z. Szakonyi, T. Gonda, S.B. Ötvös, F. Fülöp // *Tetrahedron: Asymmetry*. 2014. V. 25. P. 1138.
2. J. Wu, P.-Na Wang, X. Xu, J.-Q. Yang, S.-Fa Wang // *Asian J. Chem*. 2014. V. 26. No. 22. P. 7769.
3. Y. Wang, C. Wu, Q. Zhang, Yu. Shan, W. Gu, S. Wang // *Bioorg. Chem*. 2019. V. 84. P. 468.

УДК 632.4

## ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИМИКРОБНЫХ СВОЙСТВ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ЛИСТЬЕВ ОСИНЫ И БЕРЕЗЫ

**Баринаева Н.С., Исаева Е.В.**

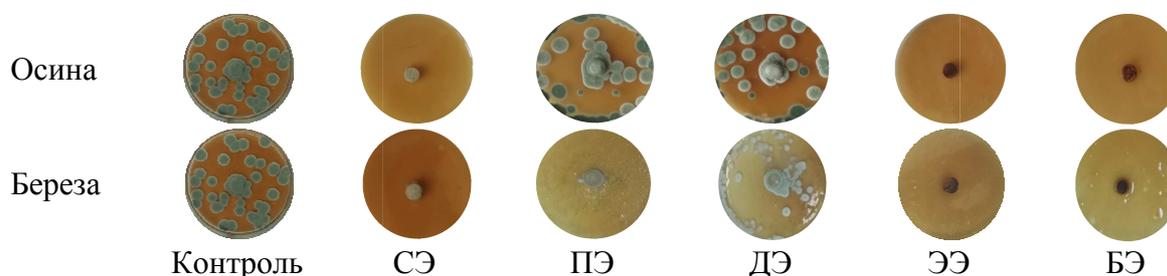
*Сибирский государственный университет науки и технологий им. ак. М.Ф. Решетнева  
660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31;  
email: info@sibsu.ru*

*В работе изучена антимикробная активность экстрактов из листьев осины и березы в отношении грибов рода *Penicillium*.*

*Ключевые слова: листья березы и осины, экстракты, грибы *Penicillium*.*

Ранее нами была установлена антимикробная активность спиртового экстракта листьев тополя бальзамического в отношении пенициллиоза семян злаковых культур [1]. В настоящем сообщении приведены результаты исследования экстрактов зеленых листьев осины обыкновенной и березы повислой, произрастающих в районе г. Красноярск. Экстракты получены в аналогичных условиях [1]. Для определения антимикробной активности использовали суслый агар (контроль). Экстракты вносили в среду с концентрацией 4 мг/мл. В качестве тест-организма использовали грибы рода *Penicillium*, выделенные из зараженного зерна пшеницы Новосибирская 31. Посевы инкубировали в течение шести суток при температуре 25–27 °С [2].

Установлено, что спиртовые экстракты зеленых листьев осины и березы обладают разной ингибирующей способностью. Суммарный спиртовой экстракт (СЭ) из листьев осины полностью подавлял рост тест-организма (рисунок).



Морфология грибов рода *Penicillium* на среде сусло-агар.

Наибольший вклад в ингибирующую способность суммарных экстрактов вносят вещества этилацетатного (ЭЭ) и бутанольного экстрактов (БЭ), полностью подавляя рост гриба *Penicillium*. Более низкая ингибирующая способность, в отличие от листьев тополя бальзамического, отмечена для веществ петролейного (ПЭ) и диэтилового экстрактов (ДЭ), при которых наблюдался рост грибов при визуальном контроле.

### **Список литературы**

1. Е.В. Исаева, Н.С. Баринаева, О.О. Мамаева // Химия и технология растительных веществ: тез. докл. всерос. конф. Киров, 2022. С. 74.
2. Н.С. Егоров // Практикум по микробиологии. М.: Высш. шк., 1976. 273 с.

УДК 633.911.1

## ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЬНА ДОЛГУНЦА В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ: ТЕХНОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

**Барнашова Е.К.<sup>1</sup>, Вергикова Е.А.<sup>1</sup>, Тараскин К.А.<sup>2</sup>, Будник М.И.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева  
127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; email: info@rgau-msha.ru*

<sup>2</sup>*Научно-исследовательский институт прикладной акустики  
141981, г. Дубна, ул. 9 Мая, 7а*

<sup>3</sup>*Российская академия ракетных и артиллерийских наук  
107564, г. Москва, ул. 1-я Мясниковская, 3, стр. 3*

*Проведены исследования по переработке растительного сырья на основе соломы льна с применением экологически приемлемых технологических методов. Показано, что образующаяся продукция содержит 72.8–80.0% целлюлозы и ряд сопутствующих примесей. Ключевые слова: целлюлоза, лен, технология переработки, экологическая безопасность.*

В настоящее время значительно возрастает актуальность поиска альтернативных источников целлюлозосодержащего сырья. Возможным вариантом является травяное сырье, в качестве которого предложен лен долгунец. Как правило лен выращивают с целью сбора семян, солома льна востребована в значительно меньшей степени и может рассматриваться как ценный источник целлюлозы.

В работе использована солома льна долгунца сорта Цезарь. Для исследований сорт высевался в Саратовской и Тверской областях. В промышленности используют сульфатный и сульфитный методы переработки растительного сырья. В экологическом плане более перспективно применение окислительных реагентов. При этом исключается использование S- и Cl-содержащих реагентов, представляющих опасность загрязнения стоков [1, 2]. Переработку соломы льна производили на специальной установке при температуре 95±0.4 °С в течение 2 ч, результаты представлены в таблице.

Результаты выделения образцов целлюлозы из соломы льна долгунца

№ п/п	Содержание компонентов в исходном растворе, % масс.				Содержание компонентов в выделенных образцах, % масс.			
	Гидроксид натрия	Бисульфит натрия	Пероксид водорода	Вода	Целлюлоза	Лигнин	Влага	Прочие примеси
1	10.0	–	–	90.0	72.8	12.5	5.5	9.2
2	15.0	–	–	85.0	73.2	11.9	4.4	10.5
3	–	10.0	–	90.0	80.1	5.6	4.8	9.5
4	–	15.0	–	85.0	79.8	5.4	5.2	9.6
5	10.0	–	10.0	80.0	77.4	7.8	5.0	9.8

Таким образом, показаны возможность и высокая эффективность извлечения целлюлозы из соломы льна с применением экологически целесообразного метода переработки.

### **Список литературы**

1. К.А. Тараскин, А.В. Козырева, Д.С. Орлов, Е.А. Антонов, Б.А. Канаев, Ю.Н. Каншина // Водочистка. 2022. № 3. С. 16.
2. А.Б. Швецов, А.В. Козырева, С.Г. Седунов, К.А. Тараскин // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2011. № 4(40). С. 32.

УДК 615.322

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ *THERMOPSIS TURKESTANICA* GAND.

**Бахыт А.<sup>1</sup>, Сапиева А.О.<sup>2</sup>, Мадиева Ш.А.<sup>2</sup>, Каржаубекова Ж.Ж.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> НАО «Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева»  
Республика Казахстан, 010008, г. Астана, ул. Сатбаева, 2; email: assan-aly@mail.ru

<sup>2</sup> НАО «Медицинский университет Астана»

Республика Казахстан, 010000, г. Астана, ул. Бейбитшилик, 49а

<sup>3</sup> РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитointродукции» КЛХЖМ МЭГПР РК  
Республика Казахстан, 050040, г. Алматы, ул. Тимирязева, 36д

Приведены результаты анализа химического состава и антиоксидантной активности (метод ferric reducing / antioxidant power assay) различных экстрактов, полученных из надземной массы *Thermopsis turkestanica* Gand.

Ключевые слова: *Thermopsis*, алкалоиды, флавоноиды, антиоксидантная активность.

*Thermopsis turkestanica* Gand. (Fabaceae) – травянистое многолетнее растение, которое используется в народной медицине как отхаркивающее и глистогонное лекарственное средство. Экстракты растения *Thermopsis* усиливают дыхание и повышают артериальное давление, что, вероятно, связано с наличием различных алкалоидов [1].

Объектом данного исследования является надземная масса *Thermopsis turkestanica* Gand., произрастающая на территории Алматинской области Республики Казахстан.

Определен химический состав биологически активных веществ водно-спиртовых (90%-ный, 50%-ный), хлороформенного и этилацетатного экстрактов на основании хроматографических методов анализа. В результате выявлено, что водно-спиртовые экстракты содержат флавоноиды, аминокислоты, углеводы; хлороформенный и этилацетатный экстракты – преимущественно алкалоиды. Количественный анализ основных классов веществ проведен с применением спектрофотометрических и титриметрических методов исследования [2]. Согласно полученным данным в исследуемом образце преобладают аминокислоты (8.16%) и алкалоиды (5.13%) по сравнению с флавоноидами (0.80%) и углеводами (0.86%).

Исследована антиоксидантная активность методом железо восстанавливающей/ антиоксидантной способности (ferric reducing / antioxidant power assay) водно-спиртовых, хлороформенного и этилацетатного экстрактов. В качестве стандартного образца использовали аскорбиновую кислоту [3]. Установлено, что водно-спиртовые экстракты обладают высокой антиоксидантной активностью при концентрациях от 0.5 до 1 мг/мл; хлороформенный экстракт – при 1 мг/мл. Причем водно-спиртовые экстракты проявили активность, в 1.5 раза превышающую стандартный образец.

### Список литературы

1. P. Zhang, Q. An, P. Yi, Y. Cui, J.-B. Zou, C.-M. Yuan, Y. Zhang, W. Gu, L.-J. Huang, L.-H. Zhao, Z.-X. Hu, X.-J. Hao // Fitoterapia. 2022. V. 158. 105140.
2. Министерство здравоохранения Республики Казахстан // Государственная Фармакопея Республики Казахстан. Алматы: Издательский дом «Жибек жолы», 2014.3.872.
3. I.F.F. Benzie, J.J. Strain // Anal. Biochem. 1996. V. 239. P. 70.

УДК 547.327+547.786.1

## СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НОВЫХ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ПРОИЗВОДНЫХ МАЛЕОПИМАРОВОЙ КИСЛОТЫ С АРИЛИЗОКСАЗОЛЬНЫМ И ХИНОЛИНОВЫМ ФРАГМЕНТАМИ

**Бей М.П.<sup>1</sup>, Ювченко А.П.<sup>1</sup>, Поткин В.И.<sup>2</sup>, Петкевич С.К.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси Республика Беларусь, 220084, г. Минск, ул. Ф. Скорины, 36; email: bey@ichnm.by

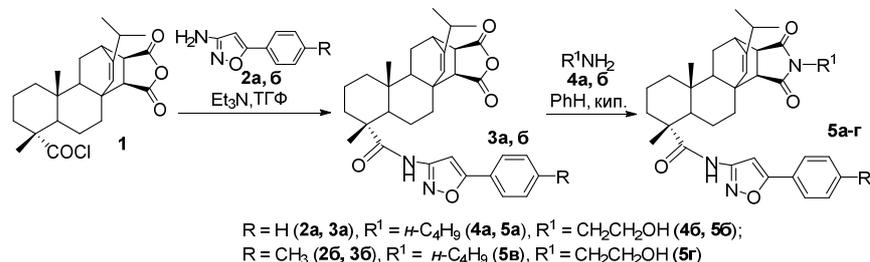
<sup>2</sup>Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси Республика Беларусь, 220072, г. Минск, ул. Сурганова, 13

Разработан метод синтеза арилизоксазолиламидов малеопимаровой кислоты и их имидоамидов. Впервые синтезирован *N*-(хинолин-8-ил)имид малеопимаровой кислоты в виде смеси атропоизомеров.

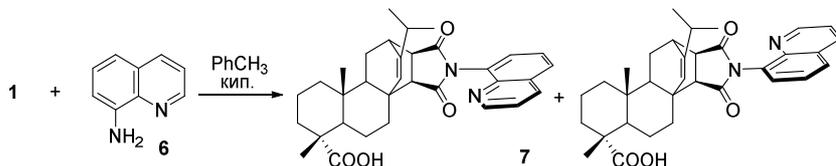
Ключевые слова: малеопимаровая кислота, изоксазол, хинолин, амид, имид, имидоамид, биоцид, хиральный допант.

Синтез новых амидов малеопимаровой кислоты **3а,б** осуществляли ацилированием изоксазолсодержащих аминов **2а,б** хлорангидридом малеопимаровой кислоты **1** в присутствии триэтиламина при 18–20 °С в течение 10 ч [1].

Разработан метод синтеза ранее неизвестных имидов *N*-(5-арилизоксазол-3-ил)амидов малеопимаровой кислоты **5а–г** взаимодействием амидов **3а,б** с бутиламином **4а** и моноэтаноламином **4б** при кипячении в бензоле в течение 25–30 ч.



Взаимодействием малеопимаровой кислоты **1** и 8-аминохинолина **6** в кипящем толуоле в течение 35 ч впервые синтезирован гетероциклический имид – *N*-(хинолин-8-ил)имид малеопимаровой кислоты **7** с выходом 97.1% в виде смеси атропоизомеров.



Установлено, что имидоамид **5б** в концентрации 100 мкг/мл и выше проявляет антимикробную активность как в отношении грамположительных, так и ряда грамотрицательных бактерий. Показано, что амид **3б** является хиральным допантом к нематической ЖК-матрице с закручивающей способностью 26.0 мкм<sup>-1</sup>, что находится на уровне добавок, применяемых в промышленности при производстве ЖК-устройств.

### Список литературы

1. М.П. Бей, А.П. Ювченко, В.И. Поткин, С.К. Петкевич // Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук. 2021. Т. 57. № 4. С. 424.

УДК 661.12

## ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЛИФЕНОЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ, ВЫДЕЛЕННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

**Белесов А.В., Львова Д.А., Фалёва А.В., Косяков Д.С.**

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17; email: a.belesov@narfu.ru*

*Выделенные с использованием алкилимидазолиевых ионных жидкостей препараты флортанинов характеризуются преобладанием ароматической составляющей, наличием примесей липофильных экстрактивных веществ и аминокислот.*

*Ключевые слова: полифенолы, бурые водоросли, ионные жидкости, структурные особенности, биорефайнинг.*

Арктические бурые водоросли являются перспективным источником биологически активных веществ в виде полисахаридов, полифенолов и низкомолекулярных вторичных метаболитов. Современные технологии их переработки ориентированы на выделение полисахаридов и часто используют опасные растворители. Предложенный ранее подход, основанный на применении ионных жидкостей (ИЖ) в качестве «зеленых» растворителей, позволил выделить полисахаридную и полифенольную составляющие бурых водорослей. В данном исследовании представлена более детальная характеристика выделяемой с использованием ИЖ полифенольной составляющей бурых водорослей.

Растительный материал бурой водоросли (*Fucus vesiculosus*) был приобретен на Архангельском водорослевом комбинате (Архангельск, РФ) в виде высушенного и измельченного в порошок товарного продукта. В качестве растворителей использовали ацетат, хлорид и метилсульфат 1-бутил-3-метилимидазолия (качество BASF, >95%). Для характеристики структурных особенностей применяли методы спектроскопии ЯМР и ИК-спектроскопии.

Полученные данные свидетельствуют о том, что ИЖ на основе катиона 1-бутил-3-метилимидазолия способны практически полностью извлекать полифенольный компонент уже при температуре 80–100 °С. Значения молекулярных масс и молекулярно-массовые распределения полученных препаратов свидетельствуют о небольшой доле низкомолекулярных соединений и, как следствие, о высокой однородности образцов. Следует отметить, что повышение температуры обработки, особенно в диапазоне 120–150 °С, приводит к увеличению молекулярных масс выделенных полифенолов до 20 кДа. Это объясняется побочными процессами конденсации полифенолов при более высоких температурах.

Полученные препараты характеризуются преобладанием полифенольной составляющей и наличием незначительного количества примесей в виде остаточной ионной жидкости, липофильных экстрактивных веществ (каротиноиды, стероиды, липиды и т.д.) и аминокислот (фенилаланин и тирозин). Также в составе исследуемых препаратов не обнаружено полисахаридов.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-23-20092, <https://rscf.ru/project/24-23-20092/>.*

УДК 665.947.4

## ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛИГНИНОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА ОСНОВЕ 1-БУТИЛ-3-МЕТИЛИМИДАЗОЛИЯ

**Белесов А.В., Пиковской И.И., Фалёва А.В., Косяков Д.С.**

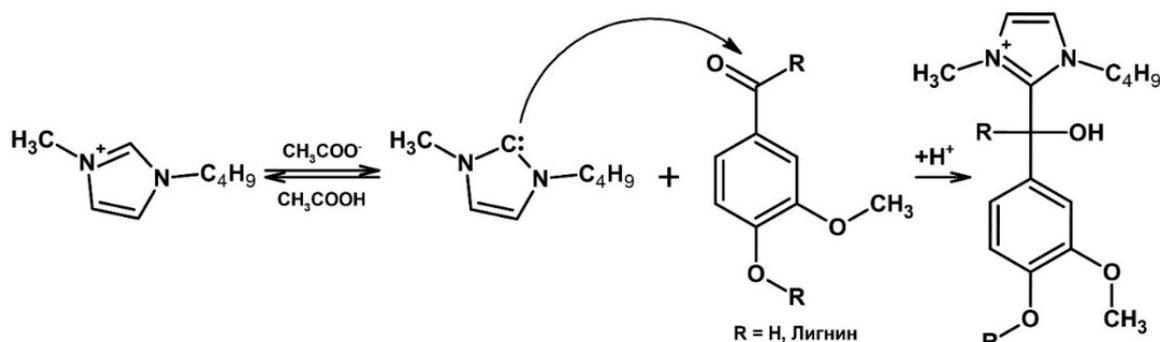
Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17; email: a.belesov@narfu.ru

Выделение лигнина с использованием ионных жидкостей сопровождается его значительными химическими превращениями за счет модификации гидроксильных и карбонильных групп.

Ключевые слова: лигнин, ионные жидкости, модификация, масс-спектрометрия, биорефайнинг.

Ионные жидкости (ИЖ) на основе катиона 1-бутил-3-метилимидазолия (bmim) являются перспективными растворителями для фракционирования лигноцеллюлозной биомассы. Однако в процессе выделения образцы ИЖ-лигнина подвергаются значительной химической модификации. В настоящем исследовании изучены структурные особенности ионножидкостных лигнинов, полученных путем термической обработки диоксанлигнина или в среде ацетата, хлорида и метилсульфата bmim. Молекулярно-массовое распределение, функциональный состав и структурные особенности ИЖ-лигнинов изучали методами эксклюзионной хроматографии, спектроскопии ЯМР (1D и 2D) и масс-спектрометрии высокого разрешения.

Установлено, что выделение лигнина с помощью ИЖ на основе катиона bmim сопровождается значительными химическими превращениями лигнина. Происходит снижение содержания гидроксильных групп за счет их алкилирования и добавления серосодержащих групп (до 9 на 100 ароматических единиц в случае [bmim]MeSO<sub>4</sub>). Восстановление карбонильных групп сопровождается их ковалентным связыванием с катионом bmim (рисунок).



Взаимодействие катиона bmim с карбонильными группами лигнина.

Разрыв простых эфирных связей и образование углерод–углеродных связей способствуют варьированию значений молекулярной массы в широком диапазоне от 3.6 до 15.2 кДа. Присоединение катиона bmim к продуктам деполимеризации предотвращает их дальнейшую конденсацию. Содержание химически связанного катиона bmim варьируется в диапазоне от 0.5 до 11 катионов на 100 ароматических единиц.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-73-20275.

УДК 547.97 9.733

## ФЕОФИТИН А КАК ИСХОДНОЕ СОЕДИНЕНИЕ В СИНТЕЗЕ МАКРОГЕТЕРОЦИКЛОВ

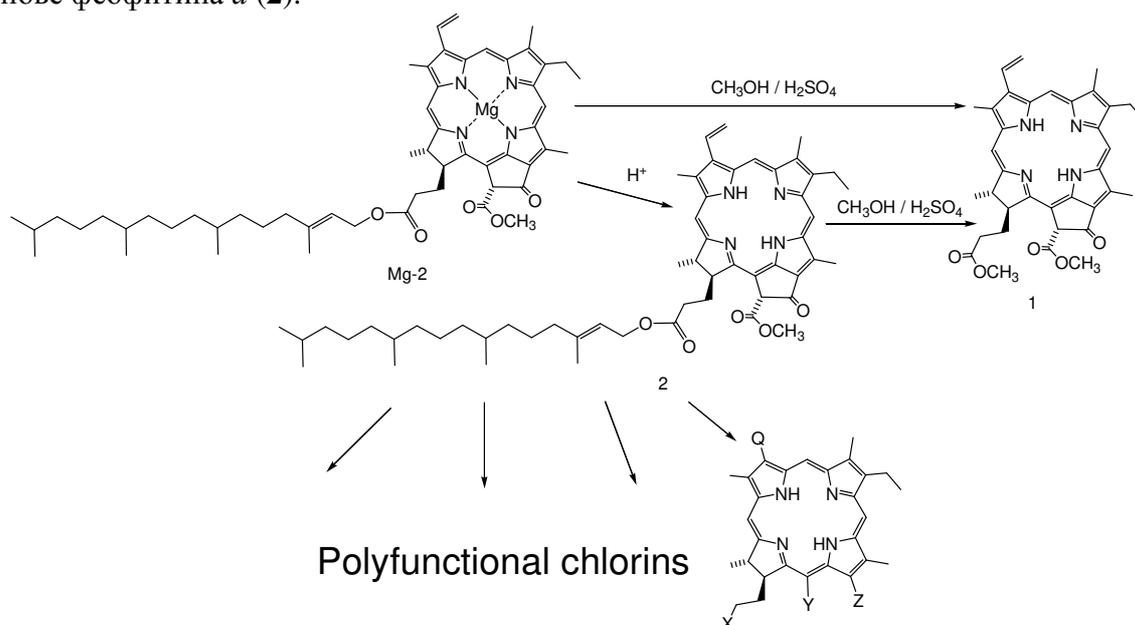
Белых Д.В.

Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: belykh-dv@mail.ru

Рассмотрены реакции феофитина-а для синтеза полифункциональных хлоринов различного назначения.

Ключевые слова: хлорофилл-а, феофитин-а, метилфеофорбид-а, хлорин е<sub>6</sub>, порфирины, возобновляемое сырье.

Хлорофилл *a* и его производные являются удобными исходными веществами для синтеза макроциклических соединений различного назначения (фотосенсибилизаторы медицинского назначения, диагностические препараты в онкологии и др.). В силу ряда причин, связанных с устойчивостью и доступностью при получении из хлорофиллсодержащего сырья (прежде всего, спирулины), в качестве исходного соединения в большинстве синтезов используется метилфеофорбид *a* (**1**). Аналогичные реакционные центры имеет молекула феофитина *a* (**2**). Возможность получения феофитина *a* (**2**) из спирулины с минимальным количеством примесей позволяет во многих случаях рассматривать соединение **2** как приемлемую или даже более выгодную альтернативу порфирину **1**. Фрагмент фитола в заместителе в положении 17 в молекуле **2** может оказывать влияние на условия проведения реакций, аналогичных превращениям соединения **1**, и их результат. Кроме того, сам фитольный фрагмент в ряде случаев может выступать в качестве реакционного центра. Все это необходимо учитывать при планировании и проведении синтезов макроциклических соединений на основе феофитина *a* (**2**).



В настоящем докладе проанализированы имеющиеся в литературе данные по химическим превращениям феофитина *a* (**2**) с точки зрения возможности его использования в синтезе макроциклических соединений.

УДК 547.458

## РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ ДОСТАВКИ КОРТИКОСТЕРОИДОВ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ ДЛЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

**Бокатый А.Н., Дубашинская Н.В., Скорик Ю.А.**

*Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук  
199004, г. Санкт-Петербург, В.О. Большой просп., 31; email: antoniobokaty@gmail.com*

*Улучшение биофармацевтических свойств глюкокортикоидов (повышение местной биодоступности и снижение системной токсичности) является важной задачей. Цель исследования – разработка системы доставки дексаметазонфосфата на основе гиалуроновой кислоты и диэтиламиноэтилхитозана.*

*Ключевые слова: гиалуроновая кислота, дексаметазон фосфат, системы доставки лекарств, хитозан, противовоспалительная активность.*

По данным Всемирной организации здравоохранения, около 300 млн чел. во всем мире живут с серьезными нарушениями зрения. Всего же число людей с той или иной формой нарушения зрения составляет около 2.2 млрд чел., из них 33.6 млн чел. слепы. По меньшей мере у 1 млрд, т. е. почти половины таких людей, нарушения зрения можно было предотвратить или все еще можно скорректировать. Основными заболеваниями, вызывающими нарушения зрения и слепоту среди этого 1 млрд чел., являются катаракта (94 млн), аномалия рефракции (88.4 млн), возрастная макулярная дистрофия (8 млн), глаукома (7.7 млн) и диабетическая ретинопатия (3.9 млн). К сожалению, прогнозы неутешительны. Так, Международное агентство по профилактике слепоты (IAPB) прогнозирует, что в ближайшие 30 лет число людей, страдающих от нарушений зрения, увеличится на целых 55%, до 1.8 млрд чел.

Для местного применения в виде глазных капель или гелей предложено использовать положительно заряженные наночастицы на основе хитозана или его производных, поскольку хитозан связывается с муцином на поверхности слизистой оболочки глаза (положительно заряженные аминогруппы хитозана и отрицательно заряженные остатки сиаловой кислоты муцина). Для офтальмологической доставки лекарств рекомендуется использовать гидрофильные мукоадгезивные частицы, поскольку они крепятся к поверхности слизистой оболочки глаза и способны удерживаться в месте применения, высвобождая активные фармацевтические субстанции с контролируемой скоростью. Оптимальный размер офтальмологических контейнеров от 200 до 2000 нм. В этом исследовании работа велась над системой доставки дексаметазона фосфата, которая представляла собой ПЭК, образующийся в результате интерполимерных взаимодействий полианиона гиалуроновой кислоты и поликатиона диэтиламиноэтид хитозана с одновременным включением в комплекс ионов цинка в качестве сшивающего агента [1]. Разработанные ПЭК имели гидродинамический диаметр 244 нм и  $\zeta$ -потенциал +24.4 мВ; эффективность инкапсуляции и содержание дексаметазона фосфата составили 75.6% и 45.4 мкг/мг соответственно. Разработанные системы доставки дексаметазона фосфата характеризовались как превосходной мукоадгезией, так и пролонгированным высвобождением лекарственного средства (около 70% дексаметазона фосфата высвобождалось в течение 10 ч). Эксперименты *in vitro* показали, что инкапсулирование дексаметазона фосфата в полисахаридные наноносители не снижает его противовоспалительную активность.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 23-23-00148.*

### **Список литературы**

1. N.V. Dubashynskaya, A.N. Bokaty, A.S. Trulioff, A.A. Rubinstein, I.V. Kudryavtsev, Y.A. Skorik // *Pharmaceutics*. 2023. V. 15. 2396.

УДК 544.723.21 : 544.42 : 669.53

**ИНЕТИКА СОРБЦИИ КАТИОНОВ ЦИНКА ИЗ РАЗБАВЛЕННЫХ РАСТВОРОВ СОРБЕНТОМ НА ОСНОВЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА И КАОЛИНИТА****Бондаревич Е.А.<sup>1,2</sup>, Калинин Д.Г.<sup>2</sup>, Сенотрусов А.Г.<sup>2</sup>,  
Харина К.В.<sup>2</sup>, Дабижа О.Н.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>*Забайкальский государственный университет  
672039, г. Чита, ул. Александро-Заводская, 30; email: bondarevich84@mail.ru*<sup>2</sup>*Читинская государственная медицинская академия  
672000, г. Чита, ул. Горького, 39а*

*Исследованы кинетические свойства сорбентов, полученных механохимическим методом из полифепана (гидролизного лигнина) и каолина. Найдена сорбционная емкость образцов по катионам цинка и вычислена константа скорости сорбции. Ключевые слова: гидролизный лигнин, каолинит, сорбент, катионы цинка, раствор.*

Растительно-минеральные сорбенты с разными массовыми соотношениями получали из полифепана (Р) и каолина (К) путем их воздушно-сухой механохимической активации [1]. Кинетику сорбции катионов цинка изучали при температуре 20 °С методом ограниченного объема из водных растворов солей нитрата цинка. Концентрация ионов металла в растворе составляла ~ 1 ммоль·л<sup>-1</sup>, объем раствора – 40 мл, навеска сорбента – 0.21 г. Выявлено, что равновесие сорбции катионов цинка достигается в течение 45–180 мин (таблица).

Влияние дозы механической энергии (D) и соотношения полифепана (гидролизного лигнина) и каолина на сорбционную емкость по катионам цинка (q<sub>Zn</sub>), время установления равновесия (τ), константу скорости сорбции (k) по кинетической модели псевдо-второго порядка [2] и коэффициент детерминации (R<sup>2</sup>)

Образец	D, кДж/г	q <sub>Zn</sub> , мг/г	τ, мин	k·10 <sup>3</sup> , г/мг·мин	R <sup>2</sup>	Образец	D, кДж/г	q <sub>Zn</sub> , мг/г	t, мин	k·10 <sup>3</sup> , г/мг·мин	R <sup>2</sup>
Р	0	55.7	120	18.8	0.995	РК <sub>10:1-6</sub>	0.83	31.9	180	25.0	0.925
РК <sub>10:1-3</sub>	0.41	33.8	120	27.8	0.994	РК <sub>5:1-6</sub>		41.7	75	21.8	0.981
РК <sub>5:1-3</sub>		41.3	75	24.7	0.996	РК <sub>1:1-6</sub>		31.9	45	21.9	0.545
РК <sub>1:1-3</sub>		47.0	60	22.3	0.984	РК <sub>1:5-6</sub>		34.7	45	30.1	0.982
РК <sub>1:5-3</sub>		29.2	90	37.0	0.983	РК <sub>1:10-6</sub>		34.3	75	29.2	0.988
РК <sub>1:10-3</sub>		29.3	90	34.3	0.991	К	0	33.3	75	30.6	0.996

Сорбционное равновесие описывается кинетической зависимостью псевдо-второго порядка  $\tau/q = f(\tau)$ , учитывающей взаимодействия сорбат–сорбент и сорбат–сорбат, с высокими коэффициентами детерминации (R<sup>2</sup> > 0,92). При этом константа скорости сорбции катионов цинка составляет от ~19 до 37 г·мг<sup>-1</sup>·мин<sup>-1</sup>.

**Список литературы**

1. Е.А. Bondarevich, О.Н. Dabizha // VI Международная конференция по коллоидной химии и физико-химической механике (IC CCRSM), посвященная 125-летию со дня рождения П.А. Ребиндера. Тезисы докладов. Казань: ИОФХ им. А.Е. Арбузова, 2023. С. 95.
2. M. Kapnisty, F. Noli, P. Misaelides, G. Vourlias, D. Karfaridis, A. Hatzidimitriou // Chem. Eng. J. 2018. V. 342. P. 184.

УДК 620.193.47

## БИОЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ ВТОРИЧНЫХ АМИНОВ, СОДЕРЖАЩИХ 1,3-ДИОКСОЛАНОВЫЙ ИЛИ *гем*-ДИХЛОРЦИКЛОПРОПАНОВЫЙ ФРАГМЕНТЫ

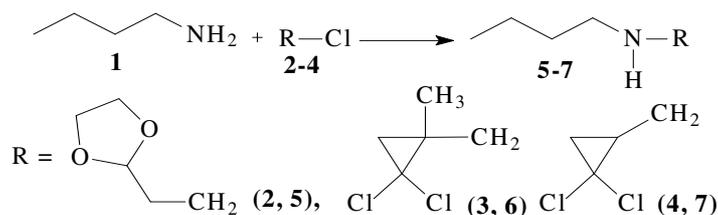
Борисова Ю.Г., Джумаев Ш.Ш., Раскильдина Г.З., Злотский С.С.

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*  
450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; email: yulianna\_borisova@mail.ru

*Алкилированием n-бутиламина хлорпроизводными карбо- и гетероциклического строения получены с высоким выходом вторичные амины, которые, согласно исследованиям, обладают различной степенью биоцидной активности.*

*Ключевые слова: биоциды, ингибиторы, гем-дихлорциклопропаны, 1,3-диоксоланы, противомикробная активность.*

Ингибиторы коррозии, предназначенные для использования в оборотных водах нефтяных месторождений, должны подавлять рост микроорганизмов, которые, как правило, усиливают процесс разрушения металла [1]. В этой связи мы оценили биоцидное действие потенциальных добавок к ингибиторам коррозии – вторичных аминов, содержащих циклоацетальный или *гем*-дихлорциклопропановый фрагменты [2, 3].



Биоцидную эффективность *in vitro* проводили в воде оборотного цикла при помощи слайд-тестов «Easicult Combi». Установлено, что максимальным бактерицидным действием обладают соединения **6** и **7**.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России в сфере научной деятельности, номер для публикаций FEUR-2022-0007 «Нефтехимические реагенты, масла и материалы для теплоэнергетики».*

### Список литературы

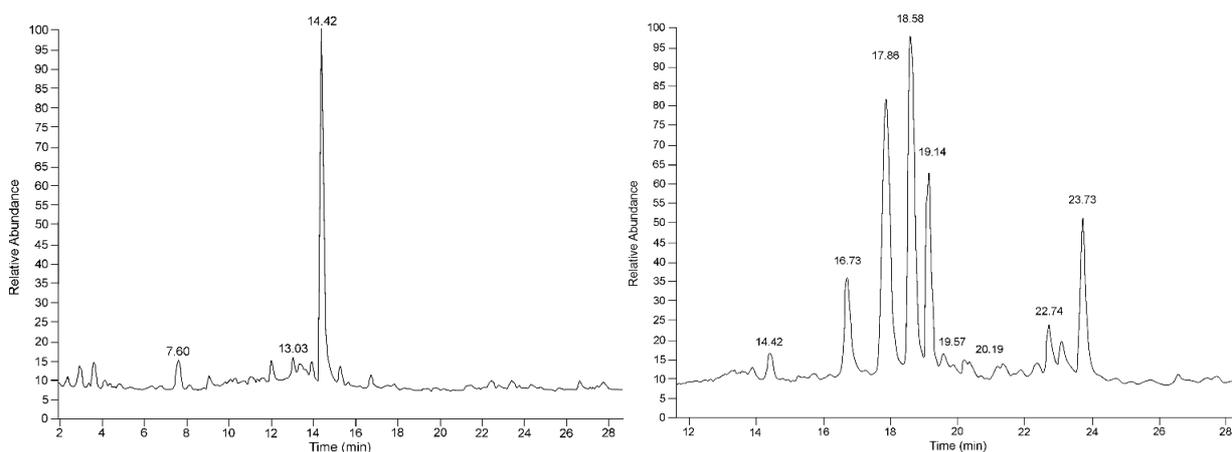
1. О.Р. Латыпов // Применение ингибиторов для защиты нефтепромысловых объектов от коррозии. Уфа: Монография, 2016. 142 с.
2. С.М. Миракян, О.Р. Латыпов, Д.Е. Бугай, Г.З. Раскильдина, Р.Р. Чанышев, С.С. Злотский // Башкирский химический журнал. 2017. Т. 24. № 1. С. 15.
3. G.Z. Raskil'dina, V.F. Valiev, S.S. Zlotskii // Russian Journal of Applied Chemistry. 2016. V. 89. No. 5. P. 753.

УДК 543.061

**ПОЛИФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ МХА *POLYTRICHUM COMMUNE*****Будаев Н.А., Фалёва А.В., Ульяновский Н.В., Фалёв Д.И.,  
Онучина А.А., Косяков Д.С.***Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17; email: n.budaev@narfu.ru**В докладе обобщены данные по выделению вторичных метаболитов мха *Polytrichum commune*, изучению их антиоксидантных свойств и биологической активности.**Ключевые слова: бриофиты, полифенолы, масс-спектрометрия, антиоксидантная активность.*

Листостебельный мох *Polytrichum commune* широко распространен в различных географических зонах и может рассматриваться как доступный источник широкого круга ценных соединений с высокой антиоксидантной активностью, перспективных для создания новых поколений фармацевтических препаратов, косметических средств и пищевых добавок.

Цель работы – выделение вторичных метаболитов мха *P. commune* и их идентификация с измерением антиоксидантной активности полученных экстрактов. Выделение проводили ацетоном (95%) методом жидкостной экстракции под давлением с последующим фракционированием следующими растворителями в порядке убывания полярности – вода, вода–метанол (50:50), метанол, дихлорметан–метанол. Таким образом получили четыре фракции. Комбинация взаимодополняющих методов спектроскопии ЯМР и высокоэффективной жидкостной хроматографии–масс-спектрометрии высокого разрешения (ВЭЖХ–МСВР) позволила идентифицировать в составе экстракта ряд неизвестных ранее соединений, относящихся к олигомерам 3-гидроксифлоретина и производным гидроксикумаринов.



ВЭЖХ–МСВР хроматограммы второй (слева) и третьей (справа) фракций ацетонового экстракта *P. commune*.

*Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП НО «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № FSRU-2024-0004).*

УДК 547+547.913.3

**МЕРОТЕРПЕНОИДНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ  $\alpha$ - И  $\beta$ -АМИНОКИСЛОТ:  
ДИЗАЙН, СИНТЕЗ, СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ САМОСБОРКА,  
БИОЛОГИЧЕСКАЯ И МЕМБРАНОТРОПНАЯ АКТИВНОСТЬ****Бурдюгов Д.В., Ахмедов А.А., Гамиров Р.Р.,  
Шурпик Д.Н., Стойков И.И.**

*Химический институт им. А.М. Бутлерова,  
Казанский (Приволжский) федеральный университет  
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18; email: dmburd3104@gmail.com*

*Дизайн и синтез меротерпеноидных производных  $\alpha$ - и  $\beta$ -аминокислот, для создания разнообразных систем полусинтетической природы с целью получения рН зависимых самособирающихся систем.*

*Ключевые слова:  $\alpha$ -аминокислоты,  $\beta$ -аминокислоты, меротерпеноиды, самособирающиеся системы, мембранотропная активность.*

Варьирование гидрофильно-липофильного баланса структур кандидатов в лекарства не всегда позволяет решить проблему их низкой способности проникновения через клеточные мембраны. Решить эту задачу можно путем введения в структуру лекарственного препарата фрагментов, обладающих высокой мембранотропной активностью и сродством к клеточной мембране. В качестве подобных мембранотропных фрагментов могут служить различные амфифильные липидоподобные структуры. Важным параметром амфифильных систем является их способность к самоассоциации и агрегации в водных растворах. На стабильность коллоидных систем влияет множество параметров, одним из которых является показатель кислотности среды. Различные классы меротерпеноидов обладают широким спектром биологической активности, что открывает возможности по использованию меротерпеноидных производных  $\alpha$ - и  $\beta$ -аминокислот для создания на их основе рН зависимых самособирающихся систем [1, 2].

В работе получены меротерпеноидные производные  $\alpha$ - и  $\beta$ -аминокислот, содержащие легко функционализируемые третичные аминогруппы. Структура полученных соединений подтверждена методами спектроскопии ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ , а также ИК-спектроскопии. Методом турбидиметрии показано, что данные вещества взаимодействуют с модельной фосфолипидной мембраной при рН 7.4, что открывает возможности для использования подобных фрагментов для функционализации лекарственных препаратов с целью повышения их сродства к липидному бислою клеточных мембран и повышения мембранотропной активности. Методом динамического рассеяния света была изучена способность к самоассоциации в водных растворах при различных концентрациях и показателях кислотности среды.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант № 22-73-00187).*

**Список литературы**

1. W. Yang, X. Chen, Y. Li, S. Guo, Z. Wang, X. Yu // Nat. Prod. Commun. 2020. V. 15. No. 3. 1934578X2090355.
2. D.N. Shurpik, A.A. Akhmedov, P.J. Cragg, V.V. Plemenkov, I.I. Stoikov // Plants. 2020. V. 9. No. 11. 1582.

УДК 547.568

## ОКИСЛЕННЫЙ ГИДРОЛИЗНЫЙ ЛИГНИН: СТРОЕНИЕ И ПУТИ ВАЛОРИЗАЦИИ

**Васильев А.В.<sup>1,2</sup>, Евстигнеев Э.И.<sup>1</sup>, Закусило Д.Н.<sup>1</sup>**

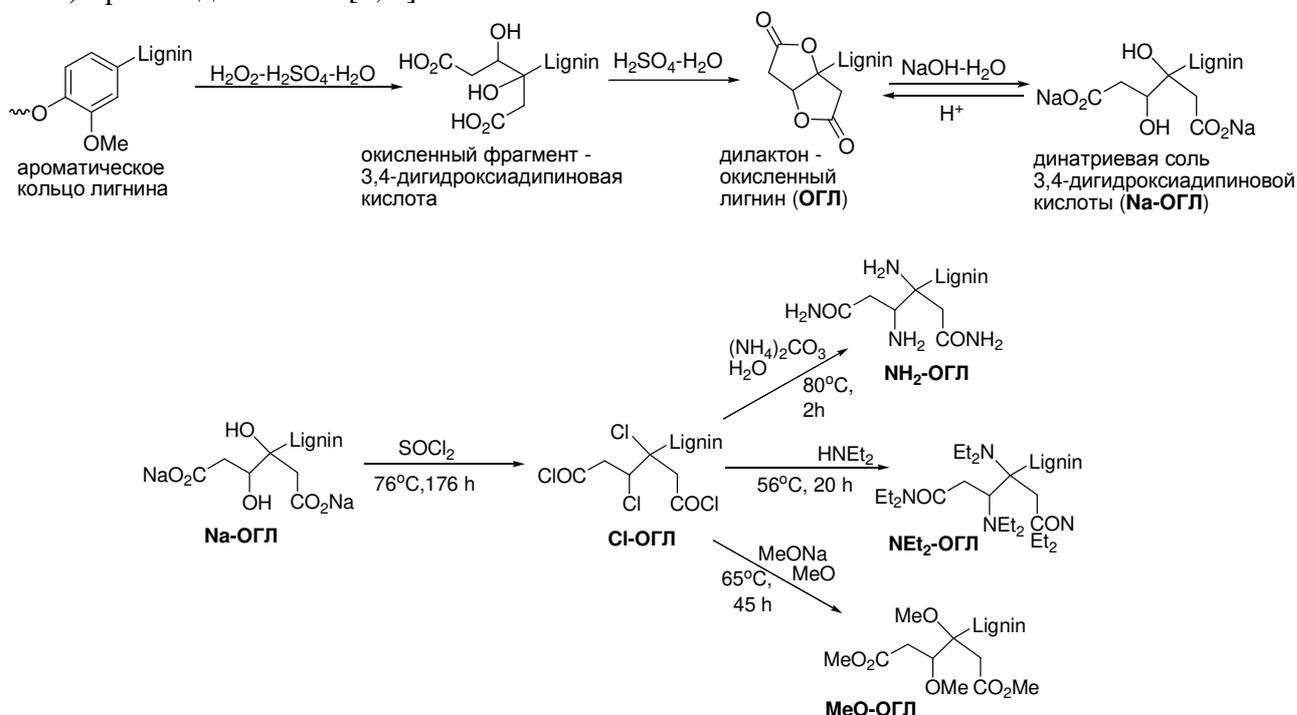
<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., 5; email: aleksvasil@mail.ru

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет  
199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9

В докладе представлены сведения по установлению структуры окисленного гидролизного лигнина и рассматриваются пути его валоризации.

Ключевые слова: строение лигнина, окисление, бис-лактоны, 3,4-дигидроксиадипиновая кислота, валоризация лигнина.

Окисление гидролизного лигнина в системе  $H_2O_2-H_2SO_4-H_2O$  протекает с образованием структур 3,4-дигидроксиадипиновой кислоты, которые в кислых условиях реакции циклизуются в соответствующие дилактоны. При обработке окисленного гидролизного лигнина (ОГЛ) щелочью дилактоны раскрываются с образованием фрагментов динатриевой соли 3,4-дигидроксиадипиновой кислоты (Na-ОГЛ). Путем реакции Na-ОГЛ с тионилхлоридом можно синтезировать высоко реакционноспособное полихлорпроизводное ОГЛ (Cl-ОГЛ), которое можно перевести в продукты нуклеофильного замещения: амино-амидные- ( $NH_2$ -ОГЛ,  $NEt_2$ -ОГЛ) и метокси- ( $MeO$ -ОГЛ) производные ОГЛ [1, 2].



### Список литературы

1. D.N. Zakusilo, E.I. Evstigneyev, A.Yu. Ivanov, A.S. Mazur, E.A. Bessonova, O.A. Mammeri, A.V. Vasilyev // Journal of Wood Chemistry and Technology. 2023. V. 43. P. 103.
2. Э.И. Евстигнеев, Д.Н. Закусило, Д.С. Рябухин, А.В. Васильев // Успехи химии. 2023. Т. 92. № 8. RCR5082.

УДК 543.641

**ГХ-МС ХЕМОТАКСОНОМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИПОФИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В КОРЕ, ОБОЛОЧКАХ ПЛОДОВ И СЕМЕНАХ РЯБИНЫ *S. AUCUPARIA* SUBSP. *SIBIRICA* ИЗ ПОПУЛЯЦИИ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В АКАДЕМГОРОДКЕ, НОВОСИБИРСК (РОССИЯ)**

**Васильева А.Р.<sup>1,2</sup>, Слынько Н.М.<sup>1,2</sup>, Татарова Л.Е.<sup>1,2</sup>, Куйбида Л.В.<sup>3</sup>,  
Асбаганов С.В.<sup>4</sup>, Пельтек С.Е.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН  
630090, г. Новосибирск, просп. ак. Лаврентьева, 10; email: Vasilieva@bionet.nsc.ru

<sup>2</sup>Курчатовский геномный центр, ФИЦ ИЦиГ СО РАН  
630090, г. Новосибирск, просп. ак. Лаврентьева, 10

<sup>3</sup>Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН  
630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3

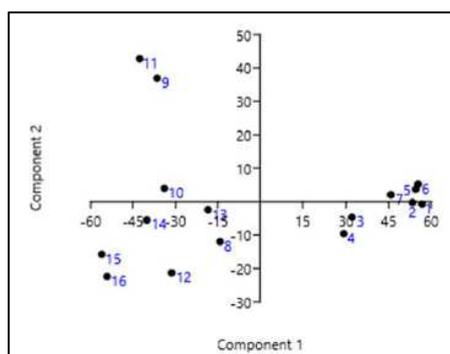
<sup>4</sup>Центральный сибирский ботанический сад СО РАН  
630090, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101

Методом ГХ-МС экстрактов коры, оболочек плодов и семян одной популяции рябины *S. aucuparia* и статистической обработкой результатов выявлено наличие различных хемотаксономических субпопуляций.

Ключевые слова: кора рябины, метаболиты, хемотаксономия, популяция, GS-MS, плоды, семена.

Показано, что в пределах одной популяции *S. aucuparia* при сходных условиях произрастания профиль липофильных метаболитов в коре у этих деревьев заметно различается. Для статистической обработки все компоненты сгруппированы по шести основным путям их биосинтеза в соответствии с данными таблиц KEGG.

Выявлены различия в профилях метаболитов в составе экстрактов коры, семян и плодов. Показано, что наиболее подходящим объектом для таксономического изучения являются экстракты коры. Изучение концентраций вторичных метаболитов с помощью иерархического кластерного анализа и РСА выявило наличие как минимум двух хемотаксономических субпопуляций (рисунок). В образцах положительной части преобладает фитостерол лупеол, а в отрицательной – цианогенный гликозид пруназин. Такой подход может облегчить селекцию растений, содержащих определенные биологически активные вещества, традиционными методами и генно-инженерными манипуляциями.



Биплоты РСА соединений в экстрактах коры рябины.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ по гранту № ФВНР-2022-0022 в Федеральном исследовательском центре ИЦиГ СО РАН и в рамках программы ICIG SB RAS Core Facility of Proteomic and metabolomic profiling of microorganisms (поддержана проектом № 075-15-2019-1662).

УДК 543.544.3

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЛИФАТИЧЕСКИХ И ФЕНОЛЬНЫХ КИСЛОТ В РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ ГАЗОХРОМАТОГРАФИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

**Вебер Н.Э., Груздев И.В., Портнягина Н.В.**

*Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения  
Российской академии наук  
167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28; email: veber.n@ib.komisc.ru*

*Для определения алифатических и фенольных кислот в растительных материалах разработан газохроматографический способ, позволяющий полностью отделить соединения этих классов в процессе пробоподготовки.*

*Ключевые слова: фенольные кислоты, алифатические кислоты, химическая модификация, газовая хроматография, лекарственные растения.*

Фенольные соединения являются одними из наиболее распространенных вторичных метаболитов высших растений, образующихся во всех их клетках и тканях. Соединения этого класса встречаются в большинстве лекарственных растений, проявляют антивирусную и противовоспалительную активность, поэтому широко применяются в фитотерапии и фармакологии [1].

Наряду с фенолкислотами к группе важнейших органических кислот растений относятся алифатические (жирные) кислоты, которые входят в состав липидов клеточных мембран и играют важную роль в регуляции метаболических и адаптационных процессов растений [2].

Цель работы – разработка методики, позволяющей повысить селективность определения алифатических и фенольных кислот при их совместном присутствии в растительных материалах.

В качестве объекта исследования выбраны лекарственные растения семейства Яснотковые (лат. *Lamiaceae*) из коллекции Ботанического сада ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Для определения органических кислот в лекарственных растениях нами предложен способ, предполагающий их извлечение, последующую химическую модификацию, разделение и детектирование полученных производных исследуемых кислот методами ГХ-ПИД (жирные кислоты) и ГХ-ДЭЗ (фенольные кислоты). В процессе подготовки растительного образца к анализу достигается полное отделение жирных кислот от фенольных соединений, что значительно повышает как селективность, так и чувствительность определения целевых компонентов.

*Исследование выполнено на базе ЦКП «Хроматография» и УНУ «Научная коллекция живых растений Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН» (507428) в рамках государственного задания по теме «Репродуктивный потенциал ресурсных растений при интродукции на европейском Северо-Востоке» (122040600020-7).*

### **Список литературы**

1. Е.С. Елин // Фенольные соединения в биосфере. Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения Российской академии наук, 2001. С. 386.
2. М. He, С.-Х. Qin, X. Wang, N.-Z. Ding // *Frontiers in Plant Science*. 2020. V. 11. P. 390.

УДК 633.366+621.384.8:543.51

## ИЗУЧЕНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА ДОННИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО И ДОННИКА БЕЛОГО, ДИКОРАСТУЩИХ В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

**Великородов А.В., Лактионов А.П., Носачев С.Б., Морозова Л.В.**

*Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева  
414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1; email: avelikorodov@mail.ru*

*Методом пародистилляции получены образцы эфирного масла из наземной части *Melilotus officinalis* и *Melilotus albus*, дикорастущих в Астраханской области, в фазу цветения. Выход эфирных масел составил 0.8 и 0.9% соответственно. Методом ГХ-МС осуществлен количественный анализ основных компонентов образцов эфирного масла *M. officinalis* и *M. albus*.*

*Ключевые слова: *Melilotus officinalis*, *Melilotus albus*, пародистилляция, эфирное масло, кумарин, дигидрокумарин, карвон гидрат, кариофиллен, актинидин, ди-2-этилгексильный эфир пальмитиновой кислоты, гумулен.*

Растительное сырье *Melilotus officinalis* (L.) Pall. собирали на суходольном лугу в Икрянинском районе, а *Melilotus albus* Medik. – на межбугровом понижении в Наримановском районе Астраханской области. Сырье анализировали в сухом виде.

Качественный и количественный составы образцов эфирного масла проводили на хроматографе Shimadzu GS 2010 с масс-селективным детектором GCMS-QP 2010. Для идентификации компонентов использовали библиотеку масс-спектров NIST 14.

Найдено, что основным компонентом эфирного масла *M. officinalis* и *M. albus* является кумарин, содержание которого составляет 86.37 и 80.02% соответственно.

В последние годы за рубежом опубликовано много работ, доказывающих эффективность кумарина и его производных при лечении диабетических осложнений, таких как нефропатия и сердечно-сосудистые заболевания. Предложен антидиабетический механизм действия кумаринов. Сообщалось также о противоопухолевом действии кумаринов и их производных [1, 2].

В эфирном масле *M. albus* мажорными компонентами являются также ди-2-этилгексильный эфир пальмитиновой кислоты (10.5%), карвон гидрат (1.49%) и гумулен (1.10%). Другими основными компонентами эфирного масла *M. officinalis*, помимо кумарина, являются фенилэтиловый спирт (3.19%), кариофиллен (2.15%), актинидин (1.39%) и дигидрокумарин (1.29%). Химический состав эфирного масла донника лекарственного и донника белого характеризуется присутствием кумарина в отличие от аналогичных видов донника, произрастающих в Сибирском регионе. В то же время хемотипы донника лекарственного, дикорастущих в Астраханской области и в Республике Узбекистан, мало отличаются друг от друга, что, возможно, обусловлено высокой инсоляцией в этих регионах.

### **Список литературы**

1. Y. Pan, T. Liu, X. Wang, J. Sun // J. Enzyme Inhib. Med. Chem. 2022. V. 37. No. 1. P. 616.
2. N. Bhattarai, A.A. Kumbhar, Y.R. Pokharel, P.N. Yadav // Mini-Rev. Med. Chem. 2021. V. 21. No. 19. P. 2996.

УДК 54.021

## ПЕКТИНОВЫЕ ПОЛИСАХАРИДЫ ЧЕРНОЙ РЕДЬКИ: ЭКСТРАКЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА

**Витязев Ф.В., Головченко В.В., Патова О.А., Хлопин В.А.**

*ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН*

*167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 50; email: rodefex@mail.ru*

*Выявлено, что мякоть корней черной редьки содержит водорастворимые полисахариды: крахмал (4.9%) и пектин (9.5%).*

*Ключевые слова: пектин, крахмал, черная редька, экстракция, ферментативный гидролиз.*

Полисахариды являются важными компонентами растительных клеток [1]. Целлюлоза, гемицеллюлозы, пектиновые вещества, амилоза, амилопектин, фруктаны, входящие в состав пищевых волокон, являются неотъемлемым компонентом высших растений [2]. Известно, что ежедневное употребление достаточного количества продуктов питания, богатых пищевыми волокнами, таких как фрукты, овощи, зерновые и зелень, нормализует жировой и углеводный обмен, что способствует снижению массы тела [3]. Корнеплоды редьки богаты минеральными веществами, белками, углеводами, витаминами, эфирными маслами и гликозидами [4]. Однако в настоящее время полисахаридный состав редьки мало изучен. Показано, что крахмал из корнеплодов [5] и ботвы черной редьки [6] экстрагируется горячей водой.

В настоящей работе представлены результаты исследований полисахаридов, выделенных из мякоти и кожуры корней черной редьки *Raphanus sativus* L., методом последовательной экстракции холодной, горячей и подкисленной водой, водными растворами 0.7%-ного оксалата аммония, 0.5%-ных карбоната и гидроксида натрия. Установлено, что наибольшие выходы полисахаридных фракций, полученные в результате экстракции раствором оксалата аммония, составляют 7.4 и 10.5% в пересчете на воздушно высушенный растительный материал для мякоти и кожуры корней редьки соответственно. Полисахаридные фракции, выделенные из мякоти корней редьки горячей водой и раствором оксалата аммония, подвергали последовательному ферментативному гидролизу  $\alpha$ -амилазой и полигалактуроназой. Полученные образцы полисахаридов, устойчивые к ферментативному гидролизу, далее фракционировали на ионообменной хроматографии на ДЭАЭ-целлюлозе. В результате установлено, что полисахариды редьки состоят из смеси крахмала и пектина, при этом пектин является основным компонентом полисахаридных фракций, экстрагируемых из мякоти корней черной редьки.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 20-64-47036.*

### **Список литературы**

1. A.G.J. Voragen, G.J. Coenen, R.P. Verhoef, H.A. Schols // Structure Chemistry. 2009. V. 20. P. 263.
2. Ю.С. Оводов // Биоорган. химия. 1998. Т. 24. №. 7. С. 483.
3. A.J. Wanders, J.J. van den Borne, C. de Graaf, T. Hulshof, M.C. Jonathan, M. Kristensen, M. Mars, H.A. Schols, E.J. Feskens // Obes Rev. 2011. V. 12. P. 724.
4. M. Gamba, E. Asllanaj, P.F. Raguindin, M. Glisic, O.H. Franco, B. Minder, W. Bussler, B. Metzger, H. Kern, T. Muka // Trends in Food Science & Technology. 2021 V. 113. P. 205.
5. H. Jeon, S. Oh, E. Kum, S. Seo, Y. Park, G. Kim // Pharmaceuticals. 2022. V. 15. No. 11. 1376.
6. M.H. Do, H.B. Lee, M.J. Oh, H. Jhun, S.Y. Choi, H.Y. Parka // Food Chemistry. 2021. V. 343. 128395.

УДК 66.095.64

## КАРБОНИЗАЦИЯ ЭПОКСИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

**Вихарева И.Н., Антипин В.Е.**

*ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»  
454080, г. Челябинск, просп. Ленина, 76; email: vikharevain@susu.ru*

*Циклокарбонаты представляют интерес в качестве сырья при получении экологических неизоцианатных полиуретанов. В работе исследована возможность получения циклокарбонатов карбонизацией эпоксицированного соевого масла и эпоксидиановых смол ЭД-16 и ЭД-20.*

*Ключевые слова: карбонизация, катализатор, синтез, углекислый газ, уретан, циклокарбонат, эпоксицированное масло, эпоксидная смола.*

Циклокарбонаты (ЦК) находят применение в различных областях [1]. Например, в качестве промежуточных продуктов для получения полимерных материалов. Особый интерес представляет создание на основе ЦК неизоцианатных полиуретанов (НИПУ). Циклокарбонаты могут быть синтезированы множеством различных способов [2–6]. Основным способом производства циклокарбонатов является пропускание диоксида углерода через жидкие эпоксидные олигомеры в присутствии катализатора. В России в промышленных масштабах производится только 1,2-пропиленкарбонат [7].

Реакцией карбонизации в присутствии катализатора ТБАБ осуществлен синтез циклокарбонатов на основе эпоксидных смол ЭД-20, ЭД-16 и эпоксицированного соевого масла. Методом ИК-спектроскопии проведен контроль реакции: наблюдается значительное снижение интенсивности полос поглощения в области  $800\text{--}830\text{ см}^{-1}$ , характерных для эпоксидных групп, и появление полосы поглощения в области  $1800\text{ см}^{-1}$ , характерной для циклокарбонатной группы.

Определение остаточных эпоксидных групп в реакционных массах после синтеза в сравнении с результатами анализа исходного сырья проводили согласно ГОСТ Р 56752-2015 [8]. Содержание эпоксидных групп в продуктах составило (%): циклокарбонат ЭСМ – 3.9; циклокарбонат смолы ЭД-20 – 0; циклокарбонат смолы ЭД-16 – 6.1.

Приведенные результаты показывают, что выбранный метод синтеза и катализатор ТБАБ обеспечивают получение циклокарбонатов на основе используемых эпоксидных соединений: ЭСМ и смолы ЭД-16 и ЭД-20.

Учитывая доступность углекислого газа, а также важность экологического аспекта его утилизации, карбонизация эпоксидов является перспективным направлением для получения неизоцианатных полиуретанов.

### Список литературы

1. J. Datta, M. Włoch // Polym. Bull. 2016. V. 73. No. 5. P. 1459.
2. A. Mohammadi, A. Fatahi // Polyurethanes: Preparation, properties and applications. V. 1: Fundamentals. American Chemical Society, 2023. P. 21.
3. L. Haydar, W. El Malt, V. Ladmiral, A. Alaeddine, B. Ameduri // Molecules. 2023. V. 28. No. 4. 1795.
4. M. Chai, F. Wu, L. Wu // Let. Org. Chem. 2023. V. 20. No. 4. P. 370.
5. S.K. Karmee // Biocatal. Biotransformation. 2023. P. 1.
6. Z.S. Petrović // Polym. Rev. 2008. V. 48. P. 109.
7. A. Zlatanic // J. Polym. Sci. Part B: Polym. Phys. 2004. V. 42. P. 809.
8. ГОСТ Р 56752-2015. Смолы и соединения эпоксидные. Методы определения массовой доли эпоксидных групп и эпоксидного эквивалента. М.: Стандартинформ, 2016 г. 10 с.

УДК 664.286

## ПОЛУЧЕНИЕ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ КРАХМАЛА С ЛИМОННОЙ КИСЛОТОЙ И ИХ РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Гавриленко Г.А., Курочкина Е.В., Протопопов А.В.

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова  
656038, г. Барнаул, просп. Ленина, 46; email: protopopovav@altgtu.ru*

*Исследован процесс получения сложных эфиров крахмала с лимонной кислотой. Модифицированный крахмал отличается небольшой степенью замещения. Для полученных продуктов рассмотрены реологические свойства.*

*Ключевые слова: модифицированный крахмал, реологические свойства модифицированных крахмалов.*

Нами был модифицирован крахмал в двух растворителях: воде и четыреххлористом углероде, при разных соотношениях крахмала к растворителю и при различных температурах синтеза (таблица 1).

Таблица 1 – Степень замещения в полученном модифицированном крахмале

Условия получения продукта	Температура синтеза	
	25 °С	45 °С
CCl <sub>4</sub> (3 ч)	0.126	0.15
CCl <sub>4</sub> (4 ч)	0.393	0.323
H <sub>2</sub> O ((1:0.25) 4 ч)	0.37	0.37
H <sub>2</sub> O ((1:0.5) 4 ч)	0.54	0.6

В ходе изучения полученных модификаций крахмала, также были проведены исследования их растворимости. Данные по значениям вязкости полученных цитратов крахмала приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Вязкость полученных цитратов крахмала

Название продукта	30 °С	45 °С	65 °С	90 °С
КЛВ 1:0.25 4/25	1.08	1.10	1.03	1.03
КЛВ 1:0.25 4/45	1.05	1.12	1.02	1.05
КЛВ 1:0.5 4/25 (в соде)	1.00	1.01	0.99	1.32
КЛВ 1:0.5 4/45 (в соде)	1.04	1.04	0.95	1.08
КЛ СаCl <sub>2</sub> 3/30	1.05	1.02	0.95	0.9

Полученные данные показывают, что модифицированный лимонной кислотой крахмал при указанных условиях синтеза не оказывает влияния на вязкость растворов. Однако у полученных продуктов крахмала наблюдается значительное снижение температуры растворимости. Также благодаря наличию свободных групп связанной лимонной кислоты в крахмале полученный продукт представляет интерес в качестве регулятора кислотности и вязкости.

### Список литературы

1. K. Zhang, F. Cheng, K. Zhang, J. Hu, C. Xu, Y. Lin, M. Zhou, P. Zhu // Eur. Polym. J. 2019. V. 119. P. 136.

УДК 547+547.913.3

**СИНТЕЗ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПИЛЛАР[5]АРЕНОВ,  
СОДЕРЖАЩИХ СЕСКВИТЕРПЕНОИДНЫЙ ФРАГМЕНТ****Гамиров Р.Р., Ахмедов А.А., Бурдюгов Д.В., Шурпик Д.Н., Стойков И.И.**

*Химический институт им. А.М. Бутлерова,  
Казанский (Приволжский) федеральный университет  
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18; email: gamirov\_21@mail.ru*

*Региоселективная функционализация макроциклической платформы пиллар[5]арена одним терпеноидным и девятью аммониевыми фрагментами, изучение агрегационной и мембранотропной активности.*

*Ключевые слова: пилларарены, терпеноиды, сесквитерпеноиды, фарнезол.*

Кожные заболевания являются четвертой по распространенности причиной всех заболеваний человека, от них страдает почти треть населения мира. Хронические воспалительные заболевания кожи, например псориаз, требуют новых методов лечения, которые, как правило, являются дорогостоящими. Сравнительно новым подходом для лечения кожных заболеваний является трансдермальная доставка лекарственных соединений – местное воздействие на кожу с помощью наносистем для обеспечения пролонгированного высвобождения и сохранения локализованного эффекта.

Макроциклические амфифилы на основе пиллар[n]аренов представляют особый интерес для создания на их основе наносистем для трансдермальной доставки. Склонность макроциклов к взаимодействиям по принципу «гость–хозяин» позволяет формировать на их основе устойчивые комплексы с различными по природе лекарственными веществами. Наличие симметричного макроциклического остова позволяет варьировать расположение гидрофильных и гидрофобных частей, что дает возможность не только эффективно связывать молекулы–гости, но и создавать более сложные самособирающиеся системы. Тип заместителей, их количество, пространственное и структурное положение в макроцикле во многом формируют свойства конечного соединения. Особый интерес представляют монозамещенные пилларарены. Введение только одного фрагмента не оказывает существенного влияния на эффективный размер макроциклической полости и способности к молекулярному распознаванию, а замена оставшихся функциональных групп на заряженные фрагменты позволит получать растворимые в воде соединения. Терпеноиды и их производные обладают высоким потенциалом проникновения через кожу. Объединение особенностей пиллар[n]аренов, а также биодоступности и нетоксичности терпеноидов позволит разработать новые супрамолекулярные системы трансдермальной доставки для эффективной терапии кожных заболеваний.

В настоящей работе разработана оригинальная методика региоселективной функционализации макроциклической платформы пиллар[5]арена одним терпеноидным и девятью аммониевыми фрагментами. Состав и структура полученных соединений подтверждены рядом физических методов, таких как спектроскопия ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ , ИК-спектроскопия, масс-спектрометрия высокого разрешения.

Методом динамического рассеяния света оценена способность полученных соединений образовывать самоассоциаты путем самосборки в водных растворах. Методом УФ-титрования установлено, что полученные соединения образуют комплексы с противогрибковым препаратом нистатином в соотношении 1:2. Методом турбидиметрии показано, что полученные вещества взаимодействуют с модельной фосфолипидной мембраной при рН 7.4.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 22-73-00187).*

УДК: 615.838

## КОРРЕКЦИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ С ПОМОЩЬЮ ФИТОСКИПИДАРНЫХ ВАНН

**Гарнов И.О.<sup>1</sup>, Бойко Е.Р.<sup>1</sup>, Логинова Т.П.<sup>1</sup>, Булатов С.И.<sup>2</sup>, Кучин А.В.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН*

*167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 50; email: 566552@inbox.ru*

<sup>2</sup>*Министерство здравоохранения*

*167981, г. Сыктывкар, ул. Ленина, 73; email: mz@minzdrav.rkomi.ru*

<sup>3</sup>*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН*

*167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: kutchin-av@mail.ru*

*В современном мире все большее значение приобретает возможность регулярного использования бальнеологических процедур для поддержания оптимального баланса организма. В работе показано положительное влияние курса фитоскипидарных ванн на психофизиологическое состояние человека.*

*Ключевые слова: фитоскипидарная эмульсия, самочувствие, активность, настроение.*

На современном этапе развития различных наук имеются валидные результаты множества исследований, где показано влияние психоэмоционального стресса как составляющей трудового процесса на состояние физического и психического здоровья руководителей высшего звена. Эффективность выполнения и принятия решений возможна лишь при нормальном физическом и психическом статусе руководителя, которые могут быть обеспечены в том числе и средствами бальнеологии.

*Материал и методы.* В исследовании приняли участие руководители обособленных подразделений ФИЦ Коми НЦ УрО РАН ( $n = 9$ ) в контрастный период года. В исследовании использовалась модифицированная фитоскипидарная эмульсия, разработанная в Институте химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН [1], по ранее разработанному нами алгоритму [2, 3]. С целью определения влияния на психоэмоциональный фон курсового воздействия бальнеологической процедуры с применением модифицированной эмульсии использовали опросник САН (самочувствие, активность, настроение), измерение артериального давления (АД) методом Короткова и частоты сердечных сокращений (ЧСС) пальпаторным методом.

*Результаты и обсуждение.* Динамика показателей деятельности сердечно-сосудистой системы (ССС) показала положительную тенденцию под влиянием курсового воздействия фитоскипидарных ванн, которая проявилась в снижении ЧСС и АД. Также наблюдалось улучшение психофизиологических показателей САН.

Таким образом, курсовое воздействие ванн с инновационной фитоскипидарной эмульсией способствует нормализации деятельности ССС и повышению психоэмоционального фона.

### **Список литературы**

1. А.В. Кучин // Патент на изобретение RU 2649776 С2, 04.04.2018. № 2016128093 от 12.07.2016.
2. И.О. Гарнов, Е.Р. Бойко, А.В. Кучин, Н.Г. Варламова, Т.П. Логинова // Патент на изобретение RU 2630980 С1, 15.09.2017. № 2016128099 от 12.07.2016.
3. И.О. Гарнов, А.В. Кучин, Т.П. Логинова, Н.Г. Варламова, Е.Р. Бойко // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2016. Т. 93. № 2. С. 26.

УДК 66.014

## ПАРОВОЙ ВЗРЫВ В АТМОСФЕРЕ CO<sub>2</sub> КАК МЕТОД ПРЕДОБРАБОТКИ ШЕЛУХИ ОВСА

**Гладышева Е.К.**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем химико-энергетических технологий  
Сибирского отделения Российской академии наук  
659322, г. Бийск, ул. Социалистическая, 1; email: evg-gladysheva@yandex.ru*

*Паровой взрыв CO<sub>2</sub> способствует изменению структуры растительной биомассы и увеличению массовой доли целлюлозных компонентов в обработанном волокнистом материале.*

*Ключевые слова: паровой взрыв, сверхкритический CO<sub>2</sub>, растительная биомасса, шелуха овса, химический состав.*

Известно, что растительная биомасса представляет собой лигнин-углеводный комплекс, состоящий из углеводных полимеров, лигнина, белков, пектинов и других компонентов. Паровой взрыв в атмосфере CO<sub>2</sub> способствует изменению структуры растительной биомассы, снижению степени кристалличности и увеличению проницаемости, доступности и площади поверхности целлюлозы. При этом важным фактором является температура, при которой производится паровой взрыв. В настоящем исследовании паровому взрыву в атмосфере CO<sub>2</sub> при различных температурах подвергался многотоннажный отход сельского хозяйства – шелуха овса с химическим составом: целлюлоза по Кюршнеру – 36.5%, пентозаны – 29.3%, лигнин – 19.2%, зола – 4.4%. Химический состав волокнистых материалов, полученных после обработки, представлен в таблице.

Химический состав полученных волокнистых материалов

Субстрат, №	Температура, °С	Массовая доля, %			
		Целлюлоза по Кюршнеру	Пентозаны	Лигнин	Зола
1	135	42.1	27.0	18.0	4.4
2	165	57.2	25.0	23.3	5.0
3	200	59.0	23.0	19.0	7.0

Из данных, представленных в таблице, следует, что предварительная обработка способствовала увеличению массовой доли целлюлозы по Кюршнеру в 1.2–1.6 раза. Снижение массовой доли пентозанов наблюдалось в 1.1–1.3 раза. Снижения содержания массовой доли лигнина и золы не наблюдалось, это может быть связано с повторной конденсацией лигнина на волокнах. Для дальнейшего использования полученных волокнистых материалов в биотехнологических целях необходимо провести дополнительные исследования реакционной способности к ферментативному гидролизу.

*Работа выполнена при использовании оборудования Бийского регионального центра коллективного пользования СО РАН (ИПХЭТ СО РАН, г. Бийск) и при поддержке Минобрнауки в рамках госзадания ИПХЭТ СО РАН (госрегистрация темы проекта 124021200031-4).*

УДК 546.98+547.792+547.792+547.914.4

## КАТАЛИТИЧЕСКАЯ И ЦИТОТОКСИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ННС-КОМПЛЕКСОВ ПАЛЛАДИЯ(II) С ТЕРПЕНОИДАМИ И ГЕТЕРОЦИКЛАМИ

**Глушков В.А.<sup>1,2</sup>, Ермакова Л.С.<sup>1</sup>, Белоглазова Ю.А.<sup>1</sup>, Леонтьев Н.О.<sup>2</sup>**

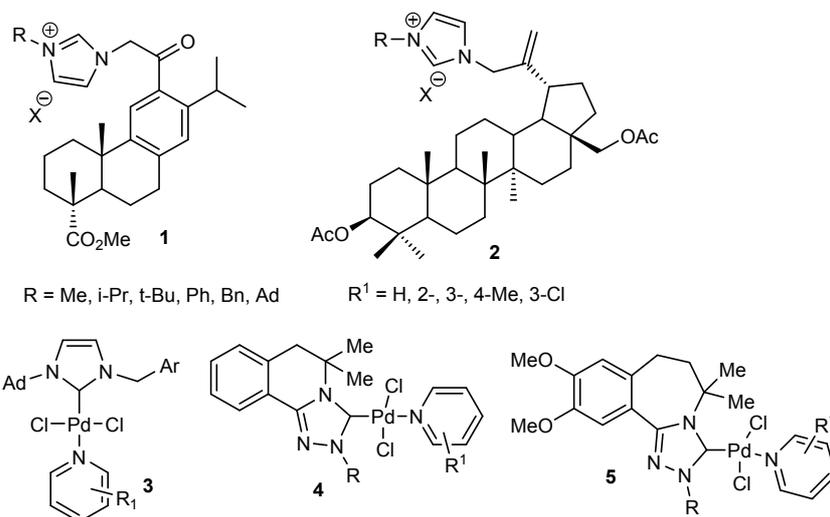
<sup>1</sup>Институт технической химии Пермского ФИЦ УрО РАН  
614068, г. Пермь, ул. ак. Королева, 3; email: glusha55@gmail.com

<sup>2</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет  
614099, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Комплексы палладия(II) с *N*-гетероциклическими карбенами на основе ди- и тритерпеновых солей имидазолия и бензимидазолия, генерируемые *in situ*, обладают способностью катализировать реакции кросс-сочетания. Синтезирован также ряд PEPPSI-комплексов Pd(II) на базе 1,2,4-триазоло[3,4-*a*]изохинолина и бензо[*c*]-1,2,4-триазоло[3,4-*a*]азепина. Ключевые слова: терпеноиды, имидазолы, *N*-гетероциклические карбены, палладий, комплексы.

Нами установлено, что генерируемые *in situ* комплексы палладия(II) с *N*-гетероциклическими карбенами (ННС) на базе дитерпеновых [1, 2] и тритерпеновых [3] солей имидазолия (1) и бензимидазолия (2) обладают способностью катализировать реакции Сузуки, Хека, Соногаширы.

Синтезированы также PEPPSI-комплексы из солей адамантилимидазолия (3), 1,2,4-триазоло[3,4-*a*]изохинолина (4) и бензо[*c*]-1,2,4-триазоло[3,4-*a*]азепина (5). Комплексы (3) являются прекатализаторами реакций C–H активации (арилрование замещенных тиофенов) [4]; комплексы (4) проявили высокую цитотоксическую активность на линии НСТ-116 (IC<sub>50</sub> 0.7–1.4 μM) [5].



### Список литературы

1. А.А. Горбунов, М.С. Денисов, В.И. Карманов, В.А. Глушков // ЖОрХ. 2013. Т. 49. № 7. С. 1077.
2. В.А. Глушков, М.С. Денисов // ЖОрХ. 2020. Т. 56. № 5. С. 719.
3. В.А. Глушков, М.С. Денисов, И.А. Борисова, О.А. Майорова // ЖОрХ. 2016. Т. 52. № 1. С. 49.
4. V.A. Glushkov, M.S. Denisov, A.A. Gorbunov, Yu.A. Myalitzin, M.V. Dmitriev, P.A. Slepukhin // Chem. Het. Comp. 2019. V. 55. No. 3. P. 217.
5. Л.С. Ермакова, В.С. Грачева, О.А. Майорова, М.В. Дмитриев, Ю.А. Белоглазова, В.А. Глушков // Изв. АН. сер. хим. 2024. Т. 73. № 4. С. 1072.

УДК 547.72

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КИСЛОТ И ЩЕЛОЧЕЙ НА ФУРАНОВЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ

**Гольшева А.Н.<sup>1</sup>, Колыхалов Д.А.<sup>1</sup>, Карлинский Б.Я.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Тульский государственный университет  
300012, г. Тула, просп. Ленина, 92; email: nastyagolysheva2000@yandex.ru

<sup>2</sup>Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН  
119991, г. Москва, Ленинский просп., 47

*Исследовано влияние различных кислот и оснований на 5-(гидроксиметил)фурфурол. Установлено, что на стабильность соединения влияют не только температура и время реакции, но и выбранные растворители.*

*Ключевые слова: 5-(гидроксиметил)фурфурол, гумификация, стабильность, фураны, «соединение-платформа».*

Исследовано влияние различных кислот на стабильность 5-(гидроксиметил)-фурфурола (ГМФ) и показано, что ГМФ в присутствии  $H_2SO_4$  разлагается с образованием гуминов. Их образование происходит даже при низких температурах, а при более высоких – процесс протекает значительно быстрее. Этерификация и ацетализация являются основными типами реакций образования гуминовых соединений при низкой температуре, тогда как при более высоких температурах гумины содержат больше центров левулиновой кислоты за счет альдольной конденсации и этерификации [1–3].

Изучая влияние оснований, установлено, что сильные и умеренно сильные основания, такие как NaOH, KOH,  $Na_2CO_3$  и  $K_2CO_3$ , менее эффективны для окисления ГМФ в фурандикарбоновую кислоту. Несмотря на то, что конверсия 5-ГМФ в этих условиях будет близка к 100%, вместо получения целевого продукта основными продуктами реакции будут гумины. В большей степени столь сильная деградирующая способность оснований по отношению к 5-ГМФ связана с его строением и агрегатным состоянием; смешивание 5-ГМФ со щелочами происходит в растворе. Известно, что низкая стабильность этого производного фурана в жидком состоянии связана с очень сильными межмолекулярными взаимодействиями [4–7].

Отметим, что общий выбор растворителя оказывает существенное влияние на стабильность ГМФ, в том числе при совместном использовании как с кислотами, так и с основаниями. В этом случае мы рекомендуем использовать растворители, относящиеся к зеленому сектору по классификации CHEM21 [8].

*Работа выполнена в рамках государственного задания (FEWG-2022-0001).*

### Список литературы

1. S.K.R. Patil, J. Heltzel, C.R.F. Lund // Energy & Fuels. 2012. V. 26. P. 5281.
2. H. Shen, H. Shan, L. Liu // ChemSusChem. 2020. V. 13. P. 513.
3. B. Girisuta, L.P.V.M. Janssen, H.J. Heeres // Green Chem. 2006. V. 8. P. 701.
4. Z. Zhang, J. Zhen, B. Liu, K. Lv, K. Deng // Green Chem. 2015. V. 17. P. 1308.
5. W. Xie, H. Liu, X. Tang, X. Zeng, Y. Sun, X. Ke, T. Li, H. Fang, L. Lin // Appl. Catal. A Gen. 2022. V. 630. 118463.
6. J. Xie, J. Nie, H. Liu, C. Xuebao // Chin. J. Catal. 2014. V. 35. P. 937.
7. Z. Li, L. Huai, P. Hao, X. Zhao, Y. Wang, B. Zhang, C. Chen and J. Zhang // Chin. J. Catal. 2022. V. 43. P. 793.
8. D. Prat, A. Wells, J. Hayler, H. Sneddon, C.R. McElroy, S. A.bou-Shehadad, P.J. Dunne // Green Chem. 2016. V. 18. P. 288.

УДК 615.322

**СОДЕРЖАНИЕ ФЛАВОНОИДОВ В *ARTEMISIA PALUSTRIS* И *A. SCOPARIA*****Гончарова Д.Б.<sup>1</sup>, Дыленова Е.П.<sup>1,2</sup>, Жигжитжапова С.В.<sup>1</sup>, Тыхеев Ж.А.<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup>ФГБУН Байкальский институт природопользования СО РАН

670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6; email: danaydomi5@gmail.com

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия  
им. В.Р. Филиппова»

670010, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8; email: edylenova@mail.ru

Определено содержание флавоноидов в траве *Artemisia palustris* и *Artemisia scoparia* флоры Бурятии методом спектрофотометрии.

Ключевые слова: полынь, флавоноиды, водно-спиртовой экстракт, антиоксидантная активность.

В настоящий момент активизировался поиск новых природных соединений, проявляющих антиоксидантную активность (АОА). Эти вещества нейтрализуют свободные радикалы, способные вызывать хронические заболевания. Основными носителями АОА водно-спиртовых экстрактов являются фенольные соединения, в частности флавоноиды [1].

Цель работы – определение АОА водно-спиртового извлечения *A. scoparia* и суммарное содержание флавоноидов в траве *A. palustris* и *A. scoparia*. Объектами исследования являются надземные части полыни болотной, собранные в Хоринском и Тарбагатайском районах Бурятии, а также в окрестностях г. Улан-Удэ, и полыни веничной, собранные в Хоринском, Иволгинском и Еравнинском районах Бурятии в 2023 г. АОА извлечения *A. scoparia* оценивалась с применением DPPH-теста, содержание флавоноидов в пересчете на рутин – общепринятым методом [2].

Величина IC<sub>50</sub> экстракта *Artemisia scoparia* составила 92.13 мкл/мл, величина сопоставима с активностью аскорбиновой кислоты IC<sub>50</sub> 35.96 мкл/мл. Экстракт полыни веничной проявляет большую АОА за счет высокого содержания флавоноидов. Результаты содержания флавоноидов представлены в таблице.

**Результаты количественного определения флавоноидов**

<i>Artemisia palustris</i>		<i>Artemisia scoparia</i>	
Место сбора	Σ флавоноидов, %	Место сбора	Σ флавоноидов, %
Хоринский район	8.6	Хоринский район	3.4
Тарбагатайский район	18	Иволгинский район	3.7
г. Улан-Удэ	5.7	Еравнинский район	3.4

Содержание флавоноидов в надземной части полыни болотной составляет от 5.7 до 18%. Наибольшее их содержание характерно для популяции полыни болотной с Тарбагатайского района. В полыни веничной содержание флавоноидов – от 3.4 до 3.7%. Наибольшее их содержание отмечено для популяции полыни веничной с Иволгинского района.

Исследование выполнено в рамках государственного задания БИП СО РАН (проект № FWSU-2024-0001) по направлению работ МНОЦ «Байкал», с использованием оборудования ЦКП БИП СО РАН.

**Список литературы**

1. А.О. Логвина // Труды Белорусского государственного университета. Серия: Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. 2014. Т. 9. № 1. С. 67.
2. Государственная фармакопея Российской Федерации: [Электронный ресурс]. – 15 изд. – Режим доступа: [https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/?PAGEN\\_1=5](https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/?PAGEN_1=5) (дата обращения: 15.03.2024).

УДК 544.476:661.183.123.2

**ГЕМОЗАМЕНИТЕЛИ НА ОСНОВЕ ПЕКТИНОВЫХ ОЛИГОСАХАРИДОВ****Горшкова Р.М., Слободова Д.А., Ремнев В.Е.**

ООО «МЕЗОН»

141983, г. Дубна, ул. Программистов, 4; email: gorshkova.raisa@gmail.com

*Созданы эффективные и безопасные изотонические и гипертонические гемозаменители на основе пектиновых олигосахаридов. Доказаны их преимущество перед препаратами сравнения и возможность их применения в широком диапазоне температур.*

*Ключевые слова: пектиновые олигосахариды, гемозаменители, криофилактические среды, декстран, малообъемная реанимация.*

В настоящее время актуальной проблемой является разработка гемозаменителей, в том числе с функцией транспорта кислорода, имеющих ряд преимуществ перед донорской кровью: универсальность, инфекционная безопасность, возможность длительного хранения и др. Пектиновые олигосахариды обладают собственной биологической активностью и биосовместимостью. Композициям на их основе присуща способность связывать молекулы воды, что обеспечивает достаточный волемический эффект и обуславливает перспективность их применения для заместительной трансфузионной терапии.

Для создания изотонических и гипертонических гемозаменителей были использованы криофилактические среды [1] на основе 6.0%-ных растворов олигосахаридов вторичной пектинсодержащей фитомассы, а именно яблочных выжимок и альбеде помело, полученные методом комбинированного фракционирования [2]. В качестве полимера-носителя выбран модифицированный декстран с молекулярной массой 40000 Да. Для придания растворам осмолярности, схожей с осмолярностью крови, использовали хлорид натрия. Использование криофилактических сред на основе олигосахаридов обеспечило физико-химическую стабильность гемозаменителей и возможность их хранения и применения в широком диапазоне температур (от –50 до +50 °С). Установлено преимущество разработанных гемозаменителей над фармакопейными препаратами сравнения. Показано, что при двукратно меньшей дозе введения разработанного изотонического гемозаменителя (в дозе 1/2:1 восполнения объема циркулирующей крови (ОЦК)) наблюдаются быстрая стабилизация гемодинамических показателей и благоприятное течение метаболических процессов в органах и тканях, свидетельствующее о восстановлении микроциркуляции и эффективности противошоковых мероприятий при острой массивной кровопотере, превышающей 50.0% ОЦК. Доказана перспективность применения гипертонического гемозаменителя для малообъемной реанимации, в том числе с болюсным введением раствора (210 мл в течение 90 сек), что имеет важное значение с точки зрения скорости стабилизации гемодинамики на фоне кратковременности трансфузии и возможности поддержания управляемой гипотонии на догоспитальном этапе.

**Список литературы**

1. R. Gorshkova, D. Slobodova, N. Novoselov, S. Pankov // Key Engineering Materials. 2021. V. 899. P. 585.
2. D.A. Slobodova, R.M. Gorshkova, N.P. Novoselov, E.F. Panarin // Fibre Chemistry. 2020. V. 51. P. 333.

УДК 547.425.5

## СИНТЕЗ НОВЫХ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕРПЕНОВЫХ АРИЛСУЛЬФОНАМИДОВ

**Гребёнкина О.Н., Банина О.А., Петрова П.А., Лезина О.М.,  
Судариков Д.В., Рубцова С.А.**

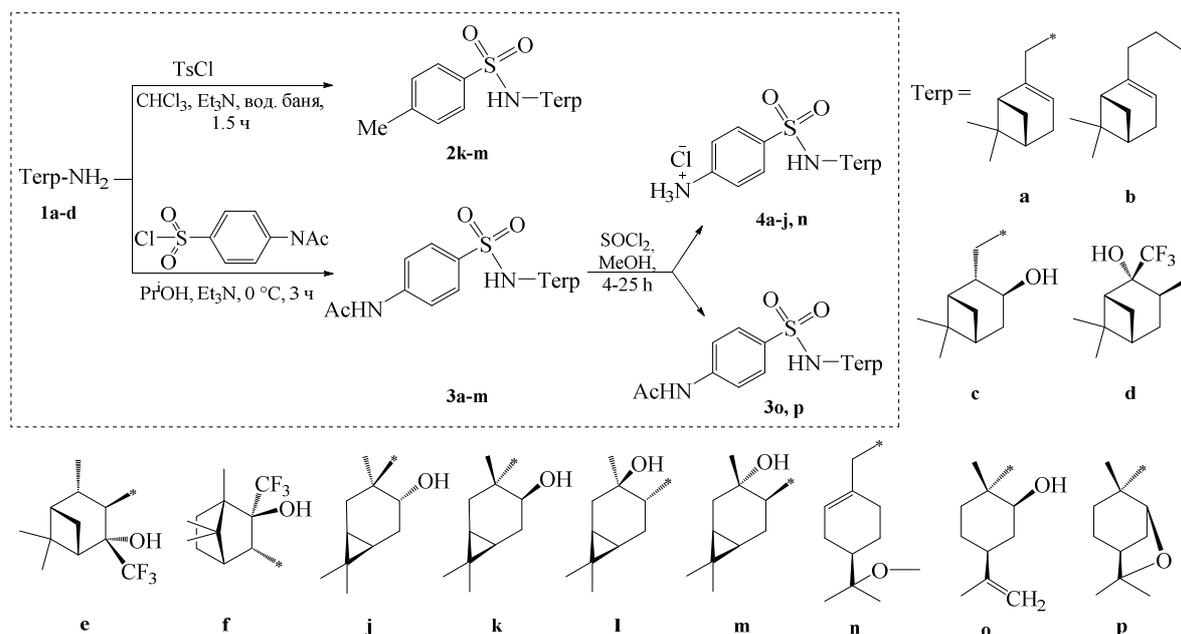
*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН*

*167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: olya.grebyonkina@mail.ru*

*Получены новые оптически активные арилсульфонамиды (2–4) взаимодействием полифункциональных аминов пинановой, карановой и борнановой структуры с тозил- и N-ацетилсульфанилхлоридами.*

*Ключевые слова: монотерпеноиды, (+)-3-карен, (-)-β-пинен, стрептоцид, сульфонамид.*

Синтез сульфонамидов на основе растительного сырья – перспективный путь в поиске новых биологически активных соединений. В данной работе осуществлен синтез оптически активных полифункциональных арилсульфонамидов путем взаимодействия карановых, пинановых и борнановых аминов с тозил- и N-ацетилсульфанилхлоридами, последний из которых является основой лекарственных сульфаниламидов.



*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание № 122040600073-3) с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Химия» Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.*

УДК 544.478

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БИОКАТАЛИЗАТОРОВ  
НА ОСНОВЕ ПЕРОКСИДАЗЫ И ГЛЮКОЗООКСИДАЗЫ****Гребенникова О.В.<sup>1</sup>, Сульман А.М.<sup>1</sup>, Филатова А.Е.<sup>1,2</sup>, Шиманская Е.И.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>*Тверской государственной технической университет  
170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22; email: omatveevatstu@mail.ru*<sup>2</sup>*Тверской государственной университет  
170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33*

*В работе были исследованы образцы биферментных систем на основе глюкозооксидазы и пероксидазы с помощью метода низкотемпературной адсорбции азота, ИК-спектроскопии и метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.*

*Ключевые слова: пероксидаза, глюкозооксидаза, каскадные реакции, иммобилизация, биферментные системы.*

Мезопористые материалы применяются в химических и химико-биологических процессах в качестве неорганических сорбентов, катализаторов и носителей катализаторов и могут быть использованы в различных областях промышленности, медицины и сельского хозяйства. Перспективным применением мезопористых оксидов кремния является использование их в качестве носителей для иммобилизации биферментных систем на основе глюкозооксидазы и пероксидазы. Мезопористый оксид кремния имеет множество наноканалов и пор, которые создают оптимальные условия для организации биферментных систем. С помощью такого материала можно достичь более высокой активности ферментов, увеличить их стабильность и продолжительность действия. В то же время, использование мезопористого оксида кремния как носителя для биферментных систем позволяет избежать негативных влияний окружающей среды и благоприятных условий для роста и развития микроорганизмов.

Глюкозооксидаза и пероксидаза корня хрена – это окислительно-восстановительные ферменты, которые успешно могут применяться для создания биосенсоров, в синтезе биологически активных соединений, биоремедиации и др. В присутствии глюкооксидазы глюкоза способна окисляться до глюконолактона и восстанавливать кислород до пероксида водорода. Последний способен окислять 2,2'-азино-бис-(3-этилбензтиозолин-6-сульфокислоты)диаммониевую соль в присутствии пероксидазы. В результате этого окисления получается продукт, который можно определять с помощью колориметрии. Каскад этих реакций предполагает совместное использование глюкооксидазы и пероксидазы для синтеза биокатализатора, который можно использовать для получения глюкозного биосенсора и в процессе биоремедиации.

В данной работе синтезированы биферментные системы на основе пероксидазы корня хрена и глюкозооксидазы. В качестве носителей для иммобилизации ферментов использовали оксид кремния и магнитоотделяемый оксид кремния. Образцы носителей были предварительно модифицированы и активированы. Полученные биокатализаторы исследовались с помощью метода низкотемпературной адсорбции азота, ИК-спектроскопии и метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 24-14-00224).*

УДК 615.282; 547.598; 547.599; 547.596

## СИНТЕЗ ПРОТИВОГРИБКОВЫХ АЗОЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ МОНОТЕРПЕНОВЫЕ ФРАГМЕНТЫ

**Грибков П.В., Судариков Д.В., Рубцова С.А., Кучин А.В.**

*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН*

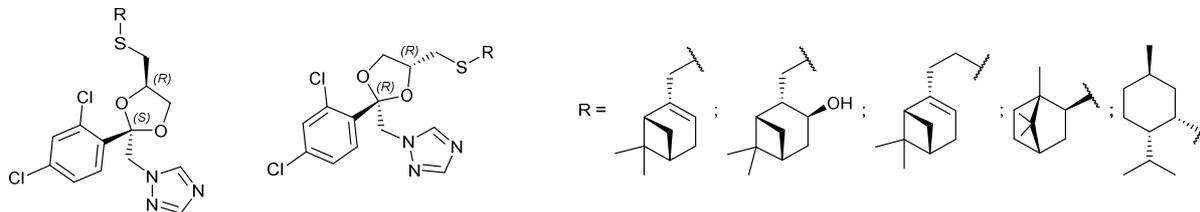
*167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: pavelgribkov1999@yandex.ru*

*Синтезированы новые оптически чистые противогрибковые азолы на основе монотерпеновых тиолов пинанового, борнанового и ментанового ряда.*

*Ключевые слова: азолы, монотерпеновые тиолы, противогрибковые препараты, противогрибковая активность, грибковые инфекции.*

Ингибиторы ланостерол-14 $\alpha$ -деметилазы (азолы) являются наиболее важными противогрибковыми препаратами. За последние полвека это семейство оказало значительное влияние на борьбу с инвазивными и поверхностными грибковыми инфекциями. В новых поколениях азолов повысился уровень безопасности, риск взаимодействия с лекарственными средствами уменьшился, а спектр активности препаратов был увеличен [1].

Недавно было показано, что введение монотерпенового фрагмента в структуру азолов через пиперазиновый линкер значительно увеличивает противогрибковую активность полученных конъюгатов [2]. Причем полученные соединения оказались активными к азол-резистентным штаммам грибов.



Таким образом, введение терпеновых фрагментов позволяет ожидать усиление противомикробной активности синтезируемого соединения. Следовательно, синтез и исследование антимикробной активности новых, не описанных ранее хиральных серосодержащих производных монотерпеноидов являются актуальными.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственное задание № 122040600073-3) с использованием оборудования ЦКП «Химия» Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.*

### Список литературы

1. M.A. Hossain, M.A. Ghannoum. // *Expert Opin. Investig. Drugs*. 2000. V. 9. P. 1797.
2. N.S. Li-Zhulanov, N.P. Zaikova, S. Sari, D. Gülmez, S. Sabuncuoğlu, K. Ozadali-Sari, S. Arıkan-Akdagli, A.A. Nefedov, T.V. Rybalova, K.P. Volcho, N.F. Salakhutdinov // *Antibiotics*. 2023. V. 12. 818.

УДК 547.598+546.98+577.2

## КОМПЛЕКСЫ ПАЛЛАДИЯ С ПРОИЗВОДНЫМИ МИРТЕНАЛЯ И БЕНЗИЛАМИНА: СЕЛЕКТИВНОСТЬ ЦИКЛОМЕТАЛЛИРОВАНИЯ, ПРОТИВООПУХОЛЕВАЯ АКТИВНОСТЬ

**Гурьева Я.А.<sup>1</sup>, Залевская О.А.<sup>1</sup>, Николаева Н.С.<sup>2</sup>, Александрова Ю.Р.<sup>2</sup>, Яндулова Е.Ю.<sup>2</sup>, Неганова М.Е.<sup>2</sup>, Кучин А.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: gurjeva-ja@chemi.komisc.ru

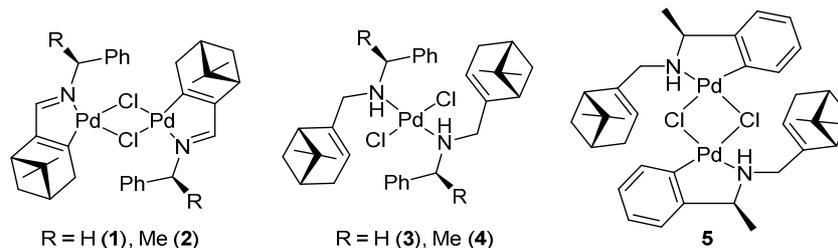
<sup>2</sup>Институт физиологически активных веществ ФИЦ ПХФ и МХ РАН

142432, г. Черноголовка, Северный проезд, 1

Исследованы условия циклопалладирования миртенальных производных бензиламина. Оценена противоопухолевая активность новых комплексов палладия.

Ключевые слова: комплексы палладия, циклопалладирование, бензиламин, миртеналь, цитотоксичность.

В качестве потенциальных противоопухолевых средств хорошо зарекомендовали себя комплексные соединения палладия различного типа [1]. Для получения новых комплексов палладия синтезированы производные миртенала и бензиламина/ $\alpha$ -метилбензиламина. Показана высокая региоселективность циклометаллирования бензилиминов миртенала – во всех исследуемых условиях идет замещение винильного протона с образованием  $C_{sp^2}$ -палладациклов **1** и **2** соответственно. В случае соответствующих бензиламинов результат реакции палладирования существенно зависит от условий. При взаимодействии с тетрахлоропалладатом образуются комплексы **3** и **4** с монодентатно координированным лигандом. В присутствии ацетата палладия реакция осложняется дегидрированием аминов до соответствующих иминов и циклопалладированием последних с образованием комплексов **1** и **2** соответственно. *орто*-Палладирование по ароматическому кольцу с образованием комплекса **5** возможно только в случае амина, содержащего  $\alpha$ -метильную группу.



Исследован потенциал синтезированных комплексов палладия в качестве перспективных противоопухолевых агентов. Для палладациклов **1**, **2**, **5** было обнаружено выраженное цитотоксическое действие по отношению к панели клеточных линий различного опухолевого происхождения. Установлено, что комплексы **2** и **5** вызывали гибель всех линий клеток со значениями  $IC_{50}$  от 6.35 до 24.85 мкМ. Соединение **1** также проявляло высокую цитотоксичность в отношении линий SH-SY5Y, Hep-2, HeLa ( $IC_{50}$  до 10 мкМ). Таким образом, биядерные палладациклы, содержащие лабильный хлоридный мостик, можно рассматривать в качестве наиболее перспективных структур при конструировании металлсодержащих противоопухолевых лекарственных кандидатов.

### Список литературы

1. O.A. Zalevskaya, Y.A. Gur'eva, A.V. Kutchin, Yu.R. Aleksandrova, E.Yu. Yandulova, N.S. Nikolaeva, M.E. Neganova // Inorg. Chim. Acta. 2021. V. 527. 120593.

УДК 577.114: 544.773.432

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ, РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕКСТУРНЫЕ СВОЙСТВА ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПЕКТИНОВ И ИММОБИЛИЗОВАННЫХ КАЛЛУСНЫХ КЛЕТОК

Гюнтер Е.А., Попейко О.В., Витязев Ф.В., Попов С.В.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физиологии ФИЦ Коми научного центра Уральского отделения РАН  
167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 50; email: gunter-ea@mail.ru*

*Проведены ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, реологический и текстурный анализы гидрогелей на основе пектинов с различной степенью метилэтерификации и иммобилизованных каллусных клеток ряски малой. Исследована способность гидрогелей высвобождать антиоксидант в искусственных средах желудочно-кишечного тракта.*

*Ключевые слова: пектин, гидрогель, реология, текстура, каллус, система доставки.*

Пектиновые гидрогелевые гранулы с иммобилизованными каллусными клетками получены из пектина (2.0%), каллусных клеток ряски малой (0.1–0.4 г/мл) и антиоксиданта экстракта виноградных косточек (GSE) (1.0 мг/мл) с использованием сшивающего агента лактата кальция (1.0%). В качестве источника пектина использовали пектины с различной степенью метилэтерификации (СМ), в частности, пектин каллуса пижмы (TVC, СМ 5.7%) и коммерческий цитрусовый пектин (СР, СМ 33.0%). Модуль упругости  $G'$  всех гидрогелей на основе TVC и СР выше, чем модуль потерь  $G''$  во всей области LVE, и их значения зависят от используемого пектина и содержания клеток в гидрогелях. Значение  $G'_{LVE}$  у гидрогеля TVC выше, чем у гидрогеля СР, что указывает на более высокую прочность гелевой сетки TVC гидрогеля. Добавление 0.1 г/мл клеток в TVC гидрогель приводит к увеличению  $G'_{LVE}$  и  $G''_{LVE}$  в 1.5 раза, а увеличение содержания клеток до 0.4 г/мл вызывает снижение этих параметров в 1.5–1.9 раза. Это указывает на то, что увеличение содержания клеток в TVC гидрогелях приводит к снижению прочности гелевой сетки. Включение 0.1 г/мл клеток в гидрогель на основе СР не оказывает влияния на  $G'_{LVE}$  и  $G''_{LVE}$ . В то же время более высокое содержание клеток (0.4 г/мл) вызывает увеличение этих показателей в 3.0–4.4 раза, показывая увеличение прочности гелевой сетки. Включение каллусных клеток в пектиновые гидрогели приводит к снижению таких текстурных параметров гидрогелей, как твердость, адгезивность и эластичность. Более существенное их снижение происходит в пектин/каллусных гидрогелях на основе TVC по сравнению с более слабыми таковыми на основе СР. С увеличением содержания клеток в TVC гидрогелях текстурные и реологические (сила связи и комплексная вязкость) характеристики снижаются из-за разрыхления структуры гидрогеля. Для СР гидрогеля при добавлении 0.4 г/мл клеток наблюдается изменение реологических свойств, в частности, увеличение силы связи, количества связей, комплексной вязкости и хрупкости. Гранулы на основе TVC и каллуса очень медленно высвобождают GSE в искусственную среду желудка и тонкого кишечника, что указывает на контролируемое высвобождение. Скорость высвобождения GSE в среду толстой кишки снижается с увеличением содержания клеток, что связано с накоплением GSE в клетках. Гранулы на основе СР полностью высвобождают GSE в среде тонкого кишечника из-за своих слабых текстурных характеристик и быстрой деградации.

УДК 544.723

## МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ОТХОДЫ ДЕРЕВООБРАБОТКИ ДЛЯ СОРБЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ Cr(VI)

**Дворянкин Д.Ю., Первова И.Г., Клепалова И.А.**

Уральский государственный лесотехнический университет  
620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37; email: Daniil.Dvoryankin.02@mail.ru

*В работе приведены результаты исследования влияния методов термо- и химической модификации опилок древесины сосны и липы на эффективность сорбционного извлечения с их помощью ионов Cr(VI).*

*Ключевые слова: отходы деревообработки, сорбент, опилки, модификация, адсорбция.*

В настоящее время отмечается формирование стремительными темпами актуального современного течения в сфере защиты окружающей среды – применения отходов индустриального и аграрного производства в качестве твердофазных реагентов для удаления загрязняющих веществ из сточных и природных вод. В связи с чем создание сорбционных материалов из возобновляемого растительного сырья повысит комплексность и эффективность его переработки за счет распространенности выращивания, дешевизны и значительных объемов производства. Но поскольку использование непосредственно древесины в качестве ионообменников нецелесообразно вследствие низкого содержания в структурных составляющих клеточных стенок (полисахаридах, лигнине) ионогенных группировок, в данной работе отходы деревообработки – опилки древесины сосны и липы фракции 0.75–2.00 мм были подвергнуты различным методам модификации. Отмечено, что благодаря выбранным способам (химическое воздействие раствором 5 н азотной кислоты при температуре  $80 \pm 5$  °С, термическая обработка (обжиг) в течение 35 мин при температуре  $300 \pm 10$  °С и последовательное проведение термической и химической модификации) были получены углеродные сорбенты, отличающиеся не только функциональным составом, но величиной адсорбционной емкости по отношению к хромат-ионам (таблица).

Характеристика сорбционных материалов на основе модифицированных опилок

Показатели	Нативные опилки	Модификация		
		5 н HNO <sub>3</sub>	Обжиг	Обжиг + 5 н HNO <sub>3</sub>
Опилки древесины липы				
Кислотность сорбентов, мг·экв/г	1.83	2.17	3.00	4.67
Сорбционная емкость (Cr(VI)), мг/г	7.22	6.70	23.00	14.90
Опилки древесины сосны				
Кислотность сорбентов, мг·экв/г	2.30	7.00	5.33	8.00
Сорбционная емкость (Cr(VI)), мг/г	5.80	12.60	12.60	8.20

Хотя наибольшее влияние на изменение функционального состава древесных опилок оказала термохимическая обработка, именно частичная карбонизация (обжиг при 300 °С) способствует формированию эффективных сорбентов для извлечения хромат-ионов. Полученные экспериментальные изотермы адсорбции ионов Cr(VI) позволили установить, что в диапазоне концентраций 50–200 мг/л предпочтительнее применять сорбент на основе термически модифицированных опилок липы. Такая модификация обуславливает протекание сорбционного процесса на гетерогенной поверхности с различными по энергии адсорбционными центрами, что достаточно точно ( $R^2 = 0.93$ ) описывается моделью Фрейндлиха.

УДК 546.98+547.914.4+616-006.66

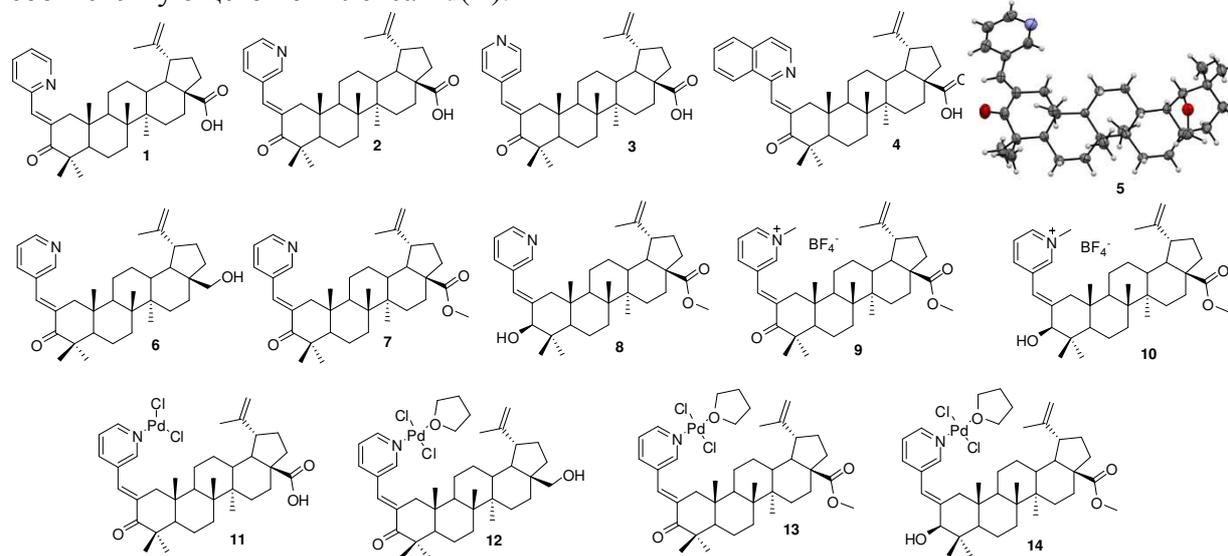
**МОДИФИКАЦИЯ ТРИТЕРПЕНОИДНЫХ ЛИГАНДОВ И КОМПЛЕКСОВ Pd(II):  
ВЛИЯНИЕ НА ЦИТОТОКСИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ****Денисов М.С., Белоглазова Ю.А.**

*«Институт технической химии Уральского отделения Российской академии наук» – филиал Федерального государственного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук  
614068, г. Пермь, ул. ак. Королёва, 3; email: denisov.m@itcras.ru*

*Получены тритерпеноидные лиганды и комплексы Pd(II) на их основе. Исследована цитотоксичность на клетках A549, HeLa и HCT116. Значение IC<sub>50</sub> для активного соединения **9** составило 7.21 мкмоль/л (HCT116).*

*Ключевые слова: тритерпеноидные лиганды, комплексы Pd(II), цитотоксическая активность, лупан, олеанан.*

Исследования [1–5] продемонстрировали влияние различных модификаций на цитотоксическую активность тритерпеноидных лигандов и комплексов Pd(II) на их основе. Наиболее значительное повышение активности лигандов наблюдалось в следующих случаях: получение илидена по С-2 из пиридин-3-карбальдегида; наличие метоксикарбонильной или гидроксильной группы по С-28; метилирование азота пиридина. Восстановление карбонильной группы по С-3 в лиганде привело к снижению активности. Однако данная модификация привела к повышению активности соответствующего комплекса Pd(II).



*Работа выполнена в рамках государственного задания; номер государственной регистрации темы 12402140012-1.*

**Список литературы**

1. М.С. Денисов, В.А. Глушков // Изв. АН. Сер. хим. 2020. Т. 69. № 10. С. 2013.
2. М.С. Денисов, Ю.А. Белоглазова, В.А. Глушков // ХГС. 2022. Т. 58. № 6/7. С. 319.
3. М.С. Денисов, М.В. Дмитриев, О.Н. Гагарских, В.А. Глушков // ХПС. 2022. Т. 58. № 2. С. 307.
4. М.С. Денисов // ЖОХ. 2023. Т. 93. № 1. С. 106.
5. М.С. Денисов, Д.В. Ерошенко // Изв. АН. Сер. хим. 2023. Т. 72. № 9. С. 2206.

УДК 54.052

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА И АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТА СЕМЯН *VITIS VINIFERA*

Джалмаханбетова Р.И.<sup>1</sup>, Карибекова Г.А.<sup>1</sup>, Мукушева Г.К.<sup>2</sup>,  
Хасенова А.Е.<sup>3</sup>, Ерғазы Б.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева  
Республика Казахстан, 010008, г. Астана, ул. Сатпаева, 2; email: rozadichem@mail.ru

<sup>2</sup>Карагандинский университет им. ак. Е.А. Букетова  
Республика Казахстан, 100024, г. Караганда, ул. Муканова, 41;  
email: mukusheva1977@list.ru

<sup>3</sup>Филиал национального центра биотехнологии  
Республика Казахстан, 021500, г. Степногорск, 6 мкр-н, 6 здание;  
email: a.hasenova@biocenter.kz

Впервые методом газовой хроматографии определен компонентный состав *Vitis vinifera*. Проведено тестирование экстракта семян в отношении грамположительных и грамотрицательных штаммов.

Ключевые слова: *Vitis vinifera*, экстракция, анализ, газовая хроматография, компонентный состав, антимикробная активность.

Экстракты из семян винограда привлекают все большее внимание благодаря своим потенциальным медицинским и косметическим свойствам. Они содержат разнообразные биологически активные соединения, такие как полифенолы, флавоноиды и жирные кислоты, которые обладают антиоксидантными и противовоспалительными свойствами [1–3]. В данном исследовании мы направляем свое внимание на анализ химического состава экстракта из семян винограда *Vitis vinifera* L. с целью более глубокого понимания его потенциального биологического действия. Использование методов аналитической химии, таких как газовая хроматография, позволит нам идентифицировать компоненты экстракта и оценить их содержание, что в свою очередь расширит знание о возможных механизмах действия данного вида объекта.

Экстракция семян *V. vinifera* проведена с использованием аппарата Сокслета в соответствии с протоколом стандартной процедуры. Далее полученный экстракт был подвергнут анализу при помощи метода газовой хроматографии.

В результате анализа методом газовой хроматографии в экстракте *V. vinifera* обнаружены химические соединения следующих классов: кетоны (димер 1,3-дигидроксиацетона (26.07%), 1-циклододецилэтанон (13.96%)); эфиры (метилформиат (19.94%)); амиды (*N*-метоксиформаид (12.51%)); гидразиды (гидразид масляной кислоты (9.87%)); спирты (9,11-додекадиен-1-ол (6.72%)).

Проведено тестирование экстракта семян в отношении грамположительных и грамотрицательных штаммов. В результате исследования установлено их слабое антимикробное действие.

### Список литературы

1. P. Goufo, R.K. Singh, I. Cortez // Antioxidants. 2020. V. 9. 398.
2. S. Weidner, A. Rybarczyk, M. Karamać, A. Król, A. Mostek, J. Grębosz, R. Amarowicz // Molecules. 2013. V. 18. P. 3410.
3. L.P. Santos, D.R. Morais, N.E. Souza, S.M. Cottica, M. Boroski, J.V. Visentainer // Food Res. Int. 2011. V. 44. P. 1414.

УДК 54.052

**ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ *JUGLANS REGIA*,  
ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО НА ЮГЕ КАЗАХСТАНА****Джалмаханбетова Р.И.<sup>1</sup>, Косабай А.М.<sup>1</sup>, Мукушева Г.К.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева  
Республика Казахстан, 010008, г. Астана, ул. Сатпаева, 2; email: rozadichem@mail.ru*<sup>2</sup>*Карагандинский университет им. ак. Е.А. Букетова  
Республика Казахстан, 100024, г. Караганда, ул. Муканова, 41;  
email: mukusheva1977@list.ru*

*В работе представлены предварительные результаты исследования химического состава экстракта *Juglans regia*, произрастающего на территории Южного Казахстана.*

*Ключевые слова: Juglandaceae, *Juglans regia*, экстракция, качественная реакция, ИК-спектроскопия.*

Представители семейства грецких орехов часто представляют собой высокие однородные лиственные деревья. В настоящее время на территориях Казахстана и стран бывшего СНГ имеются виды древесно-кустарниковых. Среди орехоплодных культур к наиболее распространенному интродуценту из семейства *Juglandaceae* относится грецкий орех. Согласно современным представлениям, семейство включает восемь родов [1].

Род *Juglans* (семейство *Juglandaceae*) включает до 45 видов в зависимости от таксономического исследования [2]. Грецкий орех персидский, или обыкновенный грецкий орех (*Juglans regia* L.), является его наиболее известным представителем, встречается преимущественно в районах с умеренным климатом и коммерчески культивируется во многих частях света.

Листья *J. regia* содержат флавоноиды, каротиноиды, фенольные кислоты, дубильные вещества, незаменимые жирные кислоты, эфирные масла и другие биологически активные вещества [3].

Высушенные и измельченные листья экстрагировали этанолом в течение 2 ч при кипении. Экстракцию проводили трижды. После объединения, фильтрации, концентрирования и удаления этанола с помощью вакуумного роторного испарителя получен темно-зеленый остаток. Далее данный остаток подвергли исследованию. По предварительным данным ИК-спектроскопии, а также по качественному анализу экстракта было установлено, что экстракт листьев содержит в составе терпеноиды и флавоноиды.

Таким образом, нами получены предварительные результаты анализа экстракта листьев *J. regia*. В настоящее время работы по данному направлению продолжаются.

**Список литературы**

1. М.Ж. Каирова // Научные труды Чебоксарского филиала ГБС РАН. 2019. Вып. 13. С. 115.
2. M.S. Wani, A. Hussain, S.A. Ganie, A.H. Munshi, E.P. Lal, R.C. Gupta // Int. J. Latest Res. Sci. Technol. 2016. V. 5. P. 90.
3. H. Delaviz, J. Mohammadi, G. Ghalamfarsa, B. Mohammadi, N. Farhadi // Pharmacogn. Rev. 2017. Vol. 11. P. 145.

УДК 54.052

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ЭКСТРАКТА *ALOE VERA*****Джалмаханбетова Р.И.<sup>1</sup>, Рамазанова А.Д.<sup>1</sup>, Мукушева Г.К.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева  
Республика Казахстан, 010008, г. Астана, ул. Сатпаева, 2; email: rozadichem@mail.ru*<sup>2</sup>*Карагандинский университет им. ак. Е.А. Букетова  
Республика Казахстан, 100024, г. Караганда, ул. Муканова, 41;  
email: mukusheva1977@list.ru*

*В работе представлены результаты компонентного состава экстракта Aloe vera. Извлечение компонентов из исследуемого растения осуществляли методом экстракции. Ключевые слова: Aloe vera, экстракция, газовая хроматография, компонентный состав, летучие компоненты.*

*Aloe vera* – растение с уникальным компонентным составом, обладающее широким спектром лечебных свойств. Лекарственным сырьем алоэ вера являются листья, в которых заложен основной запас микро- и макроэлементов, эфиров, органических кислот, витаминов, ферментов, полисахаридов. *A. vera* широко используется в народной медицине тысячелетиями, а в научной медицине экстракты, выделенные из данного растения, применяются в качестве противоопухолевых, антиоксидантных, противовирусных, антибактериальных средств. Исследование компонентного состава *A. vera* методом газовой хроматографии позволяет разделить и идентифицировать компоненты на основе их химических свойств [1–3].

Для получения экстракта были взяты листья *A. vera*. Их измельчали до частиц размером 1–2 мм и помещали в колбу. Экстракцию проводили в водном растворе этанола с использованием аппарата Сокслета. После завершения процесса экстракции извлечения охлаждали до комнатной температуры, затем фильтровали. Полученный образец экстракта растения *A. vera* был подвергнут детальному ГХ-МС-анализу, состав соединений оценивали по их соответствующим относительным площадям пиков.

В результате анализа методом газовой хроматографии в образце экстракта зарегистрированы 37 компонентов. Основными компонентами, идентифицированными в экстракте растения, являются *n*-гексадекановая кислота (21.21%), додеcanoилхлорид (14.23%), бутиловый-2-метилпропиловый эфир 1,2-бензолдикарбоновой кислоты (6.31%), 4-октилоктиловый эфир терефталевой кислоты (5.49%), 9,12,15-октадека-триеновая кислота (5.30%), 9,12-октадекадиеноилхлорид (4.16%).

Таким образом, впервые установлен компонентный состав летучих веществ экстракта алоэ вера. Использование экстракта *A. vera* для получения биологически активных веществ является целесообразным.

**Список литературы**

1. S. Babu, A. Noor // Journal of Applied Pharmaceutical Science. 2020. V. 10(11). P. 133.
2. S. Lanka // Journal of Drug Delivery and Therapeutics. 2018. V. 8(5-s). P. 94.
3. А.А. Маан, А. Назир, М.К.И. Хан, Т. Ахмад, Р. Зия, М. Мурид, М. Абраб // Journal of Herbal Medicine. 2018. V. 12. P. 1.

УДК 547.99

## ВЫДЕЛЕНИЕ ДИФФРАКТАЕВОЙ КИСЛОТЫ ИЗ ЛИШАЙНИКОВ РОДА USNEA

**Дивейкина А.А., Филимонов А.С., Лузина О.А., Салахутдинов Н.Ф.**

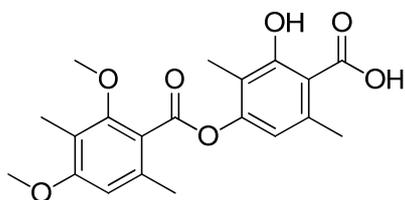
Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН  
630090, г. Новосибирск, просп. Лаврентьева, 9; email: a.diveikina@g.nsu.ru

*Разработана оригинальная методика выделения диффрактаевой кислоты из лишайников родов Usnea. Показано, что диффрактаевая кислота проявляет существенную активность в отношении РС-вируса.*

*Ключевые слова: лишайники, выделение лишайниковых метаболитов, противовирусная активность, диффрактаевая кислота.*

Респираторно-синцитиальная вирусная инфекция (РСВ) в настоящее время является широко распространенным заболеванием во всем мире, которое протекает тяжело у пожилых людей и маленьких детей, приводя к тяжелым осложнениям и даже смерти. В настоящее время не существует специфической этиотропной терапии. Два препарата со схожим механизмом действия разрешены для профилактики РС-вирусной инфекции, но не доступны для применения среди широких слоев населения Российской Федерации.

Диффрактаевая кислота является вторичным метаболитом лишайников и относится к классу депсидов. Существует несколько исследований, посвященных ее биологической активности. Известно, что это соединение обладает умеренными антибактериальными и инсектицидными свойствами, а также антиульцерогенной и гепатопротекторной активностями.



**Диффрактаевая кислота**

Ранее диффрактаевую кислоту выделяли из лишайников хроматографическими методами с низкими выходами [1]. Нами была разработана оригинальная методика выделения диффрактаевой кислоты из воздушно-сухого сырья методом двустадийного высаживания разными растворителями из экстракта. С использованием данного подхода диффрактаевая кислота была выделена с выходом 1%. Тесты на способность ингибировать размножение РСВ *in vitro* показали, что диффрактаевая кислота обладает значительной противовирусной активностью в отношении РС-вируса.

### Список литературы

1. M. Maulidiyah, A. Darmawan, E. Ahmad, A. Musdalifah, D. Wibowo, L.O.A. Salim, Z. Arham, F. Mustapa, I.F.A. Nurdin, M. Nurdin //Journal of Applied Pharmaceutical Science. 2021. V. 11. No. 2. P. 075.

УДК 616.153.947.1

## ПРОИЗВОДНЫЕ АЛКАЛОИДОВ КАК ФИТОПРЕПАРАТЫ

**Дикусар Е.А.<sup>1</sup>, Акишина Е.А.<sup>1</sup>, Мукушева Г.К.<sup>2</sup>, Жасымбекова А.Р.<sup>2</sup>,  
Тойгамбекова Н.Н.<sup>2</sup>, Кайырбаева М.Ж.<sup>2</sup>, Стёпин С.Г.<sup>3</sup>, Поткин В.И.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси  
Республика Беларусь, 220072, г. Минск, ул. Сурганова, 13;  
email: dikusar@ifoch.bas-net.by

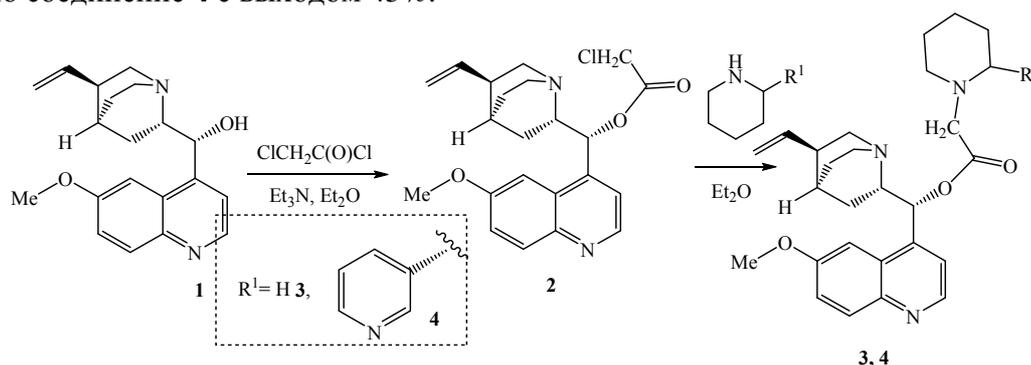
<sup>2</sup>Карагандинский университет им. ак. Е.А. Букетова  
Республика Казахстан, 100009, г. Караганда, ул. Университетская, 28;  
email: mukusheva1977@list.ru

<sup>3</sup>Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет  
Республика Беларусь, 210009, г. Витебск, просп. Фрунзе, 27; email: stepins@tut.by

Использование структурных фрагментов молекул природного происхождения, в частности, алкалоидов в молекулярном дизайне новых потенциальных лекарственных средств, способно ускорить и облегчить задачу их разработки и дальнейшего коммерческого воплощения.

Ключевые слова: алкалоиды, хинин, анабазин, пиперидин, лекарственные средства.

Для синтеза конъюгатов хинина с анабазином **4** была разработана методика получения пиперидинового аналога **3**. Предполагалось в качестве линкера использовать  $\text{CH}_2\text{CO}_2$ -фрагмент [1]. С этой целью ацилированием хинина монохлоруксусной кислотой в диэтиловом эфире с выходом 76% получен хлорацетат хинина **2**. Взаимодействием полученного сложного эфира **2** с двукратным избытком пиперидина в среде диэтилового эфира при длительном перемешивании (10 суток при комнатной температуре) получен пиперидино-хининовый аддукт **3** с выходом 47%. Аналогичная методика применялась и для синтеза анабазино-хининового аддукта, в результате чего получено соединение **4** с выходом 45%.



В обоих случаях реакция приводит к образованию смеси веществ, разделением которой методом колоночной хроматографии с использованием системы растворителей  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ –MeOH (10:1) в качестве элюента выделены целевые продукты **3** и **4**. Была исследована противоопухолевая активность этих соединений в отношении клеток глиомы С6, HeLa, LLC, а также эффект их совместного действия в сочетании с химиопрепаратами циклофосфан, фторурацил, этопозид на модели клеток глиомы С6 *in vitro*.

## Список литературы

1. G.K. Mukusheva, A.R. Zhasymbekova, Z.Zh. Zhumagalieva, R.B. Seidakhmetova, O.A. Nurkenov, E.A. Akishina, S.K. Petkevich, E.A. Dikusar, V.I. Potkin // *Molecules*. 2022. V. 27. 7387.

УДК 631.417.2

## БИОГУМУС: ИНАКТИВАЦИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И «ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ»

Дину М.И.<sup>1</sup>, Степнова А.Ф.<sup>1,2</sup>, Казиев Г.З.<sup>1</sup>, Коротеев М.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Московский педагогический государственный университет, Институт биологии и химии  
129164, г. Москва, ул. Кибальчича, 6, корп. 1*

<sup>2</sup>*Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (РУДН)  
115419, г. Москва, ул. Орджоникидзе, 3*

*Исследованы физико-химические взаимодействия ионов меди, свинца, кадмия и цинка с фракциями гумусовых веществ – гуминовыми кислотами и фульвокислотами, выделенными из почв различных природно-климатических зон, а также оценена роль биогумуса для усиления протекторных свойств гумусовых веществ. Проанализированы различные механизмы реакций металлов с фракциями гумусовых веществ – адсорбция и комплексообразование, определен вклад биогумусовых добавок в усиление протекторных свойств природных гумусовых веществ. Оценены зональные особенности гуминовых кислот и фульвокислот и их влияние на формы нахождения металлов в природных объектах.*

*Ключевые слова: биогумус, тяжелые металлы, инактивация, биотехнология.*

Биогумус является важным и ценным органическим удобрением, он создается из различных культур червей. Биогумус представляет собой комковатое микрогранулярное вещество коричнево-сероватого цвета с запахом земли. Биогумус состоит из веществ, необходимых для питания: органическая масса в биогумусе – 50%, природные гумусовые кислоты – 18%, рН – 6.8...7.4, содержание общего азота – 2.2%, фосфора – 2.6%; калия – 2.7% и т.д., в нем представлены практически все необходимые микроэлементы и биологически активные вещества, среди которых ферменты, витамины, гормоны и т.д. Биогумус отличается высокой ферментативной активностью. Содержание в биогумусе органических веществ в значительном количестве представлено гуминовыми кислотами (31.7–41.2%) и фульвокислотами (22.3–34.8%).

Длительное время внимание ученых направлено на миграционное поведение в окружающей среде ряда тяжелых металлов – Zn(II), Cd(II), Pb(II), Cu(II), что сопровождается большим числом физико-химических реакций [1–3].

Особый интерес представляет исследование двух физико-химически разных процессов – оценка протекторных свойств чистого природного гумуса и биогумуса (активированного биохимическими процессами).

Проведенное исследование состояло из этапов пробоподготовки, изучения физико-химических особенностей органических веществ гумусовой природы и биогумуса и изучения процессов взаимодействия с металлами (Zn(II), Cd(II), Pb(II), Cu(II)) в нитратной форме.

*Работа выполнена в рамках проекта «Исследование проблем утилизации отходов природного происхождения в целях практического использования полученных продуктов» (122122600056-9).*

### Список литературы

1. Т.И. Моисеенко, Л.П. Кудрявцева, Н.А. Гашкина // Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. М.: Наука, 2006. 261 с.
2. И.А. Линник, Б.И. Набиванец // Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометиздат, 1986. 272 с.
3. Д.С. Орлов // Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1992. 259 с.

УДК 661.187.03./.099

## ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА С ДИЭТАНОЛАМИНОМ

**Дорофеева А.А., Протопопов А.В.**

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова  
656038, г. Барнаул, просп. Ленина, 46; email: protopopovav@altgtu.ru*

*Исследован процесс переэтерификации растительного масла с диэтаноломином. Полученные продукты показали наличие сложноэфирных связей с диэтаноломином. Ключевые слова: сложные эфиры диэтанолamina, растительное масло.*

В ходе проделанной работы было получено четыре различных эстерквата. Первый эстеркват, ДЭАМ 1 (диэтанолaмин и масло), получен при температуре 150 °С при соотношении ДЭА и подсолнечного масла равном 1:4 в течение 3 ч в присутствии оксида кальция. Второй продукт, ДЭАМ 2, – в соотношении 1:2, в течение 3 ч при 140 °С в присутствии гидроксида кальция. Третий, ДЭАМ 3, – за 4 ч при 120 °С в соотношении 1:8 в присутствии сульфаниловой кислоты, а четвертый, ДЭАМ 4, – также в соотношении 1:8 за 3 ч при температуре 140 °С в присутствии серной кислоты. Диэтанолaмин во всех случаях добавляли после нагрева масла до 100 °С. С каждым из полученных продуктов был проведен анализ на связанную кислоту, свободный амин и кислотное число. Данные приведены в таблице.

Условия синтеза и количество связанной кислоты в полученных продуктах

Название продукта	Катализатор	Кислотное число	Свободный амин	Связанная кислота
ДЭАМ 1	CaO	8.9	0	100.7
ДЭАМ 2	Ca(OH) <sub>2</sub>	4.95	0	91.1
ДЭАМ 3	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> NO <sub>3</sub> S	4.93	0	55.8
ДЭАМ 4	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3.97	0	65.9

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что наиболее качественным продуктом является ДЭАМ 1 с самым высоким содержанием связанной кислоты равным 100.7. Минимальное значение связанной кислоты принадлежит ДЭАМ 3. Разница температур между этими продуктами составляет 30 °С, следовательно, с увеличением температуры увеличивается значение связанной кислоты.

Необходимо отметить, что выбор катализаторов на основе кальция положительно влияет на взаимодействия подсолнечного масла с диэтанолaмином. Значения связанной кислоты значительно выше, в сравнении с применением в качестве катализаторов кислот.

В ИК-спектре продуктов взаимодействия со стеариновой кислотой наблюдали уменьшение, а также практически исчезновение, полосы поглощения в области 3400 см<sup>-1</sup>, что свидетельствует об исчезновении гидроксильных групп и протекании реакции по ним. Вместе с тем проявляется полоса средней интенсивности при 1170 и 1740 см<sup>-1</sup>, которую можно отнести к группе С=О в амидах и сложных эфирах. В интервале 1620 см<sup>-1</sup> наблюдается еще одна полоса интенсивности, которую также можем отнести к амидным группам.

УДК 547.458+615.273.53

## ВЛИЯНИЕ ПОЛИСАХАРИДНЫХ ПЛЕНОК С ИМПРЕГНИРОВАННЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ ХИТИНА И МАГНЕТИТА НА ГЕМОЛИЗ ЭРИТРОЦИТОВ ЧЕЛОВЕКА *in vitro*

**Дрозд Н.Н.<sup>1</sup>, Торлопов М.А.<sup>2</sup>, Удоратина Е.В.<sup>2</sup>**

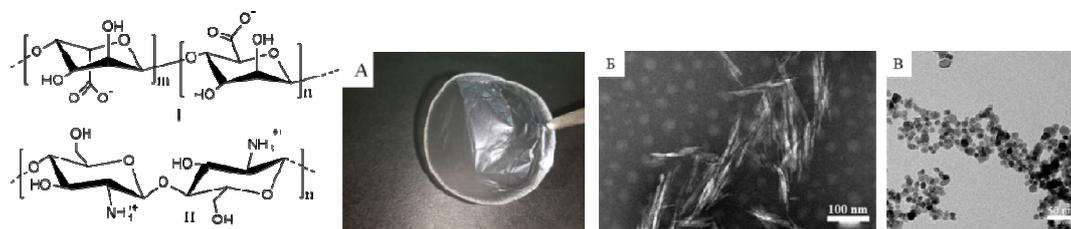
<sup>1</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр гематологии»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
125167, г. Москва, проезд Новый Зыковский, 4; email: nndroz@mail.ru

<sup>2</sup>Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48

*Проведена оценка влияния модифицированных пленок на основе производных альгината и хитозана на степень гемолиза эритроцитов человека.*

*Ключевые слова: пленки, альгинат, магнетит, нанокристаллический хитин, эритроциты, гемолиз.*

Биосовместимые полимерные материалы предпочтительны при разработке пленок для раневых покрытий, имплантатов и трехмерных каркасов для тканевой инженерии, а также при разработке систем доставки лекарственных средств. В регенеративной медицинской практике природные полимеры, в том числе и полисахариды, используют в виде пленок, губок, гидрогелей [1]. Одной из оценок совместимости биоматериала с компонентами крови является определение наименьшей степени разрушения мембраны эритроцитов при контакте с материалом. С этой целью в работе тестировали *in vitro* альгинатные (I) пленки, наполненные нанокристаллами хитина (Альг-НКХ 1–30 мас.%) или наночастицами (НЧ) магнетита (Альг-маг 1–10 мас.%), хитозановые (II) пленки, наполненные НЧ магнетита (Хит-маг 1–10 мас.%) и пленки исходных альгината и хитозана. Степень гемолиза (СГ) рассчитывали по значениям оптической плотности (ОП) растворов после центрифугирования инкубированных с пленками взвесей эритроцитов согласно методу [2]. Показано, что значение ОП растворов после инкубирования с пленками не отличалось от контроля. СГ эритроцитов при взаимодействии с пленками была незначительна и не превышала 1.5%. Наилучшие результаты показали Альг-НКХ 30 мас.% и Альг-маг 1 мас.%, которые при контакте с эритроцитами в наименьшей степени разрушали мембрану.



А – фотография пленки; Б – нанокристаллы хитина, микрофотография ПЭМ;  
В – наночастицы магнетита, микрофотография ПЭМ.

*Работа выполнена в рамках госзадания Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (номер госзадания 122040600027-6).*

### Список литературы

1. J. Koshy, D. Sangeetha // Int. J. Biol. Macromol. 2024. V. 257 (Pt. 2). 128594.
2. B. Dash, G. Rethore, M. Monaghan, K. Fitzgerald, W. Gallagher, A. Pandit // Biomaterials. 2010. V. 31. 8188.

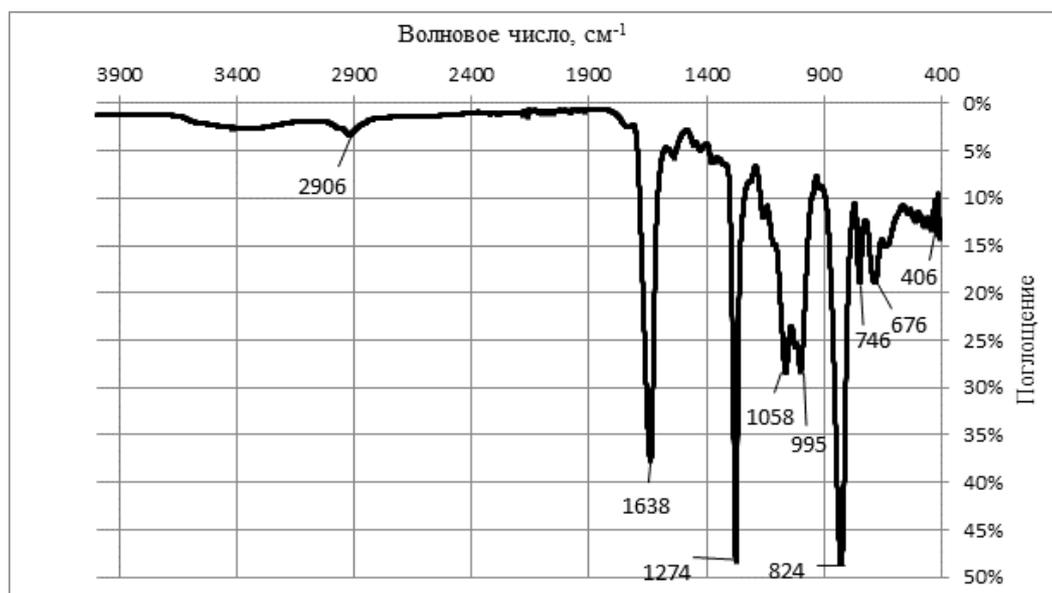
УДК 66.095.81:662.39

**ПУШИЦА ШЕЙХЦЕРА – СЫРЬЕ ДЛЯ СИНТЕЗА ЭФИРОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ****Дудкин Д.В., Федяева И.М., Журавлёва Л.А.***Сургутский государственный университет  
628406, г. Сургут, просп. Ленина, 1; email: dudkin\_dv@surgu.ru*

Показана пригодность пуха семенной коробочки пушицы Шейхцера (*Eriophorum scheuchzeri*) в качестве растительного сырья для производства нитроэфиров целлюлозы.

Ключевые слова: пушица, нитроэфир, целлюлоза, нитроцеллюлоза, агрокультура.

Глобальное потепление климата приводит к широкому распространению в Сургутском полесье пушицы Шейхцера (*Eriophorum scheuchzeri*). Данный ботанический вид имеет практическое значение: как потенциальная агрокультура – так как является кормовой базой северного оленя; как источник целлюлозы – так как его семенная коробочка содержит нативные целлюлозные волокна длиной 10–25 мм, а опушенность семян 43%. В этой связи на основе данного растительного сырья проведена серия опытов по получению нитроэфиров целлюлозы и изучению их химического состава и свойств. Методом ИК-спектроскопии подтверждено образование нитроэфиров целлюлозы (иллюстрация). Выход реакции составил 75.6%.



ИК-спектр нитроэфира пуха пушицы Шейхцера (*Eriophorum scheuchzeri*).

Растворимость в ацетоне и спирто-эфирной смеси составила 74.0% и 63.4% соответственно. Степень полимеризации полученного нитроэфира – 933 ед. Образец характеризуется температурой разложения 190–191 °С, ширина пика – 1 °С. Разложение сопровождается потерей массы образца до 93%. Установлена высокая степень однородности полученного продукта нитрования методом термогравиметрии и дифференциальной сканирующей калориметрии. Установлено соответствие полученного нитроэфира химическому составу колоксилина «Н». Показана потенциальная пригодность нативных волокон (пуха) семян пушицы Шейхцера в качестве растительного сырья для производства нитроэфиров целлюлозы.

УДК 615.322

## СОДЕРЖАНИЕ СУММЫ ПОЛИФЕНОЛОВ И СУММЫ ФЛАВОНОИДОВ В *ARTEMISIA RUTIFOLIA* В РАЗНЫЕ ФАЗЫ ВЕГЕТАЦИИ

**Емельянова Е.А.<sup>1</sup>, Жигжитжапова С.В.<sup>1</sup>, Дыленова Е.П.<sup>1,2</sup>, Тыхеев Ж.А.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБУН Байкальский институт природопользования СО РАН  
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6; email: emelianowa.elen2312@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия  
им. В.Р. Филиппова»

670010, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8; email: edylenova@mail.ru

*Проведено спектрофотометрическое определение содержания суммы полифенолов с реактивом Фолина-Чокальтеу и суммы флавоноидов в надземной части полыни рутолистной в разные фазы вегетации.*

*Ключевые слова: полынь рутолистная, флавоноиды, сумма полифенолов.*

*Artemisia rutifolia* – третичный реликт, в народной медицине Кыргызстана свежие листья применяют при зубной боли, а отвар – при болезнях горла, сердца и желудка. Синтез полифенольных соединений помогает растениям выживать в тяжелых условиях окружающей среды, также они являются одной из основных групп БАВ надземной части полыней, обладающих гепатопротекторным, желчегонным, противовоспалительным, противовирусным и другими действиями [1].

Цель работы – количественное определение суммы полифенольных соединений и суммы флавоноидов в надземной части полыни рутолистной, собранной в разные фазы вегетации в Селенгинском районе Республики Бурятия в 2023 г.



Содержание суммы полифенольных соединений и суммы флавоноидов в надземной части полыни рутолистной в разные фенофазы.

Показано, что наибольшее содержание суммы полифенольных соединений и суммы флавоноидов приходится на фазы начала вегетации и бутонизации (до 2.2 и 2.8%, соответственно), затем происходит их снижение в фазы цветения и плодоношения (до 1.8 и 1.2%), что вероятно связано с их ролью в росте и развитии растений. Максимальное накопление ценных фенольных соединений происходит в фазу бутонизации.

*Исследование выполнено в рамках государственного задания БИП СО РАН (проект № FWSU-2024-0001), по направлению работ МНОЦ «Байкал», с использованием оборудования ЦКП БИП СО РАН.*

### Список литературы

1. В.А. Куркин, А.В. Куркина, К.В. Авдеева // Фармацевтические науки. 2013. № 1. С. 1897.

УДК 661.71

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОЙ ХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ ТОРФА****Ефанов М.В.<sup>1</sup>, Коньшин В.В.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>ООО «МИП “Югра-Биотехнологии”»

628011, г. Ханты-Мансийск, ул. Студенческая, 27; email: maxhas07@yandex.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Алтайский государственный технический университет

им. И.И. Ползунова

656038, г. Барнаул, просп. Ленина, 46

*Разработан механохимический метод карбоксиметилирования торфа. Показано, что продукты карбоксиметилирования торфа содержат до 21.6% связанных карбоксиметильных групп, растворимы в водных щелочных растворах до 80%, имеют сравнительно высокие значения относительной вязкости. Разработан механохимический метод бензилирования торфа бензилхлоридом в присутствии гидроксида натрия. Получены термопластичные полимерные материалы, растворимые в ацетоне и хлороформе.*

*Ключевые слова: торф, химическое модифицирование, механохимический метод, О-алкилирование.*

Алкилирование торфа – перспективная технология его химической модификации для получения водо- и органорастворимых полимерных материалов с технически ценными свойствами. Нами разработаны механохимические методы карбоксиметилирования и бензилирования торфа в присутствии гидроксида натрия [1, 2].

Карбоксиметилирование торфа проводили под действием монохлорацетата натрия в присутствии гидроксида натрия при мольном соотношении  $\text{OH}:\text{NaOH}:\text{MXANa} = 1:1:1$  при 25 °С механохимическим методом согласно [1]. Получены продукты карбоксиметилирования торфа, которые содержат до 21.6% связанных карбоксиметильных групп, растворимые в водных щелочных растворах до 80%. Показано, что полученные полимерные карбоксиметилловые эфиры торфа имеют сравнительно высокие значения относительной вязкости и могут быть использованы в качестве буровых и флотационных реагентов, а также гуминосодержащих стимуляторов роста растений.

Бензилирование торфа проводили под действием бензилхлорида в присутствии гидроксида натрия при мольном соотношении  $\text{OH}:\text{NaOH}:\text{PhCH}_2\text{Cl} = 1:1:1$  при 25 °С механохимическим методом согласно [2]. Получены термопластичные полимерные материалы, растворимые в ацетоне и хлороформе на 50–60% и содержащие до 13.9% связанных гидрофобных бензильных групп.

Таким образом, алкилирование торфа различными реагентами механохимическим методом позволяет получать как водо-, так и органорастворимые полимерные материалы различного назначения.

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (проект № 18-43-860001) и Фонда содействия инновациям (договор гранта № 4594ГС174012).*

**Список литературы**

1. М.В. Ефанов, И.В. Ананьина, В.В. Коньшин, М.П. Сартаков // Журнал прикладной химии. 2019. Т. 92. № 8. С. 1066.
2. М.В. Ефанов, В.В. Коньшин, М.П. Сартаков // Химия природных соединений. 2020. № 5. С. 840.

УДК 664.121/.143

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**Ехлакова М.В., Еременко О.Н.**

*Сибирский государственный университет науки и технологий им. ак. М.Ф. Решетнева  
660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31;  
email: oks.eriomenko@yandex.ru*

*В работе представлены результаты исследований, направленные на создание качественно новых продуктов питания, обогащенных биологически активными компонентами, на основе свекловичного сырья.*

*Ключевые слова: кондитерские изделия, свекловичный жом, порошковый полуфабрикат, сахарное печенье.*

Кондитерская промышленность вырабатывает пищевые продукты высокой энергетической ценности и усвояемости. Отдельные виды основного сырья, такие как сахар, патока, мука, имеют низкое содержание пищевых волокон, минеральных веществ, витаминов, что обуславливает их дефицит в готовых изделиях. Актуальным является поиск новых и недорогих источников сырья и способов его переработки, снижающих потери полезных веществ.

Результаты экспериментальных исследований показали перспективность использования концентрата свекольного сока для производства кваса брожения повышенной биологической ценности. Однако при такой переработке корнеплодов отходом является свекловичный жом, который в дальнейшем не находит применения, что приводит к потере ценных веществ: клетчатки, гемицеллюлоз, пектиновых веществ. На основании проведенного обзора научно-технической литературы был сделан вывод о возможности использования свекловичного жома в производстве кондитерских изделий [1]. На первом этапе работы из жома был получен порошковый полуфабрикат (ПП) желтого цвета без характерного привкуса и запаха свеклы с массовой долей сухих веществ 96%. Образец ПП обладал не только хорошими органолептическими, но и физико-химическими показателями качества. Для оценки возможности использования ПП в производстве кондитерских изделий за основу был взят традиционный способ приготовления теста для сахарного печенья «Юбилейное». В соответствии с рецептурой пшеничную муку высшего сорта частично (12%) заменили на ПП. Введение нового ингредиента привело к снижению энергетической ценности печенья практически на 9% и повышению степени удовлетворения суточной потребности в пищевых волокнах на 29%, по сравнению с контрольным образцом.

Таким образом, дальнейшая разработка технологии полуфабрикатов из свекловичного жома и их использование в производстве сахарного печенья представляет собой перспективное направление.

### **Список литературы**

1. Г.О. Магомедов, М.Г. Магомедов, Ф.Н. Вертяков, В.В. Астрединова // Кондитерское производство. 2008. № 3. С.12.

УДК 636.087.73

## ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭМУЛЬСИОННОГО ЭКСТРАКТА СОСНЫ НА МОЛОДНЯКЕ ОВЕЦ

**Жариков Я.А.<sup>1</sup>, Канева Л.А.<sup>1</sup>, Скрипова Н.Н.<sup>2</sup>,  
Хуршкайнен Т.В.<sup>2</sup>, Кучин А.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167023, г. Сыктывкар, ул. Ручейная, 27; email: zharikov.yakov@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48*

*В работе приведены результаты опыта по использованию кормовой добавки, полученной из древесной зелени сосны, в условиях животноводческого хозяйства Республики Коми.*

*Ключевые слова: экстракт сосны, кормовая добавка, овцы.*

В кормлении сельскохозяйственных животных большое практическое значение имеют корма из зеленой биомассы леса, в том числе древесной зелени, содержащей разнообразные биологически активные вещества.

В представленной работе приведены результаты опыта по использованию кормовой добавки, полученной из древесной зелени сосны способом эмульсионной экстракции [1]. Сосна отличается от других видов хвойных высоким содержанием дитерпеновых кислот, обладающих антиоксидантными и иммуностимулирующими свойствами. Терпеноиды сосны по количественному содержанию и качественному составу превосходят многие другие виды соединений, встречающихся в составе лекарственных растений. Эфирные масла сосны известны антибактериальным и фунгицидным действием [2].

Цель работы – изучение влияния эмульсионного экстракта древесной зелени сосны на рост и биохимический профиль сыворотки крови молодняка овец. Объектом исследования являлись ярочки экспериментального стада КФХ Канева Л.А. Усть-Цилемского района Республики Коми. Продолжительность опыта составила 50 дней. Изучено влияние кормовой добавки сосны на рост и биохимический профиль сыворотки крови молодняка овец в дозе 2 и 4 мл на голову в сутки.

Введение в рацион растущих ярок экстракта древесной зелени сосны не отразилось на общем потреблении кормов основного рациона и воды. Установлено, что экстракт обладает стимулирующим прирост живой массы эффектом без отрицательного влияния на основные биохимические показатели крови. У молодняка опытной группы, получавшего 2 мл экстракта на голову в сутки, процессы биосинтеза белка шли наиболее интенсивно, что положительно отразилось на приростах живой массы, которые увеличились более чем на 20%.

Таким образом, эмульсионный экстракт древесной зелени сосны является перспективной кормовой добавкой, стимулирующей темпы роста молодняка овец.

### **Список литературы**

1. N.N. Nikonova, T.V. Hurshkainen, O.G. Shevchenko, A.V. Kutchin // *Holzforschung*. 2022. V. 76. P. 276.
2. M. Krauze-Baranowska, M. Mardarowicz, M. Wiwart // *Zeitschrift für Naturforschung*. 2002. V. 57. P. 478.

УДК 577.114.4

## ТЕРМИЧЕСКАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ АРАБИНОГАЛАКТАН-СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

**Жмурова А.В., Зверева М.В.**

*Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского  
664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1; email: anna-zhmurova@irioc.irk.ru*

*Исследование показало определяющее влияние размерных и количественных параметров нанофазы благородных металлов (на примере частиц серебра и золота) на термическую деструкцию (аргон, 300–1250 К) их органо-неорганических нанокомпозитов на основе арабиногалактана.*

*Ключевые слова: арабиногалактан, наночастицы серебра, наночастицы золота, нанокомпозиты, термическая деструкция, размерный эффект.*

В Иркутском институте химии на протяжении многих лет активно разрабатываются подходы к синтезу гибридных биополимерных нанокомпозитов на основе арабиногалактана (АГ) Лиственницы сибирской. Способность данного полисахарида выступать в роли восстановителя и стабилизатора наночастиц успешно используется при синтезе нанокомпозитов с нанофазным серебром (АГ-Ag) и золотом (АГ-Au) [1]. Благодаря комплексу уникальных биологических и химических свойств АГ, в частности водорастворимости и биоразлагаемости, синтез нанокомпозитов на его основе является перспективным, в том числе для разработки новых биоразлагаемых материалов, функционирование которых предполагается в рамках определенного диапазона рабочих температур. В связи с этим определение температурных условий сохранения структурной целостности нанокомпозитов, т.е. их термической стабильности вызывает непосредственный интерес, при этом выявление влияния количества и размера наночастиц на термические свойства нанокомпозита является актуальным не только с прикладной, но и фундаментальной точек зрения.

Результаты синхронного термического анализа (NETZSCH Jupiter STA449F1,  $\beta = 10$  °С/мин) показали, что термическая деструкция АГ-Ag и АГ-Au, по сравнению с данными для АГ, характеризуется появлением второй стадии деградации, перекрывающейся с основной (третьей) и вызванной ускорением протекания ряда процессов, в частности внутримолекулярной дегидратации молекул АГ, и возникновением четвертой стадии термической деградации для АГ-Ag (16.5%,  $T_{\text{peak } 4} = 995.6$  К). При этом вторая и третья стадии с ростом содержания металла значительно сдвигаются в область меньших температур, что приводит к снижению термостойкости нанокомпозитов (таблица).

Параметры, характеризующие термостойкость образцов

Образец	$T_{\text{onset } 2}, \text{ К}$	$T_{\text{peak } 3}, \text{ К}$	Образец	$T_{\text{onset } 2}, \text{ К}$	$T_{\text{peak } 3}, \text{ К}$
АГ-Ag (3.5%)	421.0	569.0	АГ-Au (2.0%)	425.0	554.0
АГ-Ag (16.5%)	418.0	543.0	АГ-Au (10.0%)	420.0	518.0
АГ	513.0	583.0	–	–	–

Таким образом, средний размер наночастиц Ag и Au имеет определяющее влияние на характер процессов, протекающих при термической деградации нанокомпозитов.

### **Список литературы**

1. M.V. Zvereva, G.P. Aleksandrova // Russ. J. Gen. Chem. 2023. V. 93. P. S347.

УДК 541.64

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ХЛОРИРОВАННОГО ИНУЛИНА

Жонузиков А.Ж.<sup>1</sup>, Хусенов А.Ш.<sup>2</sup>, Рахманбердиев Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Экономико-педагогический университет

Республика Узбекистан, 180100, г. Карши, ул. И. Каримова, 13; email: ipu@ipu-edu.uz

<sup>2</sup>Ташкентский химико-технологический институт

Республика Узбекистан, 100011, г. Ташкент, ул. Навои, 32; email: khusenov82@mail.ru

Синтезировано производное инулина, содержащее в макромолекулярной цепи атомы хлора. Морфологическое строение хлорированного инулина изучено методами рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии.

Ключевые слова: инулин, хлорирование, хлористый тионил, строение, морфология.

К настоящему времени довольно много литературной информации посвящено исследованию хлорцеллюлозы. Однако сведения, касающиеся хлорирования инулина и последующего исследования строения продуктов реакции, практически неизвестны. В связи с этим нами было проведено галогенирование инулина (со средней молекулярной массой 5500 Да), выделенного из топинамбура сорта «Мужиза», в гетерогенных условиях с помощью хлористого тионила ( $\text{SOCl}_2$ ) в среде диметилформаида. Реакцию хлорирования инулина проводили в следующих условиях: молярное соотношение инулин– $\text{SOCl}_2$  составляло 1:10, продолжительность реакции – 3 ч, температура – 60 °С.

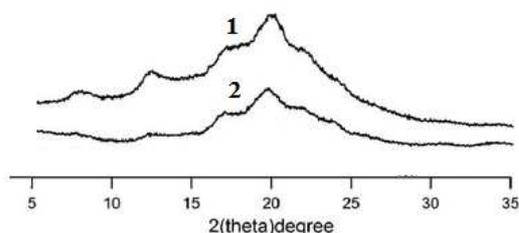


Рисунок 1 – Рентгенограммы инулина (1) и хлоринулина (2).

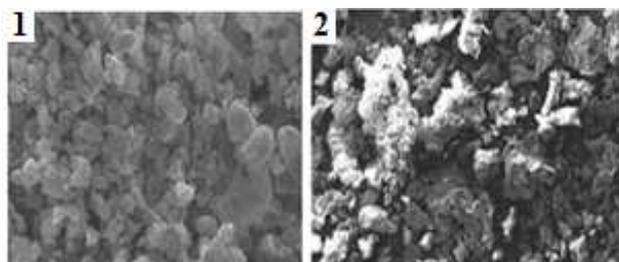


Рисунок 2 – Электронные микроснимки инулина (1) и хлоринулина (2).

Синтезированный продукт представлял собой порошок светло-коричневого цвета с весовым содержанием хлора 9.82% (вычислено путем титрования) и степенью замещения 51 моль%. Средняя молекулярная масса образца составила 3800 Да. Методом рентгеноструктурного анализа установлено, что введение атомов хлора в мономерные единицы инулина приводит к снижению интенсивности в области 20 ° и 23 ° (рис. 1). Это свидетельствует о протекании аморфизации исходного полисахарида за счет уменьшения количества ОН-групп, участвующих в образовании меж- и внутримолекулярных водородных связей в макроцепи. Электронные микроснимки (рис. 2) доказывают, что хлоринулин имеет морфологическое строение, полностью отличающееся от исходного инулина. После введения атомов хлора в макромолекулу инулина наблюдается исчезновение исходного строения полисахарида и образуются бесформенные частицы.

УДК 615.322

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НАДЗЕМНОЙ МАССЫ КОПЕЕЧНИКА ДЖУНГАРСКОГО

**Жумадильда Н.Б.<sup>1</sup>, Гемеджиева Н.Г.<sup>2</sup>, Каржаубекова Ж.Ж.<sup>2</sup>, Султанова Н.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> НАО «Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева»  
Республика Казахстан, 010008, г. Астана, ул. Сатбаева, 2; email: eni@eni.kz  
<sup>2</sup> РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции» КЛХЖМ МЭПР РК  
Республика Казахстан, 050040, г. Алматы, ул. Тимирязева, 36д

Приведены данные качественного и количественного анализа компонентного состава надземной массы копеечника джунгарского. Выявлено, что основными классами природных соединений являются полифенолы, аминокислотосодержащие соединения, сапонины и углеводы. Ключевые слова: копеечник джунгарский, фитохимический анализ, биологически активные соединения, хроматография.

Копеечник джунгарский из семейства Бобовые широко распространен на территории Республики Казахстан, встречается в Зайсане, Тарбагатае, Алтае, Заилийском и Джунгарском Алатау [1, 2]. Известно, что виды растений рода *Hedysarum*, имеют широкое применение в народной медицине в качестве отхаркивающих, противовирусных и сердечных средств [3]. Нами впервые проведен фитохимический анализ биологически активных соединений (БАВ) копеечника джунгарского, произрастающего на территории Жамбылской области.

Для исследования компонентного состава БАВ получены извлечения различными органическими растворителями (90% и 50%-ный водно-этиловые спирты, бензол, хлороформ, этилацетат). Так, в 50%-ном этиловом спирте содержалось до 26.15%, а в 90%-ном – 23.43% экстрактивных веществ, по сравнению с бензолом (6.48%), этилацетатом (6.07%) и хлороформом (3.76%).

Оценка основных групп БАВ проведена на основании качественных реакций с применением специфических реагентов и хроматографических методов анализа [4]. Выявлено наличие различных классов природных соединений, таких как полифенолы (флавоноиды, фенольные кислоты, кумарины, ксантоны, дубильные вещества), аминокислотосодержащие соединения (аминокислоты и алкалоиды), сапонины (тритерпеновой и стероидной группы) и углеводы.

Количественное содержание основных классов природных метаболитов определили согласно общепринятым методикам ГФ Республики Казахстан [5]. Содержание флавоноидов составляет 14.37%; алкалоидов – 6.12%; фенолокислот – 5.90%; аминокислот – 4.82%; дубильных веществ – 4.56%; кумаринов – 3.02%; сапонинов – 1.02 %; ксантонов – 0.59%. Углубленное исследование химического состава БАВ продолжается.

### Список литературы

1. С.А. Абдулина // Список сосудистых растений Казахстана. 1999. С. 97.
2. М.С. Байтенов // Флора Казахстана. 2001. Т. 2. С. 124.
3. Л.М. Грудзинская, Н.Г. Гемеджиева, Н.В. Нелина, Ж.Ж. Каржаубекова // Аннотированный список лекарственных растений Казахстана: Справочное издание. 2014. С. 94.
4. Н.И. Гринкевич, Л.Н. Сафронич 1983 // Химический анализ лекарственных растений. Учебное пособие. 1983. С. 176.
5. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. Т. 3. 2014. С. 872.

УДК 542.06

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СОПОЛИМЕРОВ РЕАКЦИЯМИ В ЦЕПЯХ АКРИЛОВОГО ПОЛИАНГИДРИДА И АРОМАТИЧЕСКИХ АМИНОКИСЛОТ

**Журавская О.Н.<sup>1</sup>, Ситко А.В.<sup>2</sup>, Панарин Е.Ф.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт высокомолекулярных соединений РАН  
199004, г. Санкт-Петербург, В.О. Большой просп., 31; email: efra99@mail.ru

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)

190013, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 24-26/49 лит. А.

*Появление новых вирусов, лекарственная устойчивость к ним стимулируют ученых к поиску новых противовирусных препаратов. Анионные полиэлектролиты, обладающие противовирусным действием, предотвращают проникновение вируса в клетку хозяина [1]. Собственной биологической активностью обладают полиакриловая кислота [2], ароматические аминокислоты (*n*-аминосалициловая (ПАСК) – противотуберкулезной, *n*-аминобензойная (ПАБК)). Поэтому большой интерес представляли сополимеры акриловой кислоты, содержащие звенья ПАБК и ПАСК в своем составе.*

*Ключевые слова: анионные полиэлектролиты, полиакриловая кислота, акриловый полиангидрид, *n*-аминобензойная кислота, *n*-аминосалициловая кислота, реакции в цепях полимеров.*

Впервые синтезированы реакциями в цепях полиакрилового ангидрида водорастворимые сополимеры натриевой соли акриловой кислоты с *n*-акрилоил-аминобензоатом натрия и *n*-акрилоиламиносалицилатом натрия. Полиакриловый ангидрид получали свободно-радикальной циклополимеризацией акрилового ангидрида в бензоле (с  $MM = 39 \div 42 \cdot 10^3$ ). Соплимеры синтезировали ацилированием ПАБК и ПАСК в ДМФА полиакриловым ангидридом с последующей обработкой сополимеров водным раствором NaOH. Получали водорастворимые натриевые соли сополимеров с содержанием акрилоильных звеньев ПАБК – 36 мол.% и ПАСК – 22 мол.%. Строение сополимеров подтверждено спектрами ЯМР <sup>1</sup>H, состав определяли по данным элементного анализа на азот, УФ- и ИК-спектроскопией. По данным ФГБУ «НИИ гриппа им. А.А. Смородинцева», сополимеры обладают противовирусной активностью в отношении респираторно-синцитиального вируса человека.

### Список литературы

1. R.H. Bianculli, J.D. Mase, M.D. Schulz // *Macromolecules*. 2020. V. 53. No. 21. P. 9158.
2. F. Schandock, C.F. Riber, A. Röcker, J.A. Müller, M. Harms, P. Gajda, K. Zuwala, A.H.F. Andersen, K.B. Løvschall, M. Tolstrup, F. Kreppel, J. Münch, A.N. Zelikin // *Adv. Healthc. Mater.* 2017. V. 6. No. 23. 1700748.

УДК 547.599.6+546.98+577.18

## НОВЫЕ ГЕТЕРОЛЕПТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ПАЛЛАДИЯ С БОРНАНОВЫМИ И АМИНОКИСЛОТНЫМИ ЛИГАНДАМИ: СИНТЕЗ И АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ

**Залевская О.А., Гурьева Я.А., Кучин А.В.**

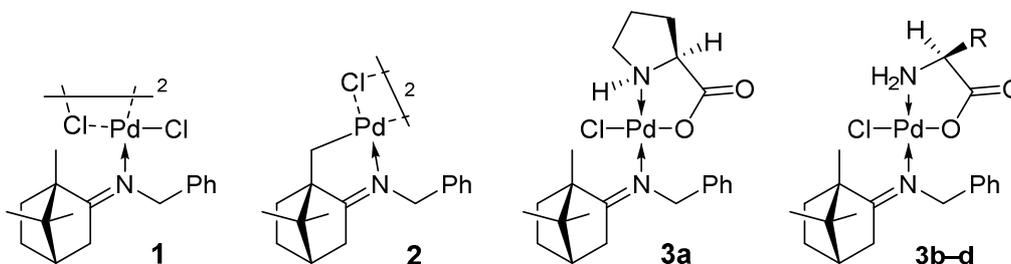
*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: zalevskayo@rambler.ru*

*Синтезированы новые гетеролептические комплексы палладия с борнановыми и аминокислотными лигандами. Исследована антибактериальная активность комплексов и соответствующих лигандов.*

*Ключевые слова: комплексы палладия, бензиламин, камфора,  $\alpha$ -аминокислоты, антибактериальная активность.*

В настоящее время нарастает резистентность широко распространенных патогенных бактериальных штаммов к клиническим антибиотикам. Для решения этой проблемы необходимы новые классы противомикробных препаратов. Комплексы палладия оказались многообещающими кандидатами на эту роль [1].

Ранее нами было исследовано взаимодействие бензилимина камфоры с тетрахло-ропалладатом лития и ацетатом палладия и синтезированы биядерные комплексы палладия различного типа – с монодентатно координированным лигандом (**1**) и палладацикл со связью ( $sp^3$ )C–Pd (**2**) [2]. На основе биядерного комплекса палладия **1** получены новые моноядерные комплексы **3a–d**, содержащие хелатированные *L*-аминокислоты пролин (**Pro**), тирозин (**Tyr**), серин (**Ser**) и изолейцин (**Ile**) соответственно.



Выполнено исследование антибактериальной активности комплексов палладия **1**, **2**, **3a–d** и исходных лигандов в отношении патогенных штаммов MRSA, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *E. coli* и *M. vaccae*. Наиболее высокую активность проявил биядерный палладацикл **2**. В отношении MRSA и *M. vaccae* МИК составляет 8 мг/мл, что сопоставимо с активностью клинических антибиотиков, используемых для сравнения.

*Авторы выражают благодарность д.фарм.н. Макарову В.А. (Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН) за организацию исследований антибактериальной активности.*

### Список литературы

1. O.A. Zalevskaya, Ya.A. Gur'eva, A.V. Kutchin // Russ. Chem. Rev. 2023. V. 92. RCR5093.
2. O.A. Zalevskaya, Ya.A. Gur'eva, P.A. Slepukhin, A.V. Kuchin // Russ. J. Coord. Chem. 2015. V. 41. P. 532.

УДК 547.26; 54.057

## ГИДРИРОВАНИЕ НЕНАСЫЩЕННЫХ ТЕРПЕНОЛОВ В ДВУХКАМЕРНЫХ СТЕКЛЯННЫХ РЕАКТОРАХ

**Зарубина С.М., Гырдымова Ю.В.**

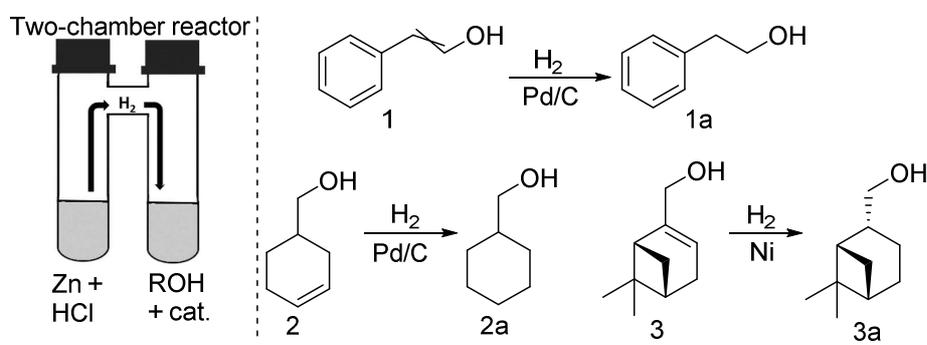
Санкт-Петербургский государственный университет  
119034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9;  
email: st075729@student.spbu.ru

Предложен подход к гидрированию алкенолов в двухкамерных реакторах с использованием *ex situ* генерируемого водорода. Давление  $H_2$  может быть рассчитано и изменено в зависимости от загрузки реагентов.

Ключевые слова: терпенолы, гидрирование, катализ, реакторы, алкенолы.

Природные насыщенные спирты (терпенолы) находят свое применение в органическом синтезе в качестве соединений-платформ для дизайна и синтеза биологически активных веществ [1], перерабатываемых полимеров [2]. Меченые дейтерием и  $^{13}C$  терпенилвиниловые эфиры представляют собой ценный инструмент для механистических и структурных исследований [3]. В настоящее время описано несколько способов получения терпенолов. Гидроборирование-окисление часто требует дополнительного разделения изомеров, а гидрирование соответствующих ненасыщенных соединений – монтажа специальных газовых линий.

В этой работе продемонстрирован новый подход к каталитическому гидрированию алкенолов **1–3** в двухкамерных стеклянных химических реакторах с использованием *ex situ* генерируемого водорода [4].



Гидрирование терпенолов.

Гидрирование завершилось образованием 2-фенилэтанола (**1a**), циклогексилметанола (**2a**) и *цис*-миртанолола (**3a**) с превосходными выходами. Давление водорода в реакторе (5 бар) рассчитывали по уравнению Менделеева-Клапейрона по количеству добавляемой HCl.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант 22-73-00060).

### Список литературы

1. Yu.V. Gyrdaymova, S.A. Rubtsova // Chemical Papers. 2022. V. 76. P. 1.
2. S.A. Metlyaeva, K.S. Rodygin, K.A. Lotsman, D.E. Samoylenko, V.P. Ananikov // Green Chemistry. 2021. V. 23. No. 6. P. 2487.
3. Yu.V. Gyrdaymova, D.E. Samoylenko, K.S. Rodygin // Chemistry – An Asian Journal. 2023. V. 18. e202201063.
4. Ю.В. Гырдымова // Журнал общей химии. 2024 (в печати).

УДК 543.544.5.068.7

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТОВ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ, СОДЕРЖАЩИХ ТРИТЕРПЕНОВЫЕ КИСЛОТЫ

**Захаркина А.М., Казанцева К.И., Курзина И.А.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
634050, г. Томск, ул. Ленина, 36; email: alex.zakharkiva@gmail.com*

*Получен ряд образцов на основе экстрактов пихты сибирской (*Abies sibirica*), содержащих тритерпеновые кислоты, для применения в сельском хозяйстве в качестве ростостимулирующих продуктов. Методом ВЭЖХ-МС изучен состав полученных продуктов.*

*Ключевые слова: пихта сибирская, экстракция, тритерпеновые кислоты, ВЭЖХ-МС, ростостимулирующие свойства.*

Большой интерес вызывают терпеноидные соединения (в том числе тритерпеновые кислоты (ТТК)) хвойных пород деревьев, так как препараты на основе ТТК обеспечивают рострегулирующее и иммунопротекторное действие. Наиболее часто терпеноиды применяются в различных целях в составе комплексных препаратов. Показано, что терпеноидные извлечения, содержащие сумму, или комплекс, различных соединений, действуют сильнее и эффективнее, чем индивидуально выделенное вещество [1]. Цель исследования – получение новых препаратов из экстрактов пихты для применения в сельском хозяйстве, а также изучение составов полученных образцов.

В данной работе из различного исходного сырья – древесной зелени пихты, шрота древесной зелени после докритической углекислотной экстракции (CO<sub>2</sub>-экстракция) и масляно-эфирного комплекса (МЭК) после CO<sub>2</sub>-экстракции – были получены пять опытных образцов хвойных экстрактов при применении органических растворителей. Образцы № 1 и № 2 изготовлены по технологии, включающей дополнительные процессы селективного выделения смоляных кислот. Образцы № 3 и № 4 произведены из пихтового шрота по укороченной технологии очистки целевых компонентов. Кроме суммы смоляных кислот, эти пробы содержат мыла, калиевые соли жирных и легких карбоновых кислот. Образец № 5 изготовлен по технологии, аналогичной образцам № 1 и № 2, только в качестве сырья для выделения кислот использовался МЭК.

Разработанная методика полуколичественного определения суммы тритерпеновых кислот в полученных продуктах методом жидкостной хромато-масс-спектрометрии включает экстракцию ацетонитрилом и хроматографирование полученного раствора на колонке YMC-Pack NH<sub>2</sub> (150×4.6 мм; 5 мкм) смесью 0.1% раствора муравьиной кислоты и ацетонитрила для градиентного элюирования в соотношении 25/75 (v%/v%). Детектирование проводилось на времяпролетном масс-спектрометре в условиях отрицательной электроспрей-ионизации. Содержание тритерпеновых кислот в полученных образцах составляет 44, 12, 67, 1 и 64 масс.% соответственно для образцов № 1–5.

*Работа выполнена при поддержке Федерального проекта «Передовые инженерные школы».*

### **Список литературы**

1. В.А. Ралдугин // Рос. хим. журн. 2004. Т. 86. № 3. С. 84.

УДК 544.723+674.8+543.544

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДЛЯ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ПОЛИХЛОРБИФЕНИЛОВ

**Захарова Д.Д.<sup>1,2</sup>, Первова М.Г.<sup>2</sup>, Саморукова М.А.<sup>2</sup>, Салоутин В.И.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; email: miss.dasha200015@yandex.ru

<sup>2</sup>Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН  
620108, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 22; email: pervova@ios.uran.ru

Проведены исследование и выбор оптимальных условий (масса сорбента, время сорбции, концентрация аналитов) для очистки воды от полихлорбифенилов с помощью сорбентов растительного происхождения.

Ключевые слова: полихлорбифенилы, сорбция, сорбенты, древесные отходы, опилки сосны обыкновенной, опилки липы обыкновенной, газовая хроматография.

В настоящее время активно ведется поиск эффективных и относительно дешевых сорбционных материалов для извлечения и очистки водных источников от различных загрязнений. Большой интерес вызывают отходы деревообрабатывающего производства, которые образуются в огромных количествах и могут использоваться как сорбенты в технологиях очистки водных объектов. Полихлорированные бифенилы (ПХБ) являются продуктами техногенного происхождения, широко использовались в качестве диэлектрических наполнителей в трансформаторах и конденсаторах. Вследствие их высокой опасности для окружающей среды и здоровья населения ПХБ относятся к группе стойких органических загрязнителей. В водные среды ПХБ попадают в случае аварийных ситуаций вместе с атмосферными осадками, коммунальными и ливневыми стоками.

Цель работы – исследование экологически чистых сорбентов на основе растительного сырья – древесных опилок (ДО) сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и липы обыкновенной (*Tilia europaea*) – для сорбции ПХБ из водных объектов: анализ, сравнение и выбор оптимальных условий.

В качестве объекта исследования использовали смесь ПХБ, состоящую из ди-, три-, тетра-, пента-, гекса- и гептахлорбифенилов. Определение процента сорбции в зависимости от различных параметров проводили с использованием модельных водных растворов с внесением ПХБ и сорбента. Для исследования остаточного содержания ПХБ отделяли водную фазу от твердой и проводили ее жидкостную экстракцию *n*-гексаном. Для анализа гексановых экстрактов использовали метод газовой хроматографии. Показано, что ДО сосны и липы могут быть применены в качестве сорбентов ПХБ из водных объектов. Установлено, что наиболее оптимальным является использование 1 г сорбента на 50 мл водного раствора, при этом процент сорбции ПХБ уменьшается с увеличением концентрации ПХБ (50–250 мг/л) и составляет через 6 ч в случае ДО сосны – 89–84%, липы – 88–74% соответственно. На 4 сут при использовании ДО сосны достигается полная сорбция ПХБ, при использовании ДО липы через 14 сут остаточное содержание ПХБ составляет 4%.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (№ государственной регистрации 124020200028-7).

УДК 577.114

## ЗАВИСИМОСТЬ СТЕПЕНИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ БАКТЕРИАЛЬНОЙ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ МИСКАНТУСА ГИГАНТСКОГО СОРТА КАМИС, ОТ ВИДА ХИМИЧЕСКОЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

Зенкова А.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН  
659322, г. Бийск, ул. Социалистическая, 1; email: zenkova\_nastasya080401@mail.ru

<sup>2</sup>Бийский технологический институт (филиал)  
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова»  
659305, г. Бийск, ул. им. Героя Советского Союза Трофимова, 27

*Бактериальная наноцеллюлоза (БНЦ) была получена из мискантуса сорта Камис. Установлено, что показатель степени полимеризации БНЦ прямо пропорционально связан с показателем выхода БНЦ.*

*Ключевые слова: бактериальная наноцеллюлоза, биосинтез, ферментативный гидролиз, целлюлозосодержащее сырье, мискантус гигантский, сорт КАМИС.*

Биосинтез бактериальной наноцеллюлозы (БНЦ) из целлюлозосодержащего сырья является примером использования альтернативных сырьевых источников, что обеспечивает снижение себестоимости конечного продукта. БНЦ в силу своей высокой чистоты и нанокристалличности, отсутствия токсичности применяется в медицине, пищевой промышленности и многих других отраслях, а также в технических целях [1].

Цель работы – определение влияния химической предобработки мискантуса гигантского сорта КАМИС на степень полимеризации БНЦ, полученной из него. В ходе предобработки были получены следующие продукты по методикам [2]: продукт азотной обработки (ПАО); продукт щелочной делигнификации (ПЩД); целлюлоза, полученная азотнокислым способом (ЦАС); целлюлоза, полученная модифицированным щелочным способом (ЦМЩС). Ферментативный гидролиз и биосинтез БНЦ проводили в идентичных условиях, подробности приведены в работе [3].

Выход БНЦ составил: контроль – 11.8%; ПАО – 11.7%; ПЩД – 3.0%; ЦАС – 8.6%; ЦМЩС – 10.4%. Степень полимеризации образцов составила: контроль – 3000, ПАО – 1810, ПЩД – 1020, ЦАС – 1230, ЦМЩС – 1180. Таким образом, степень полимеризации БНЦ прямо пропорционально связана с показателем выхода БНЦ.

*Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда № 22-13-00107, <https://rscf.ru/project/22-13-00107/> при использовании оборудования Бийского регионального центра коллективного пользования СО РАН (ИПХЭТ СО РАН, г. Бийск).*

### Список литературы

1. И.В. Гмошинский, В.А. Шипелин, С.А. Хотимченко // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. №. 2. С. 181.
2. E.A. Skiba, E.K. Gladysheva, D.S. Golubev, V.V. Budaeva, L.A. Aleshina, G.V. Sakovich // Carbohydrate Polymers. 2021. V. 252. 117178.
3. А.А. Зенкова, Е.К. Гладышева, Н.А. Шавыркина // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности. 2023. С. 263.

УДК 615.277.3:599.323.4

## ПРОТИВООПУХОЛЕВАЯ АКТИВНОСТЬ (22S,23S)-28-ГОМОКАСТАСТЕРОНА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА МЫШАХ-ОПУХОЛЕНОСИТЕЛЯХ АДЕНОКАРЦИНОМЫ ЭРЛИХА

**Зильберман Р.Д., Савин А.О., Жебракова И.В.,  
Панибрат О.В., Жабинский В.Н.**

*ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси»  
Республика Беларусь, 220141, г. Минск, ул. ак. В.Ф. Купревича, 5/2;  
email: labtox@iboch.by*

*В экспериментах in vivo на мышях-опухоленосителях продемонстрирована способность (22S,23S)-28-гомокастастерона (представителя класса brassinостероидов, далее ГКС) подавлять рост солидной опухоли.*

*Ключевые слова: brassinостероиды, гомокастастерон, противоопухолевая активность, аденокарцинома Эрлиха, мыши ICR.*

Браassinостероиды (БС) – класс растительных гормонов, необходимых для роста, развития и адаптации растений к окружающей среде. За последнее десятилетие в ряде работ была продемонстрирована способность БС подавлять пролиферацию опухолевых клеток (рака молочной железы MCF-7, MDA-MB-468 и рака простаты LNCaP, DU-145), а также индуцировать их апоптоз [1–3].

Цель работы – оценка противоопухолевой активности синтетического представителя класса brassinостероидов – (22S,23S)-28-гомокастастерона на мышях-опухоленосителях аденокарциномы Эрлиха (АКЭ).

Исследование проведено на половозрелых самках мышей аутбредного ICR массой 20–22 г (получены в виварии ИБОХ). ГКС синтезирован в лаборатории химии стероидов ИБОХ НАН Беларуси.

В качестве модели опухолевого роста использовали аденокарциному Эрлиха (АКЭ), инокулированную подкожно ( $2 \times 10^6$  клеток АКЭ в 0.1 мл стерильного раствора натрия хлорида 0.9%) на наружную поверхность правого бедра. Введение ГКС осуществляли на 8 день после инокуляции. Были исследованы дозы: 0.1, 1.0 и 10.0 мг/кг, которые вводили внутривентриально, пятикратно с интервалом в 24 ч. Измеряли (штангенциркулем) линейные размеры опухолевого узла (мм) на 1-е, 7-е и 14-е сутки после окончания введения ГКС, рассчитывали объем ( $\text{мм}^3$ ) и показатель торможения роста опухоли (ТРО%) согласно Руководству [4].

Максимальные значения ТРО% были зафиксированы на 7-е и 14-е сутки при использовании дозы 1.0 мг/кг (21 и 29% соответственно), а для дозы 10 мг/кг составили 36, 39 и 46% на 1-е, 7-е и 14-е сутки соответственно, что указывает на наличие противоопухолевой активности у (22S,23S)-28-гомокастастерона согласно [4].

### Список литературы

1. J. Malíková, J. Swaczynová, Z. Kolár, M. Strnad // *Phytochemistry*. 2008. V. 69. No. 2. P. 418.
2. О.В. Панибрат, П.С. Шабуня, С.А. Фатыхова, В.Н. Жабинский, П.А. Киселев // *Докл. Нац. акад. наук Беларуси*. 2018. Т. 62. № 1. С. 66.
3. О.В. Панибрат, В.Н. Жабинский, В.А. Хрипач // *Докл. Нац. акад. наук Беларуси*. 2019. Т. 63. № 4. С. 437.
4. А.Н. Миронов // *Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств*. Ч. 1. М.: Гриф и К, 2012. С. 640.

УДК 577.1:615:322

## ПРЕПАРАТЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ САХАРОСНИЖАЮЩИХ СРЕДСТВ

**Зобнина Н.Л., Цапок П.И.**

*ФГБОУ ВО Кировский государственный медицинский университет Минздрава России  
610027, г. Киров, ул. К. Маркса, 137; email: telec205@mail.ru, kf51@kirovgma.ru*

*Гипергликемия является фактором развития ожирения и сахарного диабета. Выбор препаратов для снижения уровня глюкозы ограничен вследствие индивидуальной непереносимости или риском развития побочных эффектов. В то же время гипогликемический эффект обнаружен у растений и природных растительных полимеров. Ключевые слова: гипогликемия, инсулин, лигнин, инулин, диабет.*

Глюкоза является основным источником энергии для организма человека. При этом часть ее запасается в виде гликогена и резервных липидов [1, 2]. Появление такого механизма у животных было вызвано необходимостью миграции в поисках пищи [3]. Организм путем сложной системы контроля поддерживает баланс в мобилизации и запасании глюкозы. Постоянно меняющиеся условия среды и особенности образа жизни человека приводят к смещению этого равновесия, и как результат – эффект гипергликемии как условие развития сахарного диабета и ожирения [1, 2].

Препараты с гипогликемическим эффектом имеют ряд недостатков: индивидуальная непереносимость, ограничение в связи с сопутствующими патологиями [4]. Поэтому актуальным становится вопрос о поиске препаратов, оказывающих гипогликемический эффект, но при этом имеющих как можно меньше противопоказаний. Известно, что включение в рацион продуктов растительного происхождения приводит к снижению уровня глюкозы. Классическим примером является гречневая крупа. Аналогичное действие имеют перец, редис, чеснок, лук, а также томат, брусника, шпинат [5]. Перспективным препаратом в данном направлении является лигнин. Это природный полимер из клеточной стенки древесных растений [6]. В ходе экспериментов у него была выявлена сорбционная способность по отношению к веществам, влияющим на углеводный обмен [7, 8]. При этом отмечаются его низкая токсичность, биологическая инертность, устойчивость к действию ферментов желудочно-кишечного тракта человека [6].

### **Список литературы**

1. К.М. Порт // Патофизиология: основы. Пер. с англ. под. ред. Г.В. Порядина. М.: Эксмо, 2011. 1168 с.
2. Дж.Э. Холл // Медицинская физиология по Гайтону и Холлу. Пер. с англ. под ред. В.И. Кобрина, М.М. Галагудзы, А.Е. Умрюхина. изд. 2-е, доп. и испр. М.: Логосфера, 2018. С. 1328.
3. Н.В. Титов // Успехи современной биологии. 2012. Т. 132. № 1. С. 51.
4. Д.И. Дедов, Г.А. Мельниченко, В.В. Фадеев // Эндокринология: учебник., издание 2-е перераб. М.: ГЭОТАР Медиа, 2009. 432 с.
5. Л.В. Николайчук // Сахароснижающие растения. Минск: Ураджай, 1988. 191 с.
6. К.С. Боголицын // Бутлеровские чтения. 2006. Т. 8. № 2. С. 42.
7. Н.Л. Зобнина, П.И. Цапок // Вестник Воронежского государственного университета. Серия Химия. Биология. Фармация. 2019. № 4. С. 20.
8. Н.Л. Зобнина, П.И. Цапок // Биохимические научные чтения памяти академика РАН Е.А. Строева. Тезисы докладов всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Рязань, 2022. С. 111.

УДК 544.723

## СОРБЦИЯ ТЕТРАЦИКЛИНА КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИМИ СОРБЕНТАМИ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА РИСА

Зуб С.Е.<sup>1</sup>, Довгань С.В.<sup>1</sup>, Арефьева О.Д.,<sup>1,2</sup> Ковехова А.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Дальневосточный федеральный университет  
690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10; email: dovgan.sv@dvfu.ru

<sup>2</sup>Институт химии ДВО РАН  
690022, г. Владивосток, просп. 100-летия Владивостока, 159

*В работе изучена кинетика сорбции тетрациклина из водных растворов кремнийсодержащими сорбентами из отходов производства риса. Показано, что наиболее эффективными материалами являются кремнеземы растительного генезиса.*

*Ключевые слова: сорбция, тетрациклин, рисовая шелуха, рисовая солома, кремнезем.*

Антибиотики, в частности тетрациклин, на данный момент являются одними из приоритетных загрязнителей сточных вод. Это связано со сложностью их удаления в растворенном виде, а также с объемом их поступления в водные источники [1, 2]. Предлагаются различные способы удаления антибиотиков из водных растворов, но наибольший интерес представляют сорбционные методы. Наиболее перспективными материалами для сорбции являются природные алюмосиликаты, оксиды алюминия и кремния [3]. Ввиду этого цель настоящей работы – исследовать удаление тетрациклина из водных растворов кремнийсодержащими сорбентами, полученными из отходов производства риса.

В ходе выполнения исследования изучена поглотительная способность аморфного диоксида кремния минерального и растительного генезиса по отношению к тетрациклину в водных растворах. Установлено, что более эффективными сорбентами являются кремнеземы, полученные из шелухи и соломы риса. Эффективность извлечения антибиотика составила 39–84%.

Кинетические исследования показали, что процесс сорбции тетрациклина протекает достаточно быстро и через 20 мин практически заканчивается. Для моделирования кинетики использовали уравнения Морриса–Вебера, Бойда, псевдопервого и псевдovторого порядка. Обработка полученных результатов продемонстрировала, что в скорость сорбционного процесса вносят вклад как диффузионное лимитирование (внутри- и внешнeдиффузионное), так и химическая стадия адсорбции. Наиболее адекватно общую картину сорбции антибиотика отражает модель псевдовторого порядка.

### Список литературы

1. И.Н. Лыков. Фармацевтическое загрязнение окружающей среды // Проблемы региональной экологии. 2020. № 3. С. 23.
2. А.Н. Мухутдинова, М.И. Рычкова, Е.А. Тюмина, Е.В. Вихарева // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. 2015. № 1. С. 65.
3. А.М. Салмахаева, Н.М. Алыков, Н.В. Золотарева, Т.В. Алыкова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2011. № 4(16). С. 51.

УДК 577.182.72; 577.181.7

## ФТОРХИНОЛОНОВЫЕ АНТИБИОТИКИ С ФРАГМЕНТАМИ МОНО- И ДИТЕРПЕНОИДОВ: СИНТЕЗ, СВОЙСТВА, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

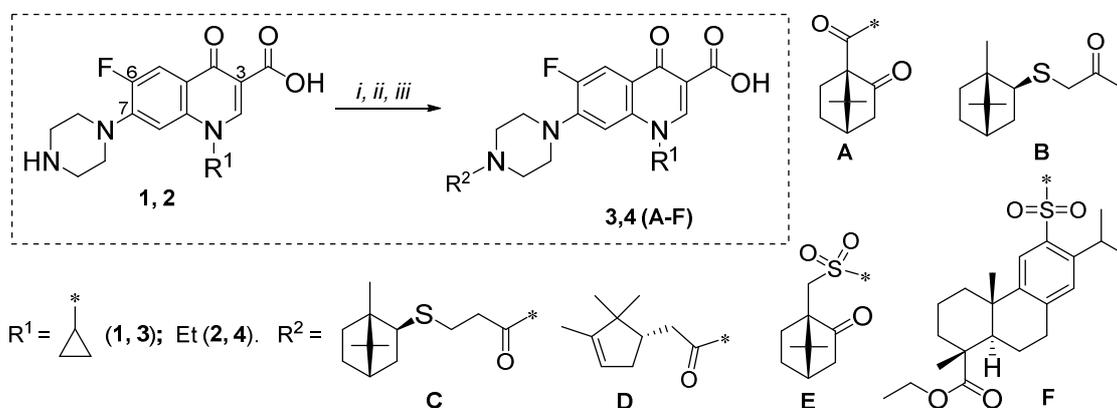
**Измestьев Е.С., Пестова С.В., Рубцова С.А.**

Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: evgeniyizmestev@rambler.ru

Осуществлен синтез новых производных нор- и ципрофлоксацина, содержащих фрагменты моно- и дитерпеноидов. Изучена их антибактериальная и противогрибковая активности. Ключевые слова: антибиотики, норфлоксацин, ципрофлоксацин, фторхинолоны, монотерпеноиды, дитерпеноиды.

Фторхинолоны – группа препаратов, производных хинолона, обладающих антибактериальной активностью против большинства грамотрицательных бактерий, а также некоторых грамположительных пневмококков и стафилококков. Для борьбы с резистентными штаммами структура фторхинолонов постоянно модифицируется, неизменным остается только наличие атома фтора в положении С-6 и азотсодержащего, чаще пиперазинового, гетероцикла в соседнем С-7 положении, а также карбоксильной группы при С-3.

В работе осуществлен синтез конъюгатов ципрофлоксацина **1** и норфлоксацина **2** с терпеноидами различного строения (А–F), в которых объемный терпеновый фрагмент связан с пиперазиновым фрагментом фторхинолона посредством амидной или сульфонамидной групп.



*i*:  $\text{SOCl}_2$ , MeOH, reflux; *ii*:  $\text{R}^2\text{Cl}$ , где  $\text{R}^2 = \text{A-D}$ :  $\text{Et}_3\text{N}$ ,  $\text{Me}_2\text{CO}$ , r.t.;  $\text{R}^2 = \text{E}$ :  $\text{Et}_3\text{N}$ ,  $i\text{-PrOH}:\text{CHCl}_3$  (5:1), reflux;  $\text{R}^2 = \text{F}$ :  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CHCl}_3:\text{Me}_2\text{CO}:\text{H}_2\text{O}$  (2:1:0.1), reflux; *iii*: LiOH, THF,  $\text{H}_2\text{O}$ , затем HCl,  $\text{H}_2\text{O}$

Исследования показали наличие антибактериальной активности против MSSA и MRSA у фторхинолонов с фрагментами **B**, **C**, **D**, сравнимой с активностью ципрофлоксацина. Сульфонамид **3E** показал активность против *S. albicans*, но оказался неактивен в отношении *S. aureus*.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание № 122040600073-3) и при поддержке научно-образовательного центра мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования». Анализ синтезированных соединений выполнен с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Химия» Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

УДК 547.598; 547.427.6; 547.412.62

## СИНТЕЗ МЕТИЛИРОВАННЫХ И ТРИФТОРМЕТИЛИРОВАННЫХ ГИДРОКСИТИОЛОВ НА ОСНОВЕ МИРТЕНАЛЯ

**Ильченко Н.О., Судариков Д.В., Рубцова С.А., Кучин А.В.**

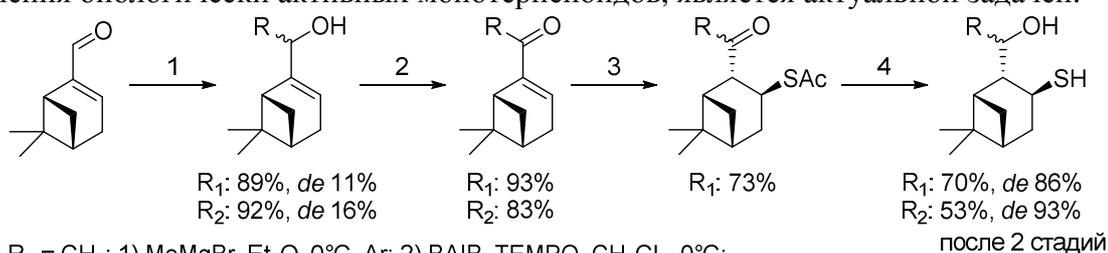
*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН*

167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: albedogrisonat@gmail.com

*Разработан новый метод стереоселективного синтеза изомерных метилированных и трифторметилированных тиолов на основе (1R)-(-)-миртенала.*

*Ключевые слова: монотерпеновые тиолы, (1R)-(-)-миртеналь, реактив Гриньяра, реагент Рупперта Пракаша, трифторметилирование.*

Монотерпены и монотерпеноиды, являясь основными компонентами многих эфирных масел, широко распространены в природе. Они подавляют рост патогенных бактерий и грибов, проявляя противовирусную, антимикотическую, противопаразитарную и противомикробную активности [1, 2]. Синтетические производные тиолов, модифицированные различными функциональными группами, обладают рядом противомикробных свойств [3]. Поиск новых путей синтеза и расширение ряда монотерпеновых тиолов, выступающих в качестве исходных соединений для получения биологически активных монотерпеноидов, является актуальной задачей.



R<sub>1</sub> = CH<sub>3</sub>: 1) MeMgBr, Et<sub>2</sub>O, 0°C, Ar; 2) BAIB, TEMPO, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, 0°C;

3) HSAc, Pipy, 0°C; 4) LiAlH<sub>4</sub>, Et<sub>2</sub>O, -50°C, Ar;

R<sub>2</sub> = CF<sub>3</sub>: 1) TMSCF<sub>3</sub>, CsF, TBAF·3H<sub>2</sub>O, THF, 0°C, Ar; 2) BAIB, TEMPO, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, 0°C;

3) HSAc, Pyr, 0°C; 4) LiAlH<sub>4</sub>, Et<sub>2</sub>O, -50°C, Ar;

Разработан новый метод стереоселективного синтеза изомерных метилированных и трифторметилированных тиолов на основе (1R)-(-)-миртенала с выходами CH<sub>3</sub>-замещенных тиолов 70% и de 86% и CF<sub>3</sub>-замещенных тиолов с *in situ* выходами 53% и de 93% после двух стадий (схема). CF<sub>3</sub>-замещенный кетон и CH<sub>3</sub>-замещенный тиацетат, необходимые для синтеза соответствующих тиолов, получены впервые с выходами 83 и 73% соответственно.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственное задание № 122040600073-3) с использованием оборудования ЦКП «Химия» Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.*

### Список литературы

1. R. Paduch, M. Kandefer-Szerszeń, M. Trytek, J. Fiedurek. Terpenes // Arch. Immunol. Ther. Exp. (Warsz). 2007. V. 55. No. 5. P. 315.
2. N.F. Salakhutdinov, K.P. Volcho, O.I. Yarovaya // Pure Appl. Chem. 2017. V. 89. No. 8. P. 1105.
3. N.O. Ilchenko, D.V. Sudarikov, R.V. Rumyantsev, D.R. Baidamshina, N.D. Zakarova, M. Nait Yahia, A.R. Kayumov, A.V. Kuchin, S.A. Rubtsova // Antibiotics. 2022. V. 11. No. 11. 1548.

УДК 547.99

## ФИТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БАВ КАЗАХСТАНСКОГО ВИДА *ARCTIUM LEIOSPERMUM* JUZ.

**Иманбекова Р.С., Корулькин Д.Ю.**

*Казахский национальный университет им. аль-Фараби  
Республика Казахстан, 050040, г. Алматы, просп. аль-Фараби, 71;  
email: ars1985@gmail.com*

*Проведен фитохимический анализ содержания метаболитов в лопухе гладкосемянном по органам растения. Впервые установлено наличие ксантонов, антоцианов и феноловых кислот.*

*Ключевые слова: *Arctium leiospermum*, антоцианы, танины, флавоноиды, кумарины, ксантоны, феноловые кислоты.*

Экстракты лопуха гладкосемянного в эксперименте показывают выраженную антибактериальную и антифунгальную активность, увеличивают диурез [1]. Широкое распространение этого растения на территории Казахстана в сочетании с малой изученностью химического состава делают этот вид перспективным для углубленного фитохимического и последующего медико-биологического исследования.

Объект исследования – казахстанский вид *Arctium leiospermum* Juz., заготовленный в фазу покоя в предгорьях Заилийского Алатау.

Для проведения анализа БАВ измельченное воздушно-сухое сырье последовательно настаивали при комнатной температуре с бензолом и хлороформом в течение 48 ч. Полифенольный комплекс извлекали трехкратным настаиванием с 70%-ным водным этанолом, сочетая при этом способ мацерации (24 ч) с последующей термической экстракцией (с обратным холодильником) при температуре 60–65 °С. Качественный состав извлечений и фракций определялся методами хроматографии на бумаге с использованием специфических реакций на основные группы природных соединений и аутентичных образцов. Количественное определение обнаруженных групп природных соединений (таблица) проводили по общепринятым методикам [2].

Фитохимический анализ БАВ лопуха гладкосемянного (%)

Класс БАВ	Эфир. масла	Флавоноиды	Антоцианы	Танины	Кумарины	Феноло-кислоты	Алкалоиды	Полисахара	Ксантоны
Корни	0.09	2.57	-	4.98	0.26	0.64	0.16	11.35	1.76
Надз. часть	1.12	3.62	0.11	2.63	0.41	0.37	0.22	8.14	2.84
Цветы	1.49	1.26	0.84	0.35	0.12	0.08	0.03	2.28	0.49

Из представленных данных следует, что лопух гладкосемянный может быть перспективным лекарственным растительным сырьем для выделения флавоноидов, дубильных веществ, биогенных полисахаридов и ксантонов.

### Список литературы

1. А.Л. Буданцев // Растительные ресурсы России. СПб.-М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. Т. 5. С. 26.
2. Р.А. Музыкакина, Д.Ю. Корулькин, Ж.А. Абилов // Качественный и количественный анализ основных групп БАВ в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах. Алматы: Казак университеті, 2004. 288 с.

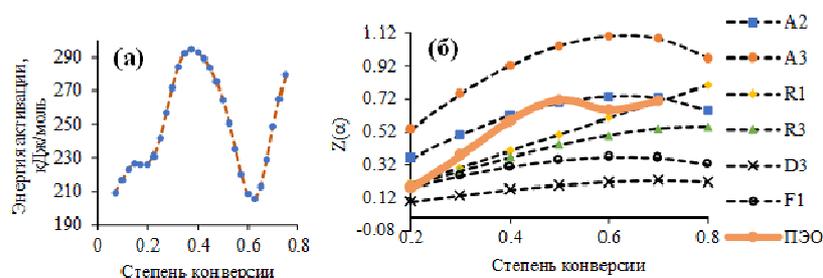
УДК 674.87/66.092–997

**ПИРОЛИЗ ХВОИ *PICEA OBOVATA* LEDEB.****Казарян Л.К., Лоскутов С.Р.***Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение  
ФИЦ КНЦ СО РАН**660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50/28; email: kazaryan.lk@ksc.krasn.ru*

*В работе представлены результаты термогравиметрического анализа (ТГ/ДТГ) твердого остатка хвои ели после экстракции водорастворимых веществ.*

*Ключевые слова: хвоя *Picea obovata* Ledeb., послеэкстракционный остаток, пиролиз, термогравиметрия, кинетика, механизм реакций.*

На основе методологического подхода [1] исследовался послеэкстракционный остаток (вода+1% МЭА) хвои ели (ПЭО). На рисунке представлены результаты двух важных этапов исследования: кинетика пиролиза и определение механизма реакций.



Зависимость энергии активации  $E_a$  реакций от степени конверсии  $\alpha$  (а);  
определение механизма реакций термодеструкции ПЭО хвои ели при пиролизе (б).

Кривые A2...D3, F1 – эталонные зависимости  $Z(\alpha)$  Криадо;  
ПЭО – функция  $Z_{ПЭО}(\alpha)$ , рассчитанная по экспериментальным данным.

Выход карбонизированного продукта (биоугля) составил около 13.48%. Стадийность термической конверсии ПЭО хвои хорошо видна на рисунке а: в интервале степени конверсии от 0.10 до 0.28 происходит пиролиз гемицеллюлоз. Затем, после переходного процесса, разлагается преимущественно целлюлоза ( $0.39 < \alpha < 0.52$ ) и, наконец, при  $\alpha > 0.60$  происходит деструкция полифенольного комплекса, включающего лигнин. В соответствии с этим изменяется механизм реакции термодеструкции (рисунок б): до степени конверсии около 0.28 – это R1 нуклеация и рост по Колмогорову-Ерофееву-Авраами; затем, после переходного процесса, – A2 (преимущественное разложение целлюлозы) и при  $\alpha > 0.60$  реакции типа R1 преимущественного разложения полифенольного комплекса [2].

*Работа выполнена в рамках государственного задания № 0287-2021-0011 ФИЦ КНЦ СО РАН. В исследовании использовалось оборудование Красноярского регионального центра коллективного пользования ФИЦ КНЦ СО РАН.*

**Список литературы**

1. Л.К. Казарян, С.Р. Лоскутов, О.А. Шапченкова, М.А. Плящечник, Г.В. Пермякова, Ю.С. Шимова // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2023. Т. 27. № 6. С. 84.
2. A. Dave, G.K. Gupta, M.K. Mondal // Biomass Convers. Biorefin. 2023. V. 13. P. 9289.

УДК 54.055

## ПОЛУЧЕНИЕ НОВОГО ОЛЕОФИЛЬНОГО УГЛЕРОДНОГО СОРБЕНТА ИЗ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ

**Казиев Г.З.<sup>1</sup>, Степнова А.Ф.<sup>1,2</sup>, Маковская И.Н.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Московский педагогический государственный университет (МПГУ)  
129164, г. Москва, ул. Кибальчича, 6, корп. 2; email: gz.kaziev@mpgu.su

<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (РУДН)  
115419, г. Москва, ул. Орджоникидзе, 3

На основе кавитированных древесных опилок в ходе сульфирования, карбонизации и активации водяным паром получен новый объемно-пористый углеродный сорбент, обладающий высокими гидрофобными и олеофильными свойствами.

Ключевые слова: переработка природных отходов, кавитация, сорбент, сорбционные свойства, ресурсосбережение.

Использование пористых углеродных материалов в различных областях науки и промышленности признается значительным фактором снижения пагубного антропогенного воздействия на окружающую среду [1] и отвечает потребностям современной зеленой химии.

Нами на основе целлюлозно-лигнинового комплекса, полученного в ходе кавитации древесных опилок, путем карбонизации в инертной атмосфере при температуре 225–250 °С, химической гидрофобизации (сульфирование в присутствии йода) и активации перегретым паром в автоклаве получен новый объемно-пористый углеродный материал, обладающий развитой пористой структурой, перспективный в качестве олеофильного сорбента.

Некоторые изученные характеристики активированного древесного волокна (АДВ), активированных кавитированных древесных волокон (АКДВ), сульфированных активированных древесных волокон (s-АДВ) и сульфированных активированных кавитированных древесных волокон (s-АКДВ) представлены в таблице.

Основные характеристики полученных материалов

Наименование показателя	АДВ	АКДВ	s-АДВ	s-АКДВ
Влажность, %	0.15	0.11	0.04	0.035
Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	250	295	270	310
Плаваемость, % [2] (72 ч)	81	83	98	99.9
Время насыщения сорбента (сек)				
Петролейный эфир	110	115	106	122
Бензин А-93	120	125	160	200
Моторное масло	137	127	180	230

Работа выполнена в рамках проекта «Исследование проблем утилизации отходов природного происхождения в целях практического использования полученных продуктов» (122122600056-9).

### Список литературы

1. N.H. Godage, E. Gionfriddo // Analytica Chimica Acta. 2020. V. 1125. P. 187.
2. Ф.А. Каменщиков, Е.И. Богомольный // Удаление нефтепродуктов с водной поверхности и грунта. М: Институт компьютерных исследований; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2006. 525 с.

УДК 608; 665.3; 54.05

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА МАСЛА АМАРАНТА НА ПРОЦЕССЫ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ С ПОЛУЧЕНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ДРУГИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

**Калистратова А.В., Гультикова М.В., Павловская А.Е.,  
Бурлако А.В., Офицеров Е.Н.**

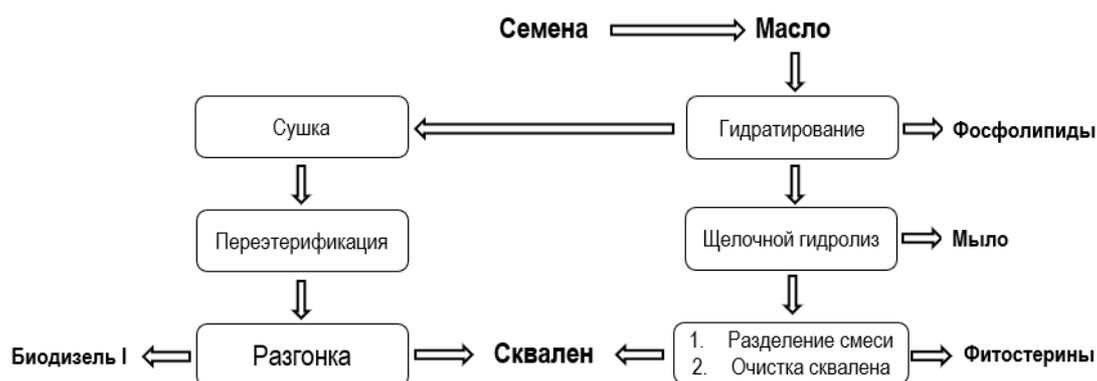
*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,  
факультет химико-фармацевтических технологий и биомедицинских препаратов  
125047, г. Москва, Миусская пл., 9; email: a.kalistratova@inbox.ru*

*Отработаны схемы переработки масла амаранта с выделением сквалена, фитостеринов и фосфолипидов и исследовано влияние на эти процессы состава масла амаранта в сравнении с другими растительными маслами.*

*Ключевые слова: масло амаранта, сквален, biorefinery, фосфолипиды, фитостерины.*

Масло амаранта – это уникальный растительный источник сквалена – биологически активного тритерпена с широким спектром применения. Он является компонентом вакцин и систем доставки в фармацевтической промышленности, декоративной, уходовой и лечебной косметики, биологически активной добавкой к пище для профилактики злокачественных новообразований, сердечно-сосудистых заболеваний, заболеваний обмена вещества. Кроме сквалена масло амаранта содержит фитостерины (1.9–2.8%) и фосфолипиды (9–15%), которые также обладают биологической активностью. Во многом состав масла зависит от методов его получения и сроков и условий хранения, так как, например, после полугодового хранения масла амаранта в закрытом сосуде концентрация сквалена в жидкой фазе масла начинает снижаться и за год доходит до 2.5–3% против исходных 10% в свежем образце масла.

Для комплексной переработки масла амаранта были отработаны и масштабированы до объемов 3–5 л масла две альтернативные схемы:



Эмульгирующая способность сквалена и фосфолипидов в составе масла амаранта сильно затрудняют процессы конверсии триглицеридов, лежащие в основе схемы переработки масла, и последующего выделения сквалена. Образование наноэмульсий приводит к потере сквалена в водной фракции. Кроме того, состав амарантового масла и содержание в нем фосфолипидов и свободных жирных кислот накладывают ограничения на выбор катализатора при проведении метанолиза в сравнении с другими растительными маслами, такими как подсолнечное, рапсовое и кокосовое.

УДК 577.175.1

## АДАПТОГЕННАЯ АКТИВНОСТЬ СИНТЕТИЧЕСКОГО АНАЛОГА ЭПИБРАССИНОЛИДА НА ПРОРОСТКАХ РАСТЕНИЙ ПРИ СОЛЕВОМ СТРЕССЕ

**Кем К.Р., Ламан Н.А.**

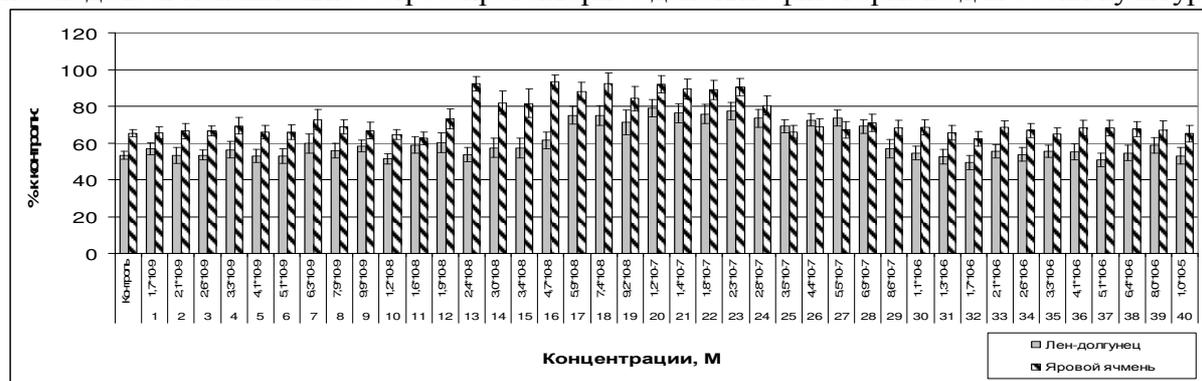
*Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси  
Республика Беларусь, 220012, г. Минск, ул. Академическая, 27; email: nan.botany@yandex.by*

*Изучена зависимость антистрессового действия эпибрассинолида (ЭБЛ) в широком диапазоне концентраций на рост корневой системы проростков льна-долгунца и ярового ячменя в условиях солевого стресса.*

*Ключевые слова: ячмень, лен-долгунец, эпибрассинолид, фитогормон, солевой стресс, инкрустация, ингибирование.*

На сегодняшний день, несмотря на пристальное внимание научного сообщества к биологической активности брассиностероидов (БС), остается малоизученной ширина практически значимого диапазона активных доз этих природных адаптогенов [1].

Нами проведена серия экспериментов для изучения концентрационной зависимости протекторного эффекта ЭБЛ, синтезированного в лаборатории химии стероидов ИБОХ НАН Беларуси, в условиях солевого стресса и возможности использования полученных результатов для создания специфического биотеста активности для этих фитогормонов и их синтетических аналогов. Выявлены узкие диапазоны концентраций ЭБЛ для льна-долгунца ( $6.9 \cdot 10^{-7}$ – $5.9 \cdot 10^{-8}$  М) и ярового ячменя ( $2.8 \cdot 10^{-7}$ – $2.4 \cdot 10^{-8}$  М), в которых он вызывает ослабление ингибирующего эффекта засоления на рост корневой системы проростков. Отмечено значительное пересечение диапазонов концентраций, в которых наблюдалось максимальное стресспротекторное действие фитогормона для обеих культур.



Зависимость длины корня проростков льна-долгунца и ярового ячменя от концентрации ЭБЛ при солевом стрессе (NaCl 0.5%).

Полученные данные свидетельствуют о схожести действия исследуемого фитогормона на проростки генетически разнородных культур и могут помочь лучше понять механизм защитного действия стероидных гормонов растений, а также оптимизировать способы их практического применения.

### Список литературы

1. V.A. Khrpach, V.N. Zhabinskii, A.E. De Groot // *Brassinosteroids – A new class of plant hormones*. San Diego: Academic Press, 1999. 456 p.

УДК 547.458.88

## СОРБЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПЕКТИНА И АРАБИНОГАЛАКТАНА

**Киселев В.А., Мударисова Р.Х.**

*Уфимский институт химии Уфимского исследовательского центра РАН  
450054, г. Уфа, просп. Октября, 71; email: vyacheslav98@list.ru*

*Изучены закономерности набухания гидрогелей на основе пектина и арабиногалактана в зависимости от различных факторов: природы полисахаридов и дисперсионной среды, концентрации компонентов гидрогелевой системы.*

*Ключевые слова: пектин, арабиногалактан, ионы кальция, гидрогель, набухание.*

Гидрогели на основе полисахаридов обладают высокой влагоемкостью, нетоксичностью и биodeградируемостью, что позволяет разрабатывать на их основе новые материалы биомедицинского, фармакологического и биотехнологического назначения [1]. В ряду гелеобразующих полисахаридов привлекает внимание пектин (ПК), обладающий разнообразной биологической активностью. Простым и удобным способом регулирования пористой структуры пектиновых гидрогелей может быть его частичная замена другим полисахаридом, содержащим карбоксильные группы либо обладающим высокой гидрофильностью. В качестве второго полисахарида в данной работе был выбран арабиногалактан лиственницы сибирской (АГ), который отличается высокой гидрофильностью, разветвленной структурой и разнообразной биологической активностью [2]. Цель работы – изучение закономерностей сорбции воды смешанными гидрогелями на основе ПК и АГ, трехмерно сшитых ионами кальция, в зависимости от различных факторов. В экспериментах использовали ПК со степенью метоксилирования 66 и 10% и молекулярной массой 26000 Da, АГ с молекулярной массой 40000 Da, CaCl<sub>2</sub> марки «хч». Кинетику набухания изучали гравиметрическим методом. Гидрогели ПК-АГ, сшитые ионами Ca<sup>2+</sup>, характеризуются ограниченным набуханием. Обнаружено, что степень набухания гидрогеля увеличивается при уменьшении концентрации ионов Ca<sup>2+</sup>, увеличении содержания ПК-АГ, понижении ионной силы и pH среды. Введение второго полимера приводит к уменьшению степени набухания, что обусловлено образованием ассоциатов ПК с АГ за счет водородных связей и гидрофобных взаимодействий, что приводит к изменению надмолекулярной структуры полимерной матрицы. Понижение степени метоксилирования ПК до 10% и введение карбоксильных групп (70%) в АГ также способствует уменьшению степени набухания, вероятно, за счет увеличения количества сшивок между макромолекулами. Таким образом, варьируя концентрацию и природу полисахаридов, сшивающего агента и природу дисперсионной среды, можно регулировать количество сшивок в гидрогеле и влиять на степень его набухаемости, что позволяет создавать материалы с прогнозируемой и регулируемой скоростью высвобождения лекарственных средств.

### **Список литературы**

1. K. Varaprasad, G.M. Raghavendra, T. Jayaramudu, M.M. Yallapu, R. Sadiku // Materials Science and Engineering C. 2017. V. 79. P. 58.
2. Р.Х. Мударисова, Е.Н. Широкова, Л.А. Бадыкова, И.М. Борисов, Т.Г. Толстикова, И.В. Сорокина, М.П. Долгих, Ю.Б. Монаков // Химико-фармацевтический журнал. 2005. Т. 39. № 8. С. 23.

УДК: 544.431

## ВЛИЯНИЕ ГАЛЛОВОЙ КИСЛОТЫ НА СТАБИЛЬНОСТЬ АКВАКОБАЛАМИНА

**Киселёва А.Г., Макаров С.В.**

*ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»  
153000, г. Иваново, просп. Шереметевский, 7; email: kiseleva\_ag@isuct.ru*

*В настоящей работе спектрофотометрическим методом изучена кинетика реакции галловой кислоты с аквакобаламином в водных растворах (рН 4.3–7.0) в интервале температур 25–50 °С.*

*Ключевые слова: галловая кислота, витамин В<sub>12</sub>, аквакобаламин, кобаламины, кинетика.*

Галловая (3,4,5-тригидроксибензойная) кислота – одна из наиболее распространенных фенольных кислот в растительном мире. Она содержится во многих фруктах, ягодах, различных видах чая в свободном состоянии и в составе более сложных молекул, например галлотанинов [1].

Кобаламины (витамин В<sub>12</sub>) образуют большую группу биологически активных комплексов кобальта. Они участвуют во многих процессах, протекающих в организме человека, и являются важными пищевыми и кормовыми добавками [2]. Стабильность витамина В<sub>12</sub> зависит от состава пищевой системы, в частности от природы и концентрации добавок окислителей и восстановителей.

В настоящей работе спектрофотометрическим методом изучена кинетика реакции галловой кислоты с аквакобаламином в водных растворах (рН 4.3–7.0) в интервале температур 25–50 °С. Установлено, что в анаэробных условиях реакция сопровождается образованием коб(II)аламина, модификация корринового лиганда не протекает. В аэробных условиях, однако, после восстановления аквакобаламина наблюдается образование так называемых стабильных желтых корриноидов, что указывает на изменение структуры лиганда. На конечных стадиях процесса происходит разложение лиганда, сопровождающееся обесцвечиванием раствора. Эти процессы ускоряются в присутствии более реакционноспособного окислителя – пероксида водорода. Определены кинетические параметры отдельных стадий процесса в системах галловая кислота – аквакобаламин – кислород и галловая кислота – аквакобаламин – пероксид водорода. Сделан вывод о том, что для модификации корринового лиганда необходимо совместное присутствие окислителя и восстановителя в водных растворах, т.е. предварительное восстановление аквакобаламина до коб(II)аламина.

### **Список литературы**

1. D. Wianowska, M. Olszowy-Tomczyk // *Molecules*. 2023. V. 28. No. 3. 1186.
2. I.A. Dereven'kov, D.S. Salnikov, R. Silaghi-Dumitrescu, S.V. Makarov, O.I. Koifman // *Coord. Chem. Rev.* 2016. V. 309. P. 68.

УДК 661.682

## ПОЛУЧЕНИЕ ПОРИСТЫХ КРЕМНЕЗЕМНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗОМ В ПРИСУТСТВИИ СТРУКТУРОУПРАВЛЯЮЩИХ АГЕНТОВ

**Ковехова А.В., Арефьева О.Д., Грибова В.В., Гришин Д.А.**

*Дальневосточный федеральный университет  
690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10; email: kovekhova.av@dvfu.ru*

*Получены пористые кремнеземные материалы на основе аморфного диоксида кремния из рисовой шелухи и полиэтиленгликоля-6000 в качестве структуроуправляющего агента.*

*Ключевые слова: рисовая шелуха, аморфный диоксид кремния, темплатный синтез, пористые материалы, полиэтиленгликоль.*

Использование сельскохозяйственных ресурсов способствует образованию большого количества отходов, которые ежегодно накапливаются на зерноперерабатывающих производствах и наносят ущерб окружающей среде. В последние годы повысился интерес к отходам сельского хозяйства, как к перспективному сырью для получения многофункциональных материалов, полезных человеку. Направление и эффективность использования пористых материалов определяются их текстурными характеристиками. В настоящее время для получения пористых материалов используется темплатный синтез (ТС).

Цель работы – исследование свойств кремнеземного материала, полученного из аморфного диоксида кремния в присутствии полиэтиленгликоля-6000.

В качестве объекта исследования использовали аморфный кремнезем, полученный из рисовой шелухи (РШ). Для увеличения чистоты кремнезем растворяли в минимальном объеме 1.0 М раствора гидроксида натрия и осаждали концентрированным раствором соляной кислоты при pH 6. Полученные после очистки образцы аморфного диоксида кремния использовали для темплатного синтеза. Растворы полиэтиленгликоля (ПЭГ) готовили таким образом, чтобы его концентрация во время синтеза составляла 10, 20 и 30 ммоль/л соответственно. Растворы кремнезема для ТС готовили растворением 2 г SiO<sub>2</sub> в 25 мл NaOH (1 М) при 90 °С. Далее к ним добавляли растворы ПЭГ при постоянном перемешивании, значение pH доводили до 6 и оставляли перемешиваться в течение 1 ч при комнатной температуре. Образовавшуюся суспензию «старили» в течение суток, отфильтровывали и обжигали в течение 3 ч в муфельной печи при 600 °С.

Рентгенофазовый анализ образцов проводили по методу Брегг-Брентано в Cu K $\alpha$ -излучении на дифрактометре Bruker D8 Advance (Германия). Термограммы записывали с помощью термогравиметрического анализатора Shimadzu DTG-60H (Япония) при температуре 25–800 °С со скоростью нагрева 20 град/мин. Сорбционную активность полученных материалов исследовали по метиленовому синему.

По данным рентгенофазового анализа полученный из плодовых оболочек риса образец диоксида кремния находится в аморфном состоянии. Термогравиметрический анализ показал, что содержание ПЭГ в композитах составляет 9–12%. Образцы, полученные из растворов с концентрацией ПЭГ 10 и 20 ммоль/л, обладают большей сорбционной активностью по МС, чем исходный аморфный диоксид кремния.

УДК 544.723.21

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ РАСТВОРЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ СОРБЕНТАМИ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Ковехова А.В., Арефьева О.Д., Петрова С.Э., Пустовойт К.Д.

*Дальневосточный федеральный университет  
690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10; email: kovekhova.av@dvfu.ru*

*Исследовано извлечение растворенных нефтепродуктов сорбентами, полученными из отходов сельскохозяйственных культур – шелухи риса и подсолнечника. Изучены их физико-химические характеристики.*

*Ключевые слова: рисовая шелуха, подсолнечная шелуха, растворенные нефтепродукты.*

Негативное воздействие компонентов нефти и нефтепродуктов на окружающую среду широко известно, так как нефть и продукты ее переработки – одни из доминирующих поллютантов, попадающие в объекты окружающей природной среды. Нефтедержащие сточные воды могут поступать во внутренние водоемы (реки, озера), являющиеся источниками питьевого водоснабжения. Поэтому актуальной остается проблема очистки загрязненных вод, например с помощью сорбентов.

Цель работы – исследовать извлечение растворенных нефтепродуктов сорбентами, полученными из отходов сельскохозяйственных культур.

В качестве объекта исследования использовали сорбенты из плодовых оболочек (шелухи, лузги) подсолнечника и риса.

Образцы сорбентов получали сжиганием шелухи при недостатке кислорода [1]. Предварительно проводили обработку сырья водой при 90 °С в течение 1 ч с перемешиванием на верхнеприводной мешалке с трехлопастным пропеллером. Объемное соотношение Т:Ж составляло 1:13.

В работе дана сравнительная характеристика образцов по физико-химическим показателям – насыпной плотности, значению рН водной вытяжки, содержанию водорастворимых веществ, зольности и точки нулевого заряда. Адсорбционную активность полученных материалов определяли по метиленовому синему, метиловому оранжевому и йоду. Было показано, что все изученные характеристики зависят от вида и способа подготовки сорбентов.

Извлечение растворенных в воде нефтепродуктов изучали на модельном растворе, который готовили эмульгируя 150 мл нефти сорта ESPO (ВСТО) в 9850 мл дистиллированной воды в течение 15 мин, далее смесь выдерживали пять суток (раз в сутки перемешивали). Верхний слой нефти отделяли, раствор фильтровали через фильтр «синяя лента».

Обработка кинетических данных по моделям псевдо-первого, псевдо-второго порядков, Еловича и Морриса-Вебера показала, что процесс сорбции лимитируется взаимодействием с неоднородной поверхностью сорбентов.

### Список литературы

1. P.M. Arnal // MethodsX. 2015. V. 2. P. 198.

УДК 676.264.023.1

## СРАВНЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЛЕННОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЛИСТВЕННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ЭВКАЛИПТА И ИЗ СМЕСИ БЕРЕЗЫ И ОСИНЫ

**Кокшаров А.В., Якимов С.А., Белых Е.В.**

*Группа «Илим»*

*165651, г. Коряжма, ул. Дыбцына, 42; email: alvkoksharov@gmail.com*

*Был проведен сравнительный анализ беленой сульфатной лиственной целлюлозы из эвкалипта и беленой сульфатной лиственной целлюлозы из смеси осины и березы. Эвкалиптовая целлюлоза легче размалывается, более пористая и содержит меньше экстрактивных веществ. Целлюлоза из смеси осины и березы более прочная, с более высокой длиной волокна, чем эвкалиптовая.*

*Ключевые слова: эвкалипт, береза, осина, физико-механические показатели.*

Несмотря на то, что физико-химические свойства сульфатной лиственной целлюлозы из эвкалипта достаточно подробно изучены [1], интересно сравнить их со свойствами сульфатной лиственной целлюлозы из смеси осины и березы, которая производится в нашей стране. Были проведены исследования по сравнению физико-механических показателей беленой сульфатной лиственной целлюлозы из эвкалипта и беленой сульфатной лиственной целлюлозы из смеси осины и березы.

Физико-механические показатели беленой лиственной сульфатной целлюлозы  
из эвкалипта и смеси осины и березы

Показатель	Эвкалипт (100%)			Осина (70%) и береза (30%)		
	16.5	20	28	15.0	19.5	30.0
Степень помола, °ШР	16.5	20	28	15.0	19.5	30.0
Время размола, сек	0	48	95	0	87	171
Длина волокна L <sub>w</sub> , мм	0.86			1.06		
Пористость метод Гарлей, с	1.45	2.84	6.05	2.67	17.8	99.2
Разрывная длина, км	1.84	4.41	5.93	2.08	7.16	8.44
Продавливание, кПа	72.2	240	333	75.0	339	446
Смола, %	0.11			0.17		
Раздирание, мН	153	513	579	254	629	592
ч.д.п	1	27	162	2	399	991

Как видно из таблицы, у эвкалиптовой целлюлозы хуже показатели прочности, но она легче размалывается, более пористая и содержит смолы меньше, чем лиственная целлюлоза из смеси осины и березы. То есть при производстве бумаги из эвкалиптовой целлюлозы потребуется меньше энергии для размола, ее предпочтительнее применять для бумаги, требующей дальнейшей пропитки, и при ее использовании будет меньше смоляных затруднений. Тогда как целлюлозу из смеси березы и осины лучше применять для производства прочных бумаг.

### **Список литературы**

1. L.D. Shackford // Comparison of Pulping and Bleaching of Kraft Softwood and Eucalyptus Pulp, 36 International Pulp and Paper Congress and Exhibition. October 13–16, 2003, Sao Paulo, Brasil.

УДК 547.562.4

## СИНТЕЗ НОВЫХ АРИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ИЗОБОРНИЛФЕНОЛОВ ПО РЕАКЦИИ СУЗУКИ

**Колегова Т.А., Гурьева Я.А., Чукичева И.Ю.**

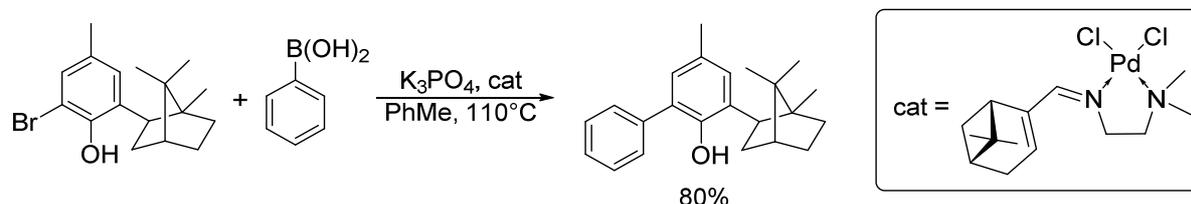
*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: tatyana.kolegova.89@mail.ru*

*С целью получения новых арильных производных терпенофенолов исследовано кросс-сочетание соответствующих бромзамещенных изоборнилфенолов с арилборными кислотами в условиях реакции Сузуки. В качестве катализаторов исследовались комплексы палладия с терпеновыми N-донорными лигандами. Установлены наиболее оптимальные реагенты и условия проведения реакции.*

*Ключевые слова: бром- и арилпроизводные изоборнилфенолов, комплексы палладия(II), реакция Сузуки.*

Реакция кросс-сочетания Сузуки-Мияуры имеет большое значение в органической и медицинской химии и находит широкое применение для синтеза биологически активных биарилов [1]. Как доказательство – наличие бифенильного фрагмента в различных одобренных лекарственных средствах (например, лозартан – препарат для лечения высокого кровяного давления [2]; абемациклиб – для лечения рака молочной железы [3]). Широкие возможности для получения С–С связей, нетоксичность, устойчивость к различным функциональным группам, воздухо- и влагостойкость, а также простота синтеза сделали реакцию Сузуки-Мияуры лучшей для исследования взаимосвязи «структура–активность» в области разработки лекарств.

Полученные нами ранее бромпроизводные [4] были использованы в качестве исходных соединений для синтеза новых арилзамещенных изоборнилфенолов. Кросс-сочетание бромпроизводных изоборнилфенолов с арилборными кислотами проводили в условиях палладий-катализируемой реакции Сузуки. Комплексы палладия с терпеновыми N-донорными лигандами исследованы ранее [5]. В качестве примера приведен наиболее оптимальный вариант изученных реакций:



*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (гос. задание № 122040600073-3).*

### Список литературы

1. M.J. Buskes, M.-J. Blanco // *Molecules*. 2020. V. 25. No. 15. P. 3493.
2. G. Bhardwaj // *Expert Opin. Drug Discov.* 2006. V. 1. P. 609
3. S.P. Corona, D. Generali // *Drug Des. Dev. Ther.* 2018. No. 12. P. 321.
4. Т.А. Колегова, И.Ю. Чукичева, О.Г. Шевченко, А.В. Кучин // *Журнал общей химии*. 2023. Т. 93. № 8. С. 1190.
5. Y.A. Gur'eva, P.A. Slepukhin, A.V. Kuchin // *Inorganica Chim. Acta*. 2019. V. 486. P. 602.

УДК 579.61

## ТЕРПЕНЫ И ТЕРПЕНОИДЫ КАК ПОТЕНЦИАТОРЫ АНТИМИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Колесникова А.И.<sup>1</sup>, Гильфанов И.Р.<sup>1</sup>, Байдамшина Д.Р.<sup>1</sup>, Ядыкова Л.Л.<sup>1</sup>,  
Никитина Л.Е.<sup>2</sup>, Каюмов А.Р.<sup>1</sup>, Тризна Е.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет  
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18; email: kolesnikova.ai337@gmail.com

<sup>2</sup>Казанский государственный медицинский университет  
420012, г. Казань, ул. Бутлерова, 49

Установлено, что (+)-3 $\beta$ ,4 $\beta$ -карандиол повышает эффективность антибиотиков в отношении *S. aureus*, а конъюгаты аминотерпеноидов и моксифлоксацина обладают высокой противомикробной активностью в отношении *S. aureus*.

Ключевые слова: терпены, антимикробные препараты, антибиотикорезистентность, конъюгаты, *Staphylococcus aureus*.

В связи с распространением устойчивости к антибиотикам у бактерий все более актуальным становится применение комбинированной терапии с подходящими адьювантами, которые способствуют снижению действующих концентраций веществ.

Терпены и их производные – терпеноиды, способны нарушать структуру и состав мембран клеток, что приводит к изменению в метаболизме микроорганизма и его гибели, что делает эти соединения перспективными кандидатами для комплексной терапии бактериальных инфекций.

Исследована антимикробная активность 57 природных и синтетических терпенов и терпеноидов в отношении *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Candida albicans*. Обнаружена низкая противомикробная активность веществ в отношении всех исследуемых бактерий, кроме абиетиновой кислоты, которая проявляла наибольшее противомикробное действие в отношении *S. aureus* (МПК составила 16 мкг/мл).

Исследована способность терпенов и терпеноидов к потенцированию противомикробных препаратов: амикацина, мирамистина, цефтриаксона, ципрофлоксацина и флуконазола. Было показано повышение эффективности противомикробных препаратов в присутствии терпенов, однако эффект зависел от выбранных препаратов и штамма. (+)-3 $\beta$ ,4 $\beta$ -Карандиол проявлял синергизм со всеми исследуемыми классами противомикробных препаратов в отношении золотистого стафилококка.

Оценка противомикробной активности конъюгатов аминотерпеноидов и моксифлоксацина (F1–F4) показала эффективность вещества F3 в отношении золотистого стафилококка и его способность проникать практически во все слои его зрелой биопленки и клеток в ее составе.

Таким образом, комбинирование природных терпенов и синтетических терпеноидов с противомикробными и противогрибковыми препаратами способно повышать их эффективность, а созданные на их основе конъюгаты оказывают сильное противомикробное действие.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности. Проект № FZSM-2022-0017.

УДК 57.04

**ПРОИЗВОДНЫЕ ПЯТИЧЛЕННЫХ О- И N-ГЕТЕРОЦИКЛОВ  
ДЛЯ УДАЛЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ  
ГРИБКОВОГО ОБРАСТАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

**Колышкина С.В.<sup>1</sup>, Новичихина Д.А.<sup>1</sup>, Тризна Е.Ю.<sup>1</sup>, Лисовская С.А.<sup>2</sup>,  
Хабибрахманова А.М.<sup>1</sup>, Латыпова Л.З.<sup>1</sup>, Курбангалиева А.Р.<sup>1</sup>, Каюмов А.Р.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет  
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18; email: milogreen1009@gmail.com

<sup>2</sup>Казанский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии  
420015, г. Казань, ул. Большая Красная, 67

*Плесневые грибы способны оказывать негативное воздействие на здоровье человека. В работе были отобраны шесть производных фуранона, которые проявили наибольший фунгицидный эффект в отношении патогенных микромицетов.*

*Ключевые слова: плесневые грибы, фунгициды, 2(5H)-фураноны, 3-пирролин-2-оны, строительные материалы, обработка поверхностей.*

Повышенная влажность в помещении в сочетании с использованием строительных материалов на биологической основе может легко способствовать росту плесени и распространению их спор в помещении. Наиболее распространенные плесневые грибы, встречающиеся на поверхностях, а в частности на строительных материалах, относятся к родам *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Mucor* и *Stachybotrys*.

Воздействие плесени в зданиях широко признано пагубным фактором развития симптоматических аллергий и респираторных заболеваний, таких как астма. Среди грибов некоторые виды могут оказывать негативное воздействие на здоровье человека через контакт с кожей, например меланизированные черные грибы.

На сегодняшний день устойчивость грибов к новым методам очистки и обработки различных поверхностей способствует новым возможностям для их роста. В связи с этим цель работы – оценка эффективности новых производных фуранона и пирролинона к удалению и предотвращению грибкового обрастания поверхностей.

Исследуемые соединения представляют собой пятичленные О- и N-гетероциклы ряда 2(5H)-фуранона и 3-пирролин-2-она, производные которых проявляют широкий спектр биологической активности, включая антибактериальную, противогрибковую, противовирусную, и могут использоваться в качестве эффективных средств в фармакологии.

В работе исследовали противогрибковую активность 250 соединений в отношении микромицетов-колонизаторов поверхностей, таких как *Aspergillus niger*, *Fusarium solani*, *Penicillium funiculosum*, *Mucor* и *Alternaria alternata*. В результате было отобрано 35 производных ряда 2(5H)-фуранона и 3-пирролин-2-она, показавших наибольшую активность в отношении исследуемых микромицетов. На следующем этапе была проведена оценка цитотоксичности соединений. Наименьший цитотоксический эффект показали шесть веществ, которые представляют интерес в качестве потенциальных фунгицидных препаратов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 23-73-10182).*

УДК 547.317:543.429.23

## ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ *STEVIA REBAUDIANA* С ЙОДОМ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ

Конкина И.Г.<sup>1</sup>, Мулюкова С.М.<sup>2</sup>, Шитикова О.В.<sup>2</sup>, Иванов С.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уфимский институт химии УФИЦ РАН

450054, г. Уфа, просп. Октября, 71; email: irkonk@anrb.ru

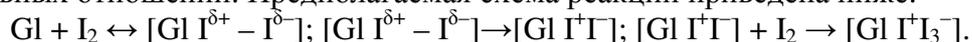
<sup>2</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет

450000, г. Уфа, ул. Первомайская, 14

*Методом электронной спектrophотометрии изучено взаимодействие дитерпеновых гликозидов Stevia rebaudiana с йодом в водных растворах.  $K_{обр}$  ассоциата йода со стевииозидом составила величину  $105 \pm 4 \text{ M}^{-1}$ ,  $K_{обр}$  с ребаудиозидом А –  $140 \pm 6 \text{ M}^{-1}$ . Ключевые слова: стевииолгликозиды, йод, водные растворы, константы образования, спектrophотометрия.*

Гликозиды (Gl) дитерпен-стевииола (энт-13-гидроксикаур-16-ен-19-оевой кислоты) стевииозид (St) и ребаудиозид А (ReA) являются главными составляющими листьев *Stevia rebaudiana* и представляют значительный интерес для пищевой и фармацевтической промышленности [1, 2].

Взаимодействие гликозидов с йодом в разбавленных водных растворах было исследовано методом электронной спектроскопии. Водные растворы йода имеют полосы поглощения с максимумами 287 и 352 нм – полосы переноса заряда в трийодид-ионах, возникающих в результате взаимодействия йода с водой и кислородом, и полосу с максимумом 460 нм, которая непосредственно относится к электронным переходам в молекуле йода. В присутствии гликозидов интенсивность полос трийодид-иона значительно увеличивается, а интенсивность полосы молекулярного йода уменьшается. Это характерно для образования комплексов йода с переносом заряда. Состав 1:1 образующихся в данных условиях ионных ассоциатов Gl–I<sub>2</sub> был определен по данным серий мольных отношений. Предполагаемая схема реакции приведена ниже:



Константы образования ассоциатов были вычислены на основании следующих уравнений:  $K_{обр} = [\text{Gl I}^{\delta+} - \text{I}^{\delta-}] / [\text{I}_2] \cdot [\text{Gl}]$ ;  $[\text{I}_2]_{\text{eq}} = [\text{I}_2]_0[(\text{Abs})_{\text{eq}}/(\text{Abs})_0]$ .

Вычисленная в серии измерений константа образования  $[\text{StI}^+\text{I}^-]$  составила среднюю величину  $105 \pm 4 \text{ M}^{-1}$ .  $K_{обр}$  ассоциата йода с другим гликозидом стевии – ребаудиозидом А, оказалась несколько выше –  $K_{обр} = 140 \pm 6 \text{ M}^{-1}$ .

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования (№ 123011300044-5) с использованием оборудования ЦКП «Химия» УФИХ УФИЦ РАН и РЦКП «Агидель» УФИЦ РАН.*

### Список литературы

1. А.М. Orellana-Paucar // *Molecules*. 2023. V. 28. No. 3. 1258.
2. Ф.Х. Камиллов, И.Г. Конкина, В.Н. Козлов, Т.И. Ганеев, Л.А. Бадыкова, А.Н. Крячко // *Вопросы питания*. 2022. Т. 91. № 6. С. 110.

УДК 655.58

**НОВАЯ СТРУКТУРА СТАТЕЙ ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ И МЕДИЦИНСКОЙ  
ХИМИИ, ХИМИИ ПРИРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И БИОПОЛИМЕРОВ  
И УСЛОВИЯ БЫСТРОЙ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ  
«ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК. СЕРИЯ ХИМИЧЕСКАЯ»  
(RUSSIAN CHEMICAL BULLETIN)**

**Коннова Г.Н.**

*Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук  
119991, г. Москва, Ленинский просп., 47; email: izvan@ioc.ac.ru*

*В докладе представлена информация об основных требованиях, которые журнал предъявляет к рукописям для быстрой публикации.*

*Ключевые слова: структура статей, сроки публикации, медицинская химия, химия природных соединений и биополимеров.*

Журнал издается на русском и английском языках. Издателем английской версии остается издательство Springer and Business Media LLC. Журнал выходит в электронном и печатном виде. Электронная русскоязычная версия доступна на сайте e-library ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)), англоязычная – на сайте Springer (<http://link.springer.com/journal/11172>). Ежегодно публикуется не менее 350 статей из 130 российских и зарубежных научных центров. Журнал включен в список ВАК, индексируется и реферируется ведущими реферативными журналами, в том числе Science Citation Index, SCOPUS, ChemWeb и др. Импакт-фактор составляет 1.7.

В журнале публикуются обзоры, аналитические и исследовательские статьи, а также краткие сообщения. Тематика журнала охватывает все направления химической науки и смежных областей, в том числе органическую химию, химию гетероциклических соединений, химию природных соединений и их аналогов, биополимеров, медицинскую химию и химию материалов, современные каталитические и физико-химические методы синтеза. В 2023–2024 гг. в журнале были опубликованы статьи по следующим направлениям: «Состав, структура, химические свойства низкомолекулярных компонентов растительного сырья; синтез аналогов и производных природных соединений и их биологическая активность» (см., например, [1–9]); «Выделение, направленный синтез, модификация, физико-химические и структурные исследования, биологическая активность биополимеров» (см., например, [10]).

Журнал не публикует статьи, не содержащие результаты химических исследований, а посвященные проблемам исключительно молекулярной биологии, организации и проведению доклинических и клинических исследований, таргетной терапии, трансляционным исследованиям и фармацевтике, а также результаты изучения биологических и терапевтических свойств известных соединений. Журнал не публикует данные по биоактивности химических соединений, полученные исключительно с помощью общедоступных компьютерных программ (например, PASS, Swiss-ADME и Gusaq и др.), которые предназначены для предварительной оценки вероятности проявления как требуемой активности, так и возможных побочных эффектов с целью сокращения круга синтезируемых и экспериментально исследуемых соединений. Такого рода оценочные данные могут в очень кратком виде сопровождать публикацию новых экспериментальных данных, но не могут служить предметом отдельной публикации.

С 2023 г. в публикациях перед списком литературы приводятся разделы «Благодарности» (если есть), «Финансирование», «Соблюдение этических норм», «Конфликт интересов». Правила и примеры оформления новых разделов размещены на сайте журнала: <http://www.russchembull.ru>.

### *Список литературы*

1. О.Х. Каримов, А.С. Медведева, Э.Х. Каримов, Э.М. Мовсумзаде, В.Р. Флид // Изв. АН. Сер. хим. 2023. Т. 72. № 9. С. 1967.
2. О.Г. Шевченко, Е.В. Буравлев // Изв. АН. Сер. хим. 2023. Т. 72. № 9. С. 1972.
3. Л.Х. Файзуллина, Ю.С. Галимова, Ш.М. Салихов, Ф.А. Валеев // Изв. АН. Сер. хим. 2023. Т. 72. № 10. С. 2411.
4. Л.Х. Файзуллина, Ю.С. Галимова, Ш.М. Салихов, Ф.А. Валеев // Изв. АН. Сер. хим. 2023. Т. 72. № 10. С. 2418.
5. А.В. Степанов, В.В. Веселовский // Изв. АН. Сер. хим. 2023. Т. 72. № 11. С. 2759.
6. А.А. Суханова, М.А. Презент, А.Н. Фахрутдинов, И.В. Заварзин // Изв. АН. Сер. хим. 2024. Т. 73. № 5. С. 1394.
7. Р.А. Туктарова, Л.У. Джемилева, У.М. Джемилев, В.А. Дьяконов // Изв. АН. Сер. хим. 2024. Т. 73. № 5. С. 1408.
8. П.И. Абронина, Н.Н. Малышева, А.И. Зинин, Н.Г. Колотыркина, Л.О. Кононов // Изв. АН. Сер. хим. 2024. Т. 73. № 5. С. 1417.
9. А.А. Суханова, М.А. Презент, А.Н. Фахрутдинов, И.В. Заварзин // Изв. АН. Сер. хим. 2024. Т. 73. № 5. С. 1469.
10. В.А. Дубских, А.А. Лысова, Д.Г. Самсоненко, К.А. Коваленко, Д.Н. Дыбцев, В.П. Федин // Изв. АН. Сер. хим. 2023. Т. 72. № 11. С. 2649.

УДК 542.951: 547.455

**СИНТЕЗ АРИГЛИКОЗИДОВ В УСЛОВИЯХ МЕЖФАЗНОГО КАТАЛИЗА:  
ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ И СПОСОБА СМЕШЕНИЯ****Кононов Л.О.**

*Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук  
119991, г. Москва, Ленинский просп., 47; email: leonid.kononov@gmail.com*

*Результат гликозилирования фенолов сиалилхлоридами в условиях межфазного катализа зависит от концентрации реагентов, способа их смешения и (в микрофлюидных условиях) от режима течения потока.*

*Ключевые слова: аригликозиды, гликозилирование, межфазный катализ, микрофлюидика, супрамеры.*

Аригликозиды (гликозиды фенолов) – природные соединения, присутствующие в различных растениях. Эти соединения часто обладают высокой биологической активностью и потенциально пригодны для применения в медицинской практике. Интерес к химическому синтезу аригликозидов связан с трудностью их выделения в чистом виде из экстрактов растительного сырья. Одним из подходов к их синтезу основан на реакции гликозилирования фенолов в условиях межфазного катализа (МФК), которая обычно протекает с высокой стереоселективностью по  $S_N2$ -подобному маршруту [1].

В ходе наших исследований [2, 3] возможности использования сиалилхлоридов в непрототируемом гликозилировании модельных фенолов в условиях МФК (в колбе и в микрофлюидных условиях) была обнаружена необычная чувствительность выхода арилсиалоидов (10–66%) и стереоселективности реакции ( $\alpha:\beta = 0.9:1-32:1$ ) не только к природе электрофила/нуклеофила, но и к концентрации реагентов (5–200 ммоль/л) и скорости потока (2–1000 мкл/мин), а также типу используемого миксера. Для рационального объяснения *всей* совокупности фактов мы были вынуждены предположить, что эта реакция протекает по  $S_N1$ -подобному маршруту (через гликозил-катион), а стереохимический результат определяется исключительно презентацией молекул сиалилхлорида на поверхности супрамеров (см. обзоры [4, 5]), которая модулируется концентрацией и способом смешения реагентов, а также (в микрофлюидных условиях) режимом течения потока (см. обзор [6]).

**Список литературы**

1. R. Roy, F.D. Tropper, S. Cao, J.M. Kim. Anomeric group transformations under phase-transfer catalysis // Phase-Transfer Catalysis (Ed. M. Halpern). Washington, DC: American Chemical Society, 1997. P. 163.
2. I.V. Myachin, Z.Z. Mamirgova, E.V. Stepanova, A.I. Zinin, A.O. Chizhov, L.O. Kononov // Eur. J. Org. Chem. 2022. V. 2022. No. 14. С. e202101377.
3. I.V. Myachin, L.O. Kononov // Catalysts. 2023. V. 13. No. 2. P. 313.
4. L.O. Kononov // RSC Adv. 2015. V. 5. No. 58. P. 46718.
5. M. Sedlák // Front. Soft Matter. 2023. V. 3. P. 1225709.
6. I.V. Myachin, L.O. Kononov // Inventions. 2023. V. 8. No. 5. P. 128.

УДК 547.458.8

## ПОЛУЧЕНИЕ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ПРОДУКТОВ НА ЕЕ ОСНОВЕ ЭКСТРУЗИОННЫМ МЕТОДОМ

**Коньшин В.В.<sup>1</sup>, Афаньков А.Н.<sup>1</sup>, Серских И.А.<sup>1</sup>, Воробьева Е.А.<sup>1</sup>,  
Гущина Е.Н.<sup>1</sup>, Ефанов М.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»  
656038, г. Барнаул, просп. Ленина, 46; email: v-konshin@mail.ru

<sup>2</sup>ООО «МИП “Югра-Биотехнологии”»  
628011, г. Ханты-Мансийск, ул. Студенческая, 27; email: maxxas07@yandex.ru

*Разработана экструзионная технология получения микрокристаллической целлюлозы со степенью кристалличности до 72% и размерами кристаллитов до 3.5 нм из однолетних растений.*

*Ключевые слова: микрокристаллическая целлюлоза, экструзионная технология, солома пшеницы, лузга подсолнечника, шелуха овса, степень кристалличности.*

Микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ) в настоящее время является одним из важных объектов, имеющим широкое практическое применение в различных областях [1]. Основными производителями и поставщиками данного продукта являются Китай, Индия, США. В России МКЦ в промышленных масштабах на данный момент не получают, имеются лишь небольшие опытные производства.

Ввиду отсутствия в стране хлопковой целлюлозы рассматриваются способы получения МКЦ из древесины, однолетних растений и их отходов. Нами предлагается технология получения МКЦ с использованием одношнекового экструдера из побочных продуктов сельского хозяйства: соломы пшеницы, лузги подсолнечника и шелухи овса. В ходе проведенных испытаний подобраны оптимальные условия получения МКЦ: температура рабочей зоны экструдера – 100–150 °С, влажность сырья – 10–30%, концентрация NaOH – 0–20%, время нахождения сырья в рабочей зоне – до 2 мин. Физико-химические характеристики МКЦ и материалов на ее основе изучены методами ИК-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа.

В полученных образцах наблюдаются высоко интенсивная полоса в области 1375 см<sup>-1</sup> (область кристалличности целлюлозы) и низко интенсивная полоса 900 см<sup>-1</sup> (область аморфности целлюлозы), что свидетельствует о высокой степени кристалличности получаемых образцов. Следует отметить, что для получения продуктов с высокой степенью кристалличности (до 72%) рекомендуется в качестве сырья использовать лузгу подсолнечника или соломы пшеницы. Для получения продуктов с невысокой степенью кристалличности (55–60 %) рекомендуется использовать шелуху овса.

Выход полученных порошкообразных материалов составляет 40–65% в зависимости от используемого сырья. Результаты рентгеноструктурного анализа показывают, что получаемые образцы МКЦ имеют степень кристалличности до 72% с размерами кристаллитов до 3.5 нм.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям, программа «УМНИК», договор № 18268ГУ/2022 от 26.12.2022.*

### Список литературы

1. С.А. Аутлов, Н.Г. Базарнова, Е.Ю. Кушнир // Химия растительного сырья. 2013. № 3. С. 33.

УДК 665.947.4:54.056

## ДЕПОЛИМЕРИЗАЦИЯ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА В ВОДНО-ЭТАНОЛЬНЫХ СМЕСЯХ В ПРИСУТСТВИИ КИСЛОТЫ ИЛИ ОСНОВАНИЯ

**Корогаева А.М.<sup>1,2</sup>, Богдан Т.В.<sup>1,3</sup>, Скиба М.А.<sup>1,2</sup>, Мащенко Н.В.<sup>1</sup>, Богдан В.И.<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>ФГБУНВО «Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН»  
119991, г. Москва, Ленинский просп., 47; email vibogdan@gmail.com

<sup>2</sup>ФГБУНВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»  
125047, г. Москва, Миусская пл., 9

<sup>3</sup>ФГБОУ «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»  
119991, г. Москва, Ленинские горы, 1/3

*Проведена деполимеризация гидролизного лигнина при температуре 250 °С в водно-этанольной среде при концентрации этанола 7, 51 и 95 масс.% в присутствии добавок кислоты или щелочи.*

*Ключевые слова: лигнин, деполимеризация, водно-этанольные растворы, варьирование кислотности/основности среды, суб- и сверхкритические условия.*

Лигнин – нерегулярный природный полимер, представляющий интерес как источник возобновляемого природного сырья для синтеза ценных продуктов: фенолов, спиртов, эфиров, карбоновых кислот, углеводов. Цель работы – установление закономерностей химической трансформации лигнина в водно-этанольной среде в суб- и сверхкритических условиях, в том числе в присутствии кислот и оснований. В качестве объекта для экспериментальных исследований был выбран лигнин гидролизный. Для создания кислотной среды в экстрагент добавляли щавелевую кислоту (0.1 М). Для создания щелочной среды добавляли гидроксид натрия (0.1 М).

Эксперименты по деполимеризации лигнина проводили в автоклаве. В автоклав помещали навеску предварительно растертого лигнина и добавляли необходимое количество водно-этанольной смеси с добавками кислоты или основания или без них, после чего заполняли аргоном до достижения давления 4 МПа. Затем вели обработку при температуре 250 °С при перемешивании со скоростью 600 об/мин в течение 1 ч. Получившийся раствор фильтровали на воронке Бюхнера под вакуумом. Нерастворенный остаток лигнина сушили в сушильном шкафу в течение 6 ч при температуре 60 °С. Затем остаток взвешивали и по разнице рассчитывали концентрацию получившихся растворов.

Проведено несколько серий экспериментов, в которых варьировали кислотность/основность экстрагента и варьировали концентрацию этанола в смеси с водой. Без добавок кислоты или основания концентрация лигнина в экстракте варьируется от 1.0 до 4.2 г/л, в присутствии кислоты – от 2.8 до 8.3 г/л, в присутствии щелочи – от 9.4 до 10.4 г/л. При этом только для экстракции без добавок концентрация экстракта увеличивается с увеличением концентрации этанола. В присутствии кислоты или щелочи максимальное значение экстракции достигнуто для концентрации этанола 51 масс.%. Добавки щелочи приводят к более стабильному эффекту, практически не зависящему от изменения концентрации этанола. Полученные экстракты исследованы методом ИК-спектроскопии и гель-проникающей хроматографии (ГПХ). Характерный размер частиц по данным ГПХ составляет 1–4 нм.

УДК 636.033.086

## ПРОДУКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ КАК ИСТОЧНИК БАВ ДЛЯ ЖИВОТНОВОДСТВА

**Короткий В.П.<sup>1</sup>, Рыжов В.А.<sup>1</sup>, Буряков Н.П.<sup>2</sup>, Марисов С.С.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ООО Научно-технический центр «Химинвест»  
603001, г. Нижний Новгород, Нижне-Волжская наб., 6/1; email: himinvest@sandy.ru

<sup>2</sup>РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева  
127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

*Показано, что в кормах для животноводства целесообразно использование биологически активных веществ древесной зелени, особенно хвойных пород, вследствие высокого содержания незаменимых витаминов, микроэлементов и фитонцидов.*

*Ключевые слова: хвоя, легкоусвояемые корма, биологически активные вещества, перевариваемость.*

Леса играют ключевую роль в поддержании экологического равновесия и устойчивого развития всего живого, являются возобновляемым природным ресурсом, колоссальным источником сырья [1].

В последнее время актуален вопрос о комплексном использовании всей растительной биомассы, в том числе и кроны. Получение биологически активных веществ из древесной зелени хвойных пород позволит повысить рентабельность лесозаготовок и лесоперерабатывающих предприятий [2, 3].

ООО НТЦ «Химинвест» разработан целый ряд технологических схем переработки биомассы леса, в основном хвои сосны и ели, как сырья всесезонного и широко распространенного.

В 1 кг хвои содержится 250 мг каротина, до 1200 мг кальция и 320 мг железа. Кроме того, имеются витамины групп С, Е, К, Р, А и В, микроэлементы: медь, цинк, кобальт, фосфор, марганец и другие биологически активные вещества, необходимые для сельскохозяйственных животных и поступающие в организм только с кормом. Хвоя содержит фитонциды, вещества угнетающие микроорганизмы, поэтому ее применение благоприятно влияет на животных, избавляя от многих болезней. Она способна балансировать весь корм, делать его более усвояемым животными. Переваримость органических веществ свежей хвои достигает 80%. Это позволяет сделать вывод, что хвоя не только высокопитательный, но и легкоусвояемый корм [4].

Благодаря большому количеству витаминов и доступности их в зимнее время, когда других зеленых кормов недостаточно, хвоя может служить прекрасным средством восполнения рационов биологически активными веществами [5].

### **Список литературы**

1. Д. Дмитриев, М. Алексеев // ЛесПромИнформ. 2006. № 32. С. 8.
2. Е.М. Рунова, Б.И. Угрюмов // Химия растительного сырья. 1998. № 1. С. 57.
3. В.И. Ягодин, В.А. Выродов // Технология древесной зелени: Учебное пособие. СПб.: ЛТА., 1994. С. 92.
4. А.З. Рысьмятов, З.А. Рысьмятов // Земля сибирская, дальневосточная. 1985. № 1. С. 13.
5. В.П. Короткий, Л.И. Кузякина, В.А. Рыжов, А.Т. Мысик, Т.В. Лепёхина // Зоотехния. 2023. № 6. С. 21.

УДК 636.087.73; 636.2.034; 636.2:612.67

## ПРИМЕНЕНИЕ КОРМОВЫХ ДОБАВОК ИЗ ХВОИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СОСТОЯНИЯ КОРОВ И УВЕЛИЧЕНИЯ ИХ ПРОДУКТИВНОГО ДОЛГОЛЕТИЯ

**Короткий В.П.<sup>1</sup>, Усманова Е.Н.<sup>2</sup>, Кузякина Л.И.<sup>2</sup>, Мысик А.Т.<sup>3</sup>, Рыжов В.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ООО Научно-технический центр «Химинвест»

603001, г. Нижний Новгород, Нижне-Волжская наб., 6/1; email: himinvest@sandy.ru

<sup>2</sup>Вятский государственный агротехнологический университет

610017, г. Киров, Октябрьский просп., 133

<sup>3</sup>ФГБНУ ВНИИплем

141212, г. Пушкино, пос. Лесные Поляны, ул. Ленина, 13

*В статье приведены результаты опытов, показывающие положительное действие хвои на организм животных: уменьшается концентрация активных форм кислорода (АФК), улучшаются окислительные процессы, биохимические показатели крови, что способствует оздоровлению организма. Использование хвои и продуктов ее переработки может быть полезным ресурсом для улучшения здоровья животных и увеличения их продуктивного долголетия.*

*Ключевые слова: кормовые добавки, хвойно-энергетическая добавка, биохимические показатели крови, окислительные процессы, гипоксия, старение, долголетие.*

Животноводство во многих регионах России является экономически значимой отраслью АПК. В погоне за высокой прибылью в молочном скотоводстве используют технологии, основанные на безвыгульном содержании скота, интенсивном воспроизводстве, скармливании различных добавок синтетического и химического происхождения, которые повышают продуктивность и скорость роста. Естественно, это не могло не сказаться на здоровье животных и их долголетию.

Применяемые интенсивные технологии не всегда положительно сочетаются с биологическими потребностями животных. При этом нарушаются окислительные процессы, обмен веществ, организм быстрее изнашивается, стареет, появляются сопутствующие заболевания, которые приводят к преждевременному выбытию животных из стада. В настоящее время становится актуальным использование натуральных растительных кормовых добавок для улучшения показателей здоровья и увеличения продуктивного долголетия животных [1, 2].

В ходе исследований установлено положительное действие хвойной кормовой добавки на организм животных. При ее использовании уменьшается концентрация АФК, улучшаются окислительные процессы и биохимические показатели крови, тем самым происходит оздоровление организма. Использование хвои и продуктов ее переработки может быть полезным ресурсом для продления продуктивного долголетия животных и улучшения здоровья стада.

### Список литературы

1. В.П. Короткий., Н.В. Боголюбова, А.С. Зенкин, В.А. Рыжов // Сборник «Научное обеспечение развития животноводства в Российской Федерации». 2019. С. 243.
2. В.П. Короткий, Л.И. Кузякина, В.А. Рыжов, А.Т. Мысик, Т.В. Лепёхина // Зоотехния. 2023. № 6. С. 21.

УДК 544.03+547.598.5

## ПОЛИТЕРПЕНОВАЯ СМОЛА НА ОСНОВЕ $\beta$ -ПИНЕНА: ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА

**Коршунов А.О.<sup>1,2</sup>, Чернов И.Н.<sup>1,2</sup>, Лазарев М.А.<sup>1,2</sup>, Маркин А.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Управляющая компания Биохимического холдинга «Оргхим», АО  
603152, г. Нижний Новгород, ул. Белинского, 55а, пом. П24

<sup>2</sup>НИИ химии ФГАОУ ВО «Нижегородский университет им. Н.И. Лобачевского»  
603950, г. Нижний Новгород, просп. Гагарина, 2, к. 5; email: korshalexey@gmail.com

*Данная работа посвящена изучению теплофизических свойств политерпеновой смолы, полученной на основе  $\beta$ -пинена. Представлены результаты моделирования ректификации живичного скипидара с получением фракции  $\beta$ -пинена.*

*Ключевые слова: бета-пинен, поли( $\beta$ -пинен), полимеризация, дифференциально-сканирующая калориметрия, моделирование ректификации.*

Политерпеновые смолы являются одним из продуктов, получаемых в результате глубокой переработки скипидара путем его полимеризации в присутствии кислотных катализаторов, и широко используются в промышленности, в особенности за рубежом [1]. Достаточно хорошо изучены способы и свойства политерпеновых смол на основе  $\alpha$ -пинена [1], в тоже время среди отечественных производителей шин и каучуков возрастает спрос на политерпеновые смолы на основе  $\beta$ -пинена или поли( $\beta$ -пинен).

Поли( $\beta$ -пинен) довольно подробно рассмотрен в научных работах [2–4], однако стоит отметить, что характеристики и свойства полученных смол достаточно широко варьируются в зависимости от способа получения.

В связи с этим цель работы – изучение теплофизических свойств поли( $\beta$ -пинена), полученного в соответствии с модифицированным способом [5], методами термogrавиметрического анализа и дифференциально-сканирующей калориметрии.

В качестве исходного мономера для получения поли( $\beta$ -пинена) использовали как чистый (–)- $\beta$ -пинен (>95%), так и обогащенный (–)- $\beta$ -пином живичный скипидар (содержание  $\beta$ -пинена >20%).

В настоящем докладе также представлены результаты моделирования периодического режима работы установки ректификации «Инжехим» на АО «СЛХЗ» (г. Лесосибирск) с целью разделения живичного скипидара с получением фракции  $\beta$ -пинена с содержанием основного вещества более 95%.

### Список литературы

1. А.Б. Радбиль, Т.А. Журинова, Е.Б. Старостина, Б.А. Радбиль // Химия растительного сырья. 2004. № 4. С. 39.
2. N.A. Kukhta, I.V. Vasilenko, S.V. Kostjuk // Green Chemistry. 2011. V. 13. No. 9. P. 2362.
3. K. Satoh, A. Nakahara, K. Mukunoki, H. Sugiyama, H. Saito, M. Kamigaito // Polymer Chemistry. 2014. V. 5. No. 9. P. 3222.
4. A.S. Gaspar, J.B. Cordeiro, P.A. Simoes, D. Gameiro, F.A. Rocha, A.C. Serra, J.F.J. Coelho, A.C. Fonseca // International Journal of Adhesion and Adhesives. 2022. V. 114. 103111.
5. В.А. Смит, В.В. Туманов, А.В. Мирошниченко // Патент РФ № 2421496. Оpubл. 20.06.2011.

УДК 676.273.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВИДОВ РАСЧЕТНЫХ СЕТОК ПРИ МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ГОФРИРОВАННОГО КАРТОНА

Косарев И.А.

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова»*

*163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17*

*Исследование видов расчетных сеток при моделировании процесса торцевого сжатия изделий из гофрированного картона показало, что от типа сетки напрямую зависит качество получаемого приближенного решения.*

*Ключевые слова: расчетная сетка, математическое моделирование, гофрированный картон, аппроксимация.*

Гофрокартон – один из самых распространенных и экономичных материалов для упаковки и защиты товаров [1]. Он имеет высокий потенциал конструкционной прочности, который можно оценить с помощью испытаний как физических образцов, так и цифровых математических моделей [2].

При математическом моделировании критическое значение приобретает выбор вида расчетной сетки. Она представляет собой сетчатую структуру, используемую для дискретизации геометрии изделий и аппроксимации их механических свойств. Исследование тетраэдральных, гексаэдральных и гибридных сеток позволило определить баланс между точностью моделирования и вычислительной эффективностью. Результаты генерации сеток для цифровой модели изделия из гофрированного картона марки П32 с профилем ВС размерами 25×100 мм представлены в таблице.

Основные показатели при генерации расчетных сеток

Вид сетки	Тетраэдральная		Гексаэдральная		Гибридная	
	СТЕТРА(4)	СТЕТРА(10)	СНЕХА(8)	СНЕХА(20)	PLOTTET(4)	PLOTTET(10)
Тип элементов сетки						
Число элементов в сетке	585 318	585 318	60 300	60 300	405 670	405 670
Число узлов в сетке	189 629	1 154 335	113 373	402 156	131 911	801 451
Разница с эталонным значением, %	1.98	0.48	3.31	1.17	2.73	0.69

Результаты испытаний указывают на прямую зависимость между выбором расчетной сетки и точностью получаемых аппроксимаций.

*Исследование выполнено в рамках задачи из научно-квалификационной работы по теме: «Исследование и использование потенциала конструкционной прочности изделий из гофрированного картона».*

### Список литературы

1. В.С. Башмаков // Гофрокартон: технология производства и переработки. Ярославль: Индиго, 2016. 327 с.
2. В.Н. Ашихмин, М.Б. Гитман, И.Э. Келлер // Введение в математическое моделирование: учебное пособие. М.: Логос, 2020. 440 с.

УДК 677.014.82

**НАНОЦЕЛЛЮЛОЗА ИЗ ОТХОДОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ:  
НАДЕЖНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ДИЗАЙНА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ФАРМАЦИИ И МЕДИЦИНЫ****Котельникова Н.Е.***Институт высокомолекулярных соединений РАН  
199004, г. Санкт-Петербург, Большой просп., 31; email: nkotel@mail.ru*

*Наноцеллюлоза (НЦ) из отходов биомассы растительного и промышленного происхождения является конкурентным продуктом для НЦ, традиционно получаемой из высококачественных целлюлозных волокон. Лабильность надмолекулярной структуры НЦ позволяет ее использовать в качестве матрицы для получения биоактивных функциональных материалов.*

*Ключевые слова: наноцеллюлоза, отходы, биомасса, платформа, биоактивные материалы.*

Целлюлоза – практически неисчерпаемый природный полимер, отвечающий за структурные функции в растениях. Разрушение иерархической структуры целлюлозы механическими, химическими, комбинацией механических и химических или ферментативных процессов приводит к образованию целлюлозных нановолокон (CNF) или целлюлозных нанокристаллов (CNC), в совокупности называемых наноцеллюлозами. В настоящее время НЦ, используемую в коммерческих целях, получают из высококачественных волокнистых материалов, таких как древесная масса, растворимая целлюлоза и хлопок. Однако отходы биомассы также возможно использовать в качестве сырья для получения НЦ, пригодной для практических целей. Промышленные продукты, производимые в мебельном дизайне, полиграфическом и бумажном производстве, печати и упаковке, макулатура, пищевые отходы являются биомассой вторичного сырья, используемой для получения наноцеллюлозы.

Методы получения НЦ из растительной целлюлозы делятся на четыре категории: физические, химические, биологические и комбинированные. Выделение НЦ из различного нативного сырья требует наличия целлюлозного материала, получение которого является трудоемким, химически и экономически затратным, а также дорогостоящего механо-химического или биологического оборудования, использования концентрированных кислот при экстракции НЦ из целлюлозного сырья и экономических затрат на нейтрализацию и утилизацию отходов.

Альтернативный вариант – использование отходов макулатуры, являющейся источником лигноцеллюлозы для выделения НЦ, которое является экономически выгодным при наличии соответствующего ресурсосберегающего метода. Нами разработаны методы выделения порошковых целлюлоз из макулатуры и показано, что они могут быть успешно использованы в качестве платформы для получения биологически активных материалов. Так, были получены порошковые гибридные наноконпозиционные материалы из отходов макулатуры, содержащие восстановленное серебро, что позволило прогнозировать их использование как антибактериальных материалов. Были также синтезированы гибридные композиты гидрогелей целлюлозы с молекулами биологически активного природного циклического олигосахаридов  $\beta$ -циклодекстрина, имеющие лабильную морфологическую структуру, что является перспективным для их дальнейшей модификации.

УДК 547.458.81:54.056

**ДИЗАЙН ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УСТОЙЧИВЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ:  
ЦЕЛЛЮЛОЗА И  $\beta$ -ЦИКЛОДЕКСТРИН. КОМПОЗИТ ИЛИ ПАРТНЕРСТВО?****Котельникова Н.Е., Власова Е.Н., Сапрыкина Н.Н.***Институт высокомолекулярных соединений РАН  
199004, г. Санкт-Петербург, Большой просп., 31; email: nkotel@mail.ru*

*Впервые синтезированы гибридные гидрогели регенерированной целлюлозы и  $\beta$ -циклодекстрина. Физические гибридные гидрогели не являются композитами, а взаимодействие МКЦ и  $\beta$ -ЦД может быть охарактеризовано как равноправное партнерство компонентов.*

*Ключевые слова:  $\beta$ -циклодекстрин, порошковая целлюлоза, гибридные гидрогели, ИК-Фурье спектроскопия, СЭМ.*

Синтез и использование композиционных материалов на основе биополимера целлюлозы получили широкое развитие ввиду возможности их применения, особенно в области медицины, фармакологии и пищевой промышленности. Особый интерес представляют гели на основе целлюлозы. Как обратимые, так и стабильные гели образуются в основном путем сшивания в растворах эфиров целлюлозы. Во всех случаях для образования гелей используют сшивающие агенты и катализаторы (эпихлоргидрин, альдегиды, производные мочевины, карбодиимиды и др.).

Биологически активный циклический олигосахарид  $\beta$ -циклодекстрин ( $\beta$ -ЦД) является доступным олигомером и обладает уникальными свойствами, однако из-за низкой растворимости в воде возможность получения соединений включения, образуемых им, ограничена. Его применение в качестве «хозяина» при образовании соединений включения имеет классическую фармацевтическую перспективу, главным образом в качестве «контейнера» для лекарственных препаратов и их таргетной доставки в организм человека.

Из анализа литературы следует, что на основе целлюлозы и  $\beta$ -ЦД синтезировали композиты, в том числе гидро- и аэрогели, с использованием производных или модифицированных образцов целлюлозы и применением кросс-агентов. Получение физических гибридных композитных гелей целлюлозы и  $\beta$ -ЦД, значительно менее изученное, без предварительной модификации путем совмещения в одном комплексном растворителе ДМАА/LiCl было главной задачей исследования. В качестве целлюлозной основы использовали хлопковую микрокристаллическую целлюлозу (МКЦ). Морфологию и функциональный состав гидрогелей характеризовали с помощью СЭМ и ИК-Фурье спектроскопии.

Детальное исследование указанными методами показало следующее: синтезированы гибридные системы гидрогелей регенерированной МКЦ с молекулами  $\beta$ -ЦД путем совмещения компонентов в растворяющей системе ДМАА/LiCl и последующей регенерации гидрогелей из раствора. Гидрогели представляют собой монолитные двухфазные системы, фазы которых взаимодействуют на границе раздела и образуют взаимопроникающую сетку в ограниченном размере. Каждая из фаз имеет индивидуальную форму и морфологическую структуру. Поэтому в классическом понимании физические гибридные гидрогели не являются композитами, а взаимодействие МКЦ и  $\beta$ -ЦД может быть охарактеризовано как равноправное партнерство компонентов.

УДК 676.038.2/54-116+66.022.389

**ТИТАНСОДЕРЖАЩИЙ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫЙ МОДИФИКАТОР РЕЗИН****Кувшинова Л.А.<sup>1</sup>, Удоратина Е.В.<sup>1</sup>, Карасева Ю.С.<sup>2</sup>, Черезова Е.Н.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН**167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: fragl74@mail.ru*<sup>2</sup>*ФГБОУН ВО Казанский национальный исследовательский технологический университет**420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10*

*Получен лигноцеллюлозный порошковый материал, модифицированный тетрахлоридом титана в гексане. Изучено его влияние на физико-механические и адгезионные показатели резин до и после термоокислительного старения.*

*Ключевые слова: титансодержащий лигноцеллюлозный порошок, резина, модификатор, физико-механические свойства, адгезия.*

Переработка вторичного волокнистого растительного сырья в тонкодисперсные лигноцеллюлозные порошковые материалы с модифицированной поверхностью открывает новые возможности для применения бумажных отходов, например, в качестве модификаторов резин.

В настоящей работе в качестве модификатора резин использовали титансодержащий лигноцеллюлозный порошок на основе макулатурного картона, обработанного тетрахлоридом титана в гексане. Изучены его физико-химические свойства (установлено содержание титана (IV), лигнина, карбонильных и карбоксильных групп, определена насыпная плотность), определены геометрические характеристики размеров волокон. Для исследования кинетических параметров вулканизации, физико-механических и адгезионных свойств вулканизатов до и после термоокислительного старения (при 100 °С продолжительностью 72 ч) титансодержащий лигноцеллюлозный порошок вводили в состав стандартной саженаполненной резиновой смеси с серной вулканизирующей системой в количестве 1.0–5.0 мас.ч. на 100 мас.ч. бутадиен-α-метилстирольного каучука.

Установлено преимущество введения в рецептуру резиновых смесей титансодержащего лигноцеллюлозного модификатора, который приводит к повышению адгезионной прочности вулканизатов на границе раздела резина– латунированный металлокорд 4L15 при сохранении стабильности их физико-механических свойств [1].

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (номер госзадания 122040600027-6).*

**Список литературы**

1. Л.А. Кувшинова, Е.В. Удоратина, Ю.С. Карасева, Е.Н. Черезова // Журнал прикладной химии. 2023. Т. 96. № 3. С. 252.

УДК 547.89

## СИНТЕЗ $\delta$ -КАРБОЛИНОВ ПУТЕМ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ЦИКЛИЗАЦИИ 5-НИТРОПИРИДИНОВ

**Кулаков И.И.<sup>1</sup>, Сагитуллина Г.П.<sup>2</sup>, Елышев А.В.<sup>1</sup>, Кулаков И.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Тюменский государственный университет  
625003, г. Тюмень, ул. Переконская, 15а; email: kulakov.ii.chem@gmail.com

<sup>2</sup>Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского  
644077, г. Омск, просп. Мира, 55а

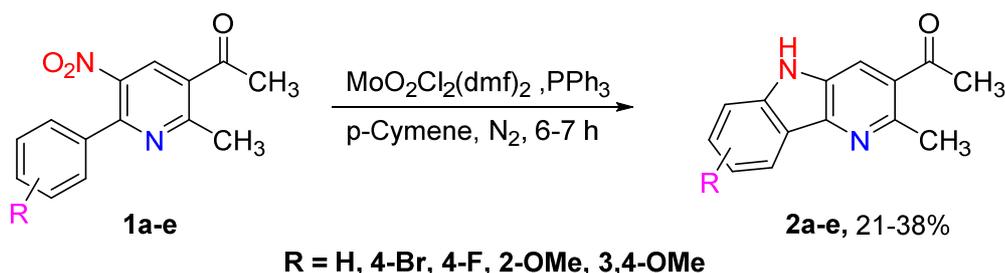
Путем восстановительной циклизации по реакции Кадогана получены пять новых функционально-замещенных  $\delta$ -карболинов, которые являются структурными аналогами алкалоида квиндолина.

Ключевые слова: алкалоиды, гетероциклические соединения, 5-нитропиридины,  $\delta$ -карболины, восстановительная циклизация.

В последнее время все больше внимания уделяется изучению свойств и методов синтеза аналогов природных соединений. Так, например, в основу многих алкалоидов, таких как карбидин, латрепирдин, квиндолин, гарман и гармин, входит карболиновый фрагмент. Для многих соединений карболинового ряда отмечен довольно широкий спектр биологической активности: противомаларийная, противоопухолевая, противовирусная и противомикробная [1].

Однако  $\delta$ -карболины являются еще малоизученными в биологическом плане соединениями, что делает исследования в этой области весьма актуальными.

Новые ацетилсодержащие  $\delta$ -карболины **2a–e** были получены нами по реакции Кадогана путем восстановительной циклизации 3-ацетил-5-нитропиридинов **1a–e** кипячением с  $PPh_3$  и каталитическим количеством свежеприготовленного комплекса  $MoO_2Cl_2(dmf)_2$  в *пара*-цимоле в атмосфере азота по аналогии с методикой [2] (схема). Наличие в синтезированных  $\delta$ -карболинах **2a–e** свободной ацетильной группы предполагает возможность дальнейшей химической модификации.



Синтез  $\delta$ -карболинов на основе 5-нитропиридинов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Правительства Тюменской области по проекту Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра № 89-ДОН (3).

### Список литературы

1. O.B. Smirnova, T.V. Golovko, V.G. Granik // Pharm. Chem. J. 2011. V. 44. P. 654.
2. V.Yu. Shuvalov, A.S. Rupp, A.K. Kuratova, A.S. Fisyuk, A.A. Nefedov, G.P. Sagitullina // Synlett. 2019. V. 30. P. 919.

УДК 676.166.3

## ДЕСТРУКЦИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ В ПРОЦЕССЕ МИКРОВОЛНОВОЙ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ НАДУКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ

**Кушнир Е.Ю., Базарнова Н.Г.**

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»  
656049, г. Барнаул, просп. Ленина, 61; email: eugenekuschnier@gmail.com

*Оценен вклад окислительной деструкции и гидролиза в снижение выхода и степени полимеризации целлюлозы при микроволновой делигнификации древесины растворами надуксусной кислоты различного состава.*

*Ключевые слова: целлюлоза, окислительная деструкция, кислотный гидролиз, древесина, делигнификация, микроволновое излучение, надуксусная кислота.*

Надуксусная кислота ( $\text{CH}_3\text{COOOH}$ ) признана высокоэффективным реагентом для селективной делигнификации растительного сырья в относительно мягких условиях. Ее применение в сочетании с методами интенсификации химических процессов открывает новые возможности в разработке современных, экологически приемлемых способов получения целлюлозы с заданными характеристиками.

В настоящей работе исследовано влияние состава растворов  $\text{CH}_3\text{COOOH}$  и микроволнового излучения (частота 2450 МГц, мощность 700 Вт) на выход и среднюю степень полимеризации ( $\text{СП}_{\text{ср}}$ ) продуктов делигнификации древесины осины (*Populus tremula* L.) и сосны (*Pinus sylvestris* L.). Древесину обрабатывали равновесными растворами  $\text{CH}_3\text{COOOH}$ , полученной взаимодействием  $\text{H}_2\text{O}_2$  с  $\text{CH}_3\text{COOH}$  в присутствии  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Показано, что в сравнении с нагревом теплопроводностью (100 °С) при той же продолжительности процесса микроволновое облучение реакционных смесей приводит к получению продуктов делигнификации с меньшими значениями выхода и  $\text{СП}_{\text{ср}}$ . При содержании  $\text{CH}_3\text{COOOH}$  до 2.2 моль/дм<sup>3</sup>,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  до 0.06 моль/дм<sup>3</sup>,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  до 4.0 моль/дм<sup>3</sup> и  $\text{H}_2\text{O}_2$  до 3.1 моль/дм<sup>3</sup> в варочном растворе существенное уменьшение  $\text{СП}_{\text{ср}}$  целлюлозы в основном обусловлено протеканием окислительной деструкции, а разрушение макромолекул гемицеллюлоз и фракций целлюлозы с низкой  $\text{СП}_{\text{ср}}$  происходит главным образом в результате кислотного гидролиза.

Установлено, что микроволновая делигнификация с использованием варочных растворов, содержащих  $\text{CH}_3\text{COOOH}$  до 2.2 моль/дм<sup>3</sup>,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  до 0.06 моль/дм<sup>3</sup>,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  до 4.0 моль/дм<sup>3</sup> и  $\text{H}_2\text{O}_2$  до 3.1 моль/дм<sup>3</sup>, позволяет сократить продолжительность получения полуцеллюлозы и целлюлозы высокого выхода из древесины, уменьшая глубину деструкции макромолекул целлюлозы. Одновременное увеличение концентрации  $\text{H}_2\text{SO}_4$  до 0.1 моль/дм<sup>3</sup> и уменьшение концентрации  $\text{H}_2\text{O}_2$  до 2.6 моль/дм<sup>3</sup> в варочном растворе создают оптимальные условия для получения целлюлозы нормального выхода под воздействием микроволнового излучения. Микроволновая обработка растворами  $\text{CH}_3\text{COOOH}$  с концентрацией  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в пределах 0.3–0.7 моль/дм<sup>3</sup> обеспечивает получение порошковой и микрокристаллической целлюлозы с различными значениями  $\text{СП}_{\text{ср}}$  непосредственно из древесины.

Таким образом, применение микроволнового облучения с варьированием интенсивности окислительной и гидролитической деструкции полисахаридов путем изменения состава растворов  $\text{CH}_3\text{COOOH}$  делает возможным получение продуктов делигнификации древесины, имеющих различные сферы практического применения.

УДК 547.458.83

## ОКИСЛЕНИЕ ИСХОДНОЙ И МОДИФИЦИРОВАННОЙ ХЛОПКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ОКСИДОМ АЗОТА(IV)

**Кушнир Е.Ю., Базарнова Н.Г., Семина Е.А.**

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»  
656049, г. Барнаул, просп. Ленина, 61; email: eugenekuschnier@gmail.com

*Исследовано влияние структурного и морфологического модифицирования хлопковой целлюлозы на процесс ее окисления оксидом азота(IV) в среде органических растворителей различной полярности.*

*Ключевые слова: хлопковая целлюлоза, мерсеризация, регенерация, механический размол, кислотный гидролиз, оксид азота(IV), окисление.*

Целлюлоза, окисленная оксидом азота(IV), является одним из перспективных биорезорбируемых полимеров для создания современных материалов медицинского назначения с различными структурно-морфологическими свойствами.

Работа посвящена изучению влияния предварительных изменений структуры и морфологии хлопковой целлюлозы на процесс ее окисления оксидом азота(IV) в гексане, дихлор-, трихлор- и тетрахлорметане. Исходную хлопковую целлюлозу модифицировали механическим размолом в шаровой мельнице, мерсеризацией [1], регенерацией из раствора в фосфорной кислоте [1] и кислотным гидролизом до «предельной» степени полимеризации [2]. Исходную и модифицированную целлюлозу обрабатывали растворами оксида азота(IV) в органических растворителях при жидкостном модуле 1:20 и расходе окислителя 0.44–0.85 г на 1 г целлюлозы.

На основании данных ИК-спектроскопии и определения карбоксильных групп по Веберу [3] установлено, что предварительное механическое, физико-химическое и химическое модифицирование структуры и морфологии хлопковой целлюлозы приводит к увеличению содержания карбоксильных групп в продуктах ее окисления оксидом азота(IV). Максимальное содержание карбоксильных групп (7–8%) в продуктах окисления достигнуто после предварительного механического и химического диспергирования исходной целлюлозы до порошкообразного состояния. С учетом литературных данных [4] можно ожидать, что увеличение расхода оксида азота(IV) в 5–10 раз должно обеспечить более высокое содержание карбоксильных групп в продуктах окисления исходной и модифицированной целлюлозы.

Результаты проведенного исследования позволяют сделать предположение о большем увеличении доступности надмолекулярной структуры целлюлозы в отношении оксида азота(IV) при механическом размоле и кислотном гидролизе за счет формирования более высокой удельной поверхности в сравнении с физико-химическим модифицированием полимера методами мерсеризации и регенерации.

### Список литературы

1. А.В. Оболенская, В.П. Щеголев, Г.Л. Аким, Э.Л. Аким, Н.Л. Коссович, И.З. Емельянова // Практические работы по химии древесины и целлюлозы. М.: Лесная промышленность, 1965. С. 329.
2. O.A. Battista, P.A. Smith // Industrial and Engineering Chemistry. 1962. V. 54. No. 9. P. 20.
3. А.В. Оболенская, З.П. Ельницкая, А.А. Леонович // Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М.: Экология, 1991. С. 218.
4. И.А. Григорьев, С.В. Морозов, Н.И. Ткачева, Н.А. Панкрушина, А.М. Чернявский, А.Р. Таркова // Патент РФ № 2563279. Оpubл. 20.09.2015. Бюл. № 26.

УДК 661.728.7

## ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В ЦЕЛЛЮЛОЗУ И ДРУГИЕ ПРОДУКТЫ

**Лазарев М.А.<sup>1,2</sup>, Кушнир С.Р.<sup>2</sup>, Колчкова Е.С.<sup>1,2</sup>, Маврина Е.А.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Управляющая компания Биохимического холдинга «Оргхим», АО  
603152, г. Нижний Новгород, ул. Белинского, 55а, пом. П24;  
email: m.lazarev@orgkhim.com

<sup>2</sup>ФГАО ВПО «Нижегородский национально-исследовательский  
университет им. Н.И. Лобачевского»  
603092, г. Нижний Новгород, просп. Гагарина, 23

*Проведена разработка органосольвентной делигнификации хвойных и лиственных опилок в смесевом растворителе ДМСО–вода с кислотным катализатором. Определены оптимальные условия. Выделены целевые продукты – целлюлоза, микрокристаллическая целлюлоза и лигнин с высокими выходами.*

*Ключевые слова: делигнификация, органосольвентные технологии, микрокристаллическая целлюлоза, лигнин.*

Настоящее время характеризуется высоким интересом к переработке растительных отходов в целлюлозу и другие ценные продукты. Исходя из этого, щепы, опилки и другие отходы лесопиления представляют прямой интерес. Органосольвентные технологии производства целлюлозы – одни из наиболее экологически безопасных. В ряде стран (Канаде, США, Германии, Финляндии и др.) различные варианты этих технологий находятся в стадии опытных проработок. Более перспективным является объединение двух процессов: органосольвентного и окислительного. При переработке древесных отходов в целлюлозу и другие продукты органосольвентно-окислительными методами в качестве сырья можно использовать хвойные и лиственные породы, а также недревесное растительное сырье.

Основываясь на результатах исследований, изложенных в научно-технической литературе [1–4], разработали лабораторную технологию делигнификации щепы древесины сосны и лиственных пород с последующим получением из нее целлюлозы, микроцеллюлозы, лигнина. В ходе проведенной работы нами опробованы разные растворители. Как ранее было указано в [2], наилучшие результаты получены при использовании ДМСО/вода – 95/5 с гидромодулем 1:10. В качестве катализатора нами была предложена *para*-толуолсульфо кислота. Несмотря на то, что выходы продуктов – целлюлозы, микроцеллюлозы и лигнина на уровне количественных >80% от теоретических, и они обладают высоким качеством, предлагаемая технология имеет ряд существенных ограничений, о которых и будет изложено в докладе.

### Список литературы

1. Б.Н. Кузнецов // Соросовский образовательный журнал. 1996. № 12. С. 47.
2. Ю.А. Сыпалова. Исследование структурных особенностей лигнинов высших растений методами спектроскопии ядерного магнитного резонанса // Дис... к.х.н. САФУ-Арх., 2023. 126 с.
3. Б.Н. Кузнецов, В.И. Шарыпов, С.А. Кузнецова, В.Е. Тарабанько // Рос. хим. ж. 2004. Т. XLVIII. № 3. С. 4.
4. A. Ivahnov, Y. Sypalova, S. Pokryshkin, A. Kozhevnikov // Holzforschung. 2022. V. 76. P. 1023.

УДК 543.5; 58.08; 542.86; 630\*81

## СПЕКТРОСКОПИЯ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ В ИЗУЧЕНИИ ИЗОТОПНЫХ ЭФФЕКТОВ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ БЕРЕЗЫ ПУШИСТОЙ (*BETULA PUBESCENS*)

**Ламердонова Ф.Х., Ивлев В.А., Васильев В.Г., Нассер Р.А.,  
Цимбалаев С.Р., Колеснов А.Ю.**

*Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы  
117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8, корп. 2; email: lamerdonova-fkh@rudn.ru*

*Методом спектроскопии ядерного магнитного резонанса изучены эффекты изотопии водорода (дейтерия) в ксилемном соке березы в процессе его формирования и изменения состава.*

*Ключевые слова: береза, ксилемный сок, изотопы водорода, дейтерий, ядерный магнитный резонанс, qNMR,  $^2\text{H(D)}$ .*

Ксилемный сок березы (род *Betula*), представляющий собой внутриклеточную водную среду, состав которой определяется длительностью и интенсивностью движения воды в весенний период под действием корневого давления, представляет интерес для изучения изотопных эффектов легких элементов в высших растениях. Ксилемный сок, который известен также в пищевом ассортименте под наименованием «пасока», имеет прикладное значение для производства функциональных продуктов и биологически активных добавок (БАД). Для промышленных целей ксилемный сок добывают, как правило, способом инвазивного извлечения с начала апреля до первой декады мая. Береза и другие растения, имеющие промышленное значение (например, виноград и др.), входят в группу С3-пути фотосинтеза. Результаты исследования с учетом общности механизмов ассимиляции легких элементов могут иметь значение для изучения изотопного обмена других С3-растений, произрастающих в схожих природно-климатических условиях.

В работе изучалась изотопия водорода – дейтерия ( $^2\text{H(D)}$ ) в 45 образцах ксилемного сока, отобранных из березы пушистой (*Betula pubescens*) в первой, второй и третьей декадах апреля 2023 г. в северо-восточной части европейского региона России (N57.8993, E41.2339), характеризующейся умеренно континентальным климатом с холодными зимами и теплым летом. Изотопные эффекты в динамике распределения дейтерия в ксилемном соке исследовали количественной спектроскопией ядерного магнитного резонанса высокого разрешения (qNMR) на спектрометре Bruker «Avance NEO 700» (Германия) с частотой на протонах 700 МГц и напряженностью магнитного поля 16.5 Тл. Совокупность результатов демонстрирует узкий интервал распределения  $^2\text{H(D)}$  в ксилемном соке от 139.87 до 145.39 м.д. и позволяет сделать вывод о том, что наблюдаемые различия между периодами отбора образцов не достигают статистической значимости. Вода атмосферных осадков, подземных и поверхностных источников, поступающая в растение через корневую систему, при движении в ксилеме показывает уровень  $^2\text{H(D)}$  в интервале от 134.50 до 142.35 м.д. и не претерпевает значимых изотопных изменений, что может быть объяснено отсутствием в растении активных физических процессов, например транспирации. В стволе, т.е. на «потоковом» участке дерева, вода выступает в качестве транспортной среды, в которой изотопная активность водорода (дейтерия) минимальна. Значимые изотопные эффекты во внутриклеточной воде следует ожидать на этапе развития вегетативных органов растений – листьев, цветов и плодов.

УДК 547.745:542.91:615.014.43

## ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ МЕТАБОЛИТНЫХ ФИТОПРОБИОТИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ

**Лахтин В.М.<sup>1</sup>, Лахтин М.В.<sup>1</sup>, Байракова А.Л.<sup>1</sup>, Давыдкин В.Ю.<sup>1</sup>,  
Мелихова А.В.<sup>2</sup>, Корсун Е.В.<sup>3</sup>, Корсун В.Ф.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Институт эпидемиологии и микробиологии им. Г.Н. Габричевского  
125212, г. Москва, ул. Адмирала Макарова, 10; email: lakhtinv@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Институт системной биологии и медицины Роспотребнадзора  
117246, г. Москва, Научный проезд, 18*

<sup>3</sup>*РУДН  
117198, г. Москва, ул. Миклухо-Макля, 6*

*Приведены данные, указывающие на перспективы пробиотических и растительных лектинов в составе фитопrobiотических композиций.*

*Ключевые слова: фитопрепараты, пробиотики, метаболиты, лектины, синергизм, антимикробные, остеопороз, человек, профилактика, терапия.*

Цель работы – на основании собственных результатов оценить потенциал пробиотических лектинов (ПЛ) и фитолектинов (ФЛ) для конструирования метаболитных пробиотических фитобиотиков (МПФ).

ПЛ – системные мультифункциональные препараты, имитаторы пробиотиков-клеток, перспективные ингредиенты бифидолактобациллярных пробиотиков [1].

ПЛ и ФЛ проявляют себя синергичными антипатогенами против кандид и стафилококков и вирусов [2–4]. Перспективны не содержащие оксидоредуктаз препараты ПЛ [5]. ФЛ рI 5-6 из некоторых перспективных растений медицинского рассмотрения не содержат оксидоредуктаз рI 3.2-3.7 [6].

ПЛ связывают катионы металлов, содержат металлы, проявляют свойства хелаторов и доноров металлов. ПЛ содержат  $\text{Ca}^{2+}$  (1 атом в молекуле). Лектины лактобацилл (рI 4) образуют набор форм с  $\text{Ru}^+$  с близкими рI, сбрасываются с поверхности клеток в присутствии  $\text{Li}^+$ . ФЛ и сходные с ними ПЛ перспективны для лечения остеопороза [7].

Вывод. ПЛ и ФЛ перспективны для создания новых МПФ профилактического и лекарственного назначения, в том числе не содержащих оксидоредуктаз, способных к побочному действию и негативно влияющих на хранение биопрепаратов.

### Список литературы

1. М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, А.Л. Байракова и др. // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. 2024. Т. 13. № 1. Приложение. С. 71.
2. М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, С.С. Афанасьев и др. // Практическая фитотерапия. 2009. № 1. С. 5.
3. М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, В.А. Алешкин и др. // Практическая фитотерапия. 2010. № 1. С. 5.
4. В.Ф. Корсун, Е.В. Корсун, В.М. Лахтин // В книге: Фармакология и фармакотерапия: итоги и перспективы. Редактор В.П. Волков. Новосибирск: Изд-тво «СибАК», 2014. Глава 3. С. 45.
5. M.V. Lakhtin, V.M. Lakhtin, S.S. Afanasiev et al. // Applied and Fundamental Studies: Proceedings of the 10th International Academic Conference. November 21-22, 2016, St. Louis, Missouri, USA: Publishing House "Science and Innovation Center". P. 5.
6. М.В. Лахтин, С.С. Афанасьев, В.М. Лахтин и др. // Молекулярная диагностика. Сборник трудов. Т. 2. М.: ООО «Издательство МБА», 2014. С. 347.
7. V. Korsun, E. Korsun, V. Lakhtin // Slovak International Scientific Journal. 2017. V. 1. № 9. P. 32.

УДК 547.425.5

## ХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ *S*-,*O*-СОДЕРЖАЩИХ ТЕРПЕНОИДОВ ПИНАНОВОГО РЯДА

Лезина О.М., Субботина С.Н., Гребёнкина О.Н., Судариков Д.В., Рубцова С.А.

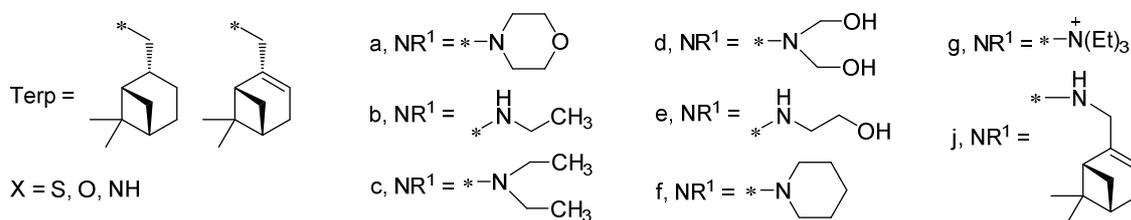
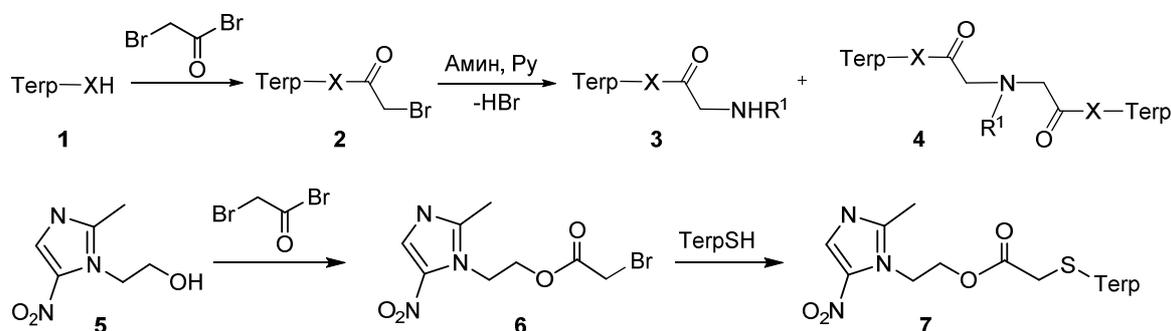
Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: lezina-om@yandex.ru

Представлены различные способы получения полифункциональных терпеноидов пинановой структуры.

Ключевые слова: терпены, диоксид хлора, сульфохлориды, сульфокислоты, амины, тиоэфиры.

Перспективным подходом в синтезе новых биологически активных веществ является химическая модификация терпенов, обладающих природной хиральностью и биологической активностью. В работе получены полифункциональные *S*-,*O*-,*N*-содержащие терпеноиды: сульфохлориды, -амиды, -кислоты, -имины, сложные тиоэфиры и эфиры с фрагментами аминов, тиолов и др. Получение последних представлено на схеме.

Терпеноиды **1** модифицировали бромацетилбромидом до эфиров и тиоэфиров **2** и далее вводили в реакцию с алкил- и гетериламинами **a–g** (схема). Получена серия новых первичных **3** и вторичных аминов **4**. На основе метронидазола **5** по аналогичной схеме были синтезированы производные с фрагментами терпеновых тиолов **6**.



Проведена оценка противомикробной активности полученных соединений **2–6** на штаммы *S. aureus*, *P. aeruginosa* и *Candida albicans* 703. Выявлено, что бромпроизводные терпеноидов **2** обладают более высокой активностью в отношении выбранных штаммов по сравнению с их производными – аминами **3, 4**.

Работа выполнена в рамках государственного задания (№ 122040600073-3) и НОЦ мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования» с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Химия» Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

УДК 615.32; 615.33; 632.4

## ЭФИРНОЕ МАСЛО ПЛОДОВ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО, ОБЛАДАЮЩЕЕ ПРОТИВОГРИБКОВОЙ АКТИВНОСТЬЮ

**Лисовенко Н.Ю.<sup>1</sup>, Касьянов З.В.<sup>1</sup>, Баландина С.Ю.<sup>1</sup>, Дерендяева А.С.<sup>1</sup>,  
Мащенко П.С.<sup>1</sup>, Фомин Д.С.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГАОУВО «Пермский государственный национальный  
исследовательский университет»

614900, г. Пермь, ул. Букирева, 15; email: lisovn@mail.ru

<sup>2</sup>Пермский федеральный исследовательский центр

Уральского отделения Российской академии наук (ПФИЦ УрО РАН)  
614532, Пермский край, Пермский МО, с. Лобаново, ул. Культуры, 12

*Эфирное масло, обладающее противогрибковой активностью, получено методом паровой дистилляции из плодов борщевика Сосновского.*

*Ключевые слова: борщевик Сосновского, биологически активные вещества, эфирное масло, паровая дистилляция, противогрибковое действие.*

Актуальными проблемами медицины, пищевой промышленности, строительной отрасли, бытовой сферы, сельского хозяйства и других отраслей народного хозяйства остаются борьба, лечение и профилактика грибковых инфекций [1–3]. Борщевик Сосновского – растение семейства Сельдерейные, с огромными запасами сырья на территории России и сопредельных государств [4]. В научной литературе существуют немногочисленные публикации, посвященные получению и антимикробному действию эфирного масла борщевика Сосновского [5].

Нами методом паровой дистилляции плодов борщевика было получено эфирное масло (выход 4% от массы сырья), качественный и количественный состав которого был изучен методом газо-жидкостной хроматографии. Для определения противогрибковой активности полученного эфирного масла в отношении условно-патогенного штамма *S. albicans* РКПГУ 1353/1277 использовали общепринятый метод двукратных серийных разведений в жидкой питательной среде микрометодом [6].

Анализ полученных данных показал, что выделенное эфирное масло обладает высокой антифунгальной активностью в отношении дрожжевых грибов *S. albicans*. Фунгистатическое действие достигнуто в концентрации 0.39%, гибель культуры наступила от воздействия 1.50%-ной водной эмульсии эфирного масла, что не уступает активности эфирного масла плодов фенхеля обыкновенного (0.25% и 1.0% соответственно [7]).

### Список литературы

1. M. Pisano, A. Romano, M.P. Di Palo, A. Baroni, R. Serpico, M. Contaldo // Biomedicines. 2023. V. 11. No. 3. 846.
2. М.Н. Кинчарова, А.И. Кинчаров, М.Р. Абдраев // Аграрный вестник Урала. 2022. № 12. С. 11.
3. К.М. Ефимов, А.И. Дитюк, А.К. Богданов // Пищевая промышленность. 2014. № 12. С. 42.
4. Н.Н. Лунева, Г.Ю. Конечная, Т.Н. Смекалова // Вестник защиты растений. 2018. № 3. С. 10.
5. К.Г. Ткаченко, Н.Е. Преображенская, И.Ф. Сацыперова // Растит. ресурсы. 1988. № 1. С. 99.
6. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. М.: Медицина, 2005. 826 с.
7. N. Mandras, A. Nostro, J. Roana, D. Scalas, G. Banche, V. Ghisetti, S. Del Re, G. Fucale, A.M. Cuffini, V. Tullio // BMC Comolement. Med. Ther. 2016. V. 16. 330.

УДК 628.16.081.32

## СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОРБЦИИ РАДИОАКТИВНОГО ЙОДА ЛИГНИНОМ И ПРОМЫШЛЕННЫМИ СОРБЕНТАМИ

**Логинова (Кокина) Е.С.<sup>1,2</sup>, Бойкова Т.Е.<sup>1</sup>, Богданович Н.И.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Северный Арктический (Федеральный) университет им. М.В. Ломоносова, Институт судостроения и морской арктической техники (Севмашивуз) 164520, г. Северодвинск, ул. Капитана Воронина, 6; email: e.kokina@narfu.ru

<sup>2</sup>Северный Арктический (Федеральный) университет им. М.В. Ломоносова, Высшая школа естественных наук и технологий 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17

*Путем проведения серии испытаний по селективному извлечению радионуклида в режиме статической сорбции определена остаточная концентрация изотопа в растворе. Произведен расчет эффективности адсорбции.*

*Ключевые слова: березовый активированный уголь, йод, кокосовый активированный уголь, лигнин, сорбция, радиоактивность, углеродные сорбенты.*

Изучение влияния марки активированного угля на эффективность адсорбции проводили в статических условиях на модельном растворе (с концентрацией по стабильному изотопу йода от 50 до 100 мг/мл) в соответствии с ГОСТ 33618-2015 [1]. Определение остаточной концентрации йода осуществляли титриметрическим методом [2].

На основании полученных результатов в экспериментах с различными образцами адсорбентов были выявлены следующие закономерности:

1) Сорбент БАУ-А (березовый активированный уголь) показывает лучшие результаты при начальной концентрации 50 мг/л, где остаточная концентрация йода составляет 10–15 мг/л. При концентрации 80 мг/л с использованием березового углеродного адсорбента остаточная концентрация не превышает 20–30 мг/л, а при 100 мг/л – 20–42 мг/л, демонстрируя эффективность адсорбента на уровне 70–58%.

2) При анализе влияния времени контакта фаз выявлено, что изменение времени перемешивания от 10 до 30 мин незначительно влияет на эффективность БАУ-А, которая увеличивается с 74 до 88%. Для других сорбентов время перемешивания играет более важную роль.

3) Исследование показало, что неудовлетворительные результаты были получены при использовании неактивированного лигнина, который имеет максимальную эффективность в 50% при времени перемешивания 30 мин. При 10 минутах перемешивания и высокой концентрации начального вещества эффективность лигнина крайне низкая – до 10%.

4) Таким образом, рекомендуется применять березовый активированный уголь марки БАУ-А для очистки жидких радиоактивных отходов от радионуклида <sup>131</sup>I с возможностью сокращения времени контакта фаз до 10 мин без ущерба для эффективности.

### Список литературы

1. ГОСТ 33618-2015 Уголь активированный. Стандартный метод определения йодного числа. Введ. 2017-04-01 (действ. ред. 2019). Москва: Стандартинформ, 2019. 12 с.
2. Н.М. Дубова, Т.М. Гиндулина // Титриметрические методы анализа: учебно-методическое пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 100 с.

УДК 547.271/.278

## ПИРОЛИЗ ТЕРПЕН-СОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРОВ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОДХОД К ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМ МАТЕРИАЛАМ

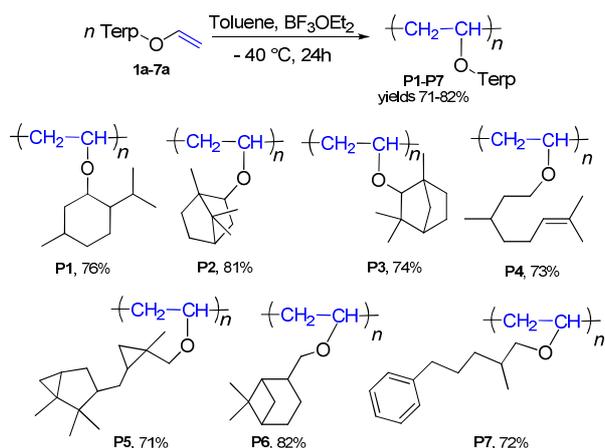
Лоцман К.А., Самойленко Д.Е., Родыгин К.С.

Санкт-Петербургский государственный университет  
199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., 7-9; email: k.rodygin@spbu.ru

*Из серии природных спиртов были получены виниловые эфиры, которые являлись мономерными звеньями для соответствующих полимеров. Пиролиз полимеров привел к исходным терпеновым спиртам.*

*Ключевые слова: пиролиз, терпены, возобновляемое сырье, ацетилен, карбид кальция.*

Биомасса является возобновляемым источником ценных мономеров. Количество природных соединений, содержащих в своем составе двойную связь или другой способный к полимеризации фрагмент, довольно мало. В настоящей работе круг природных мономеров было предложено расширить за счет введения в состав природных спиртов винильной функции по реакции с карбидом кальция. Всего получено семь виниловых эфиров, полимеризацией которых в присутствии эфирата трехфтористого бора были выделены соответствующие полимеры.



### Полимеризация виниловых эфиров природных спиртов.

Далее был проведен пиролиз полученных полимеров. Как оказалось, при нагревании в токе инертного газа полимеры разлагались с образованием исходных спиртов. Вторым продуктом пиролиза являлся соответствующий альдегид или кетон в зависимости от того, первичным или вторичным был исходный спирт. Суммарный выход смеси продуктов был более 95% в пересчете на терпеновый заместитель. Пиролиз проводился в пиролизной установке ГХ-МС, а также в препаративных количествах. Выделенные в результате пиролиза исходные спирты были вновь провинилированы с последующей полимеризацией и получением соответствующих полимеров [1].

Таким образом, предлагаемый подход можно рассматривать как эффективный путь к возобновляемым материалам на основе природного сырья.

*Работа выполнена при поддержке РНФ (21-73-20003).*

### Список литературы

1. S.A. Metlyaeva, K.S. Rodygin, K.A. Lotsman, D.E. Samoylenko, V.P. Ananikov // Green Chem. 2021. V. 23. P. 2487.

УДК 615.322

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ТРАВЫ ХРИЗАНТЕМЫ УВЕНЧАННОЙ

**Магомедова Л.И., Чупарина Е.В., Сайбель О.Л., Даргаева Т.Д.**

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
лекарственных и ароматических растений»  
117216, г. Москва, ул. Грина, 7; email: e.liaa@bk.ru

С использованием рентгенофлуоресцентного анализа изучен состав микро- и макроэлементов травы хризантемы увенчанной, определены преобладающие по содержанию элементы.

Ключевые слова: хризантема увенчанная, трава, микроэлементы, макроэлементы.

Неотъемлемым этапом разработки лекарственного средства растительного происхождения является исследование химического состава органических и неорганических веществ производящего растения.

Перспективным объектом для изучения может служить однолетнее травянистое растение семейства Астровые (*Asterceae*) хризантема увенчанная – *Chrysanthemum coronarium* L. (*Glebionis coronaria* (L.) Cass. ex Spach).

Цель работы – изучение состава и содержания микроэлементов в траве хризантемы увенчанной для характеристики минеральных компонентов данного сырья.

Объектом исследования служила высушенная трава хризантемы увенчанной, заготовленная на опытном поле Ботанического сада ФГДНУ ВИЛАР в 2023 году.

Элементный состав травы хризантемы определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА). Излучатель прессовали в виде таблетки из 0.5 г измельченного сырья (0.5 мм) на подложке из борной кислоты [1]. Измерение интенсивностей аналитических линий элементов и рентгеновского фона проводили на спектрометре Bruker S4 Pioneer (Германия). Результаты определения представлены в таблице.

Содержание элементов в траве хризантемы увенчанной

Элемент	Na (%)	Mg (%)	Al (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	Cl (%)
Содержание	0.287	0.191	0.031	0.230	0.401	0.340	0.529
Станд. откл	0.026	0.022	0.002	0.010	0.033	0.026	0.042
Элемент	K (%)	Ca (%)	Ti (PPM)	Cr (PPM)	Mn (%)	Fe (%)	Ni (PPM)
Содержание	4.126	1.068	28	2	<0.0030	0.031	2
Станд. откл	0.186	0.009	5	1	–	0.002	1
Элемент	Cu (PPM)	Zn (PPM)	Br (PPM)	Rb (PPM)	Sr (PPM)	Ba (PPM)	Pb (PPM)
Содержание	7	57	11	10	54	9	<3
Станд. откл	2	4	2	3	7	7	–

Таким образом, доминирующим по содержанию элементом в траве хризантемы увенчанной является калий, при этом не обнаружено превышения содержания токсичных элементов.

### Список литературы

1. А.М. Мартынов, Е.В. Чупарина, Т.Д. Даргаева // Химия растительного сырья. 2022. № 1. С. 269.

УДК 615.322

**ВЛИЯНИЕ *транс*-МИРТАНОЛА НА ФУНКЦИЮ ЛИМФОЦИТОВ КРОВИ ПРИ ТОКСИЧЕСКОМ ГЕПАТИТЕ У ПОДОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ****Мазин П.В.<sup>1</sup>, Мазин Н.В.<sup>2</sup>, Карпова Е.М.<sup>1</sup>, Фролова Л.Л.<sup>3</sup>, Кучин А.В.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Кировский ГМУ Минздрава России  
610998, г. Киров, ул. К. Маркса, 112; email: ang-car-sur-maz@mail.ru<sup>2</sup>КОКБУЗ Слободская ЦРБ им. ак. А.Н. Бакулева  
613150, Кировская обл., г. Слободской, ул. Советская, 90<sup>3</sup>Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48

*Изучено влияние транс-миртанолола на функции лимфоцитов периферической крови в условиях токсического поражения печени. Исследованный препарат оказывал иммуномодулирующее влияние с тенденцией к росту собственной активности сукцинатдегидрогеназы митохондрий лимфоцитов несмотря на токсический гепатит. Ключевые слова: транс-миртанол, сукцинатдегидрогеназа, митохондрии, лимфоциты, иммуномодуляторы, печень, гепатит.*

Острый токсический гепатит крыс сопровождается токсическим иммунодефицитом, что отражается уменьшением площади митохондриального ретикула (МР) лимфоцитов периферической крови. Один из полусинтетических монотерпеноидов – *транс*-миртанол – согласно данным программы PASS может демонстрировать вазо-, цитопротективную и антиоксидантную активности и, следовательно, влиять на функции лимфоцитов периферической крови в условиях токсического поражения печени. С целью изучения фармакологических свойств *транс*-миртанолола в модели острого токсического гепатита на фоне инъекций 66%-ного раствора CCl<sub>4</sub> в масле по 0.2 мл/100 г массы тела крыс *транс*-миртанол вводили подопытным животным. В качестве контроля использовали грызунов без фармакологической защиты. Кроме того, препаратами сравнения выступали хорошо изученные антиоксидант 2,6-ди-*трет*-бутил-4-метилфенол (ионол, **И**), пентоксифилин (**П**) и смесь янтарной и глутаминовой кислот (**ЯГ**).

На фоне острого токсического гепатита у крыс без фармакологической защиты формировался устойчивый энергодефицит в иммунокомпетентных клетках. Эталонные препараты (**И**) и (**ЯГ**) не способствовали коррекции этого состояния и не вызывали достоверных сдвигов в значениях большинства цитохимических показателей, демонстрируя лишь незначительную тенденцию к дополнительной индукции сукцинатдегидрогеназы (СДГ). Эталонный препарат (**П**) обеспечивал тенденции к снижению окисления эндогенных энергетических субстратов на 25%, активизацию эндогенного сукцината на 16%, а так же существенно и статистически значимо повышал значения максимальной активности СДГ на 41%. При этом *транс*-миртанол способствовал таким морфометрическим сдвигам в состоянии МР, которые приближались к показателям интактных животных. Так же введение *транс*-миртанолола при остром токсическом гепатите сильнее способствовало росту собственной активности СДГ несмотря на повреждение. Можно говорить об иммуномодулирующем влиянии *транс*-миртанолола на фоне токсического гепатита, которое заслуживает дополнительного изучения.

УДК 615.322

**ВЛИЯНИЕ *транс*-МИРТАНОЛА НА ФУНКЦИЮ ЛИМФОЦИТОВ КРОВИ  
В МОДЕЛИ ГИПОКСИИ У ПОДОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ****Мазина Н.К.<sup>1</sup>, Мазин Н.В.<sup>2</sup>, Карпова Е.М.<sup>1</sup>, Фролова Л.Л.<sup>3</sup>, Кучин А.В.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Кировский ГМУ Минздрава России  
610998, г. Киров, ул. К. Маркса, 112<sup>2</sup>КОКБУЗ Слободская ЦРБ им. ак. А.Н. Бакулева  
613150, Кировская обл., г. Слободской, ул. Советская, 90; email: nvtazx86@gmail.com<sup>3</sup>Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48

*Исследовано воздействие транс-миртанолола на функцию лимфоцитов крови грызунов в условиях гипоксии. При этом энергетический статус лимфоцитов периферической крови животных достоверно изменялся в сторону нормализации по сравнению с животными, получавшими стандартный энергопротектор.*

*Ключевые слова: транс-миртанол, сукцинатдегидрогеназа, митохондрии, лимфоциты, иммуномодуляторы, гипоксия, оксидантный стресс.*

*транс*-Миртанол является продуктом переработки растительных компонентов хвойных пород, скипидара и обладает физиологической/биологической активностью, что было подтверждено с помощью программного продукта PASS (Prediction of activity spectra for substances). В частности, с высокой вероятностью *транс*-миртанолу присущи вазо-, цитопротекторная и антиоксидантная активности, что позволяет предположить способность этого соединения модифицировать защитные механизмы при воспалительных и иных патологических процессах. С целью выявления воздействия *транс*-миртанолола на функции лимфоцитов периферической крови при гипоксии использовались несколько групп беспородных половозрелых крыс. Для сравнения применялись хорошо изученные ионол, пентоксифилин, а так же смесь янтарной и глутаминовой кислот. Модель гипоксии осуществлялась по типу нормобарической гипоксии с гиперкапнией, что достигалось помещением животных в гермокамеру. Иммуномодулирующие свойства контрольных и экспериментальных веществ оценивались по активности сукцинат-дегидрогеназы (СДГ) лимфоцитов, через восстановление нитро-синего тетразолия с выпадением в клетках гранул формазана. Количественная морфометрия гранул формазана по площади депозитов S отражала активизацию СДГ с увеличением энергопродукции, а также активацию различных функций иммунокомпетентных клеток.

Выявлено, что *транс*-миртанол обладал активностью в отношении МХ-ретикулула лимфоцитов и способствовал сохранению энергетического статуса этих иммунокомпетентных клеток в условиях острой гипоксии, то есть оказывал антигипоксическое действие. В сравнении с животными, получавшими стандартные энергопротекторы янтарную и глутаминовую кислоты, при введении грызунам *транс*-миртанолола биоэнергетика лимфоцитов статистически достоверно ( $p < 0.05$ ) изменялась в сторону нормализации. Следовательно, можно предположить наличие у *транс*-миртанолола иммуностропных фармакологических свойств, которые проявляются при гипоксии.

УДК 547.458:547.458.87:547.458.88

## СТРУКТУРА AGPS-ПЕКТИН КОМПЛЕКСА ИЗ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ СОСНЫ (*PÍNUS SYLVÉSTRIS*)

**Макарова Е.Н., Шахматов Е.Г.**

*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: makarowa.elena-ma@ya.ru*

*Структура комплекса арабиногалактановые белки-пектин из древесной зелени сосны (*Pínus sylvéstris*) была изучена с помощью ферментализации пектиназой и в основном 1D/2D ЯМР спектроскопией.*

*Ключевые слова: арабиногалактановые белки, пектин, *Pínus sylvéstris*, структура, ЯМР.*

Цель работы – дальнейшее изучение структурных особенностей биополимеров, выделенных из древесной зелени сосны обыкновенной экстракцией водой и идентификация связей между ними. Полученные биополимеры были изучены с помощью ферментативного гидролиза экзо- и эндо-1,4- $\alpha$ -D-полигалактуронозой как исходного полимера, так и полимеров, полученных после предварительного фракционирования методом ионообменной хроматографии и деградации частичным кислотным гидролизом. Наиболее важные, по моносхаридному составу и по выходу, продукты ферментативного расщепления изучили 1D/2D ЯМР анализом. Было показано, что основа арабиногалактановых белков (AGPs) состояла из  $\beta$ -1,3-галактанной цепи и  $\beta$ -1,3,6-галактанной цепи. Точки ветвления представлены 3,6-ди-*O*-замещенными остатками  $\beta$ -D-Galp.  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 6)-Галактан боковые цепи частично замещены  $\beta$ -D-GlcpA и 1,4- $\beta$ -D-GlcpA по 6-му положению.  $\alpha$ -Rhap и  $\alpha$ -Fuc присоединены через остатки 1,4-связанной  $\beta$ -D-GlcpA в виде последовательностей 4-*O*-Me- $\alpha$ -L-Fucp-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-GlcpA-(1 $\rightarrow$  и  $\alpha$ -L-Rhap-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-GlcpA-(1 $\rightarrow$ . По 3-му положению  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 6)-галактан боковые цепи частично замещены остатками T-Araf, 1,3- и/или 1,5-linked  $\alpha$ -L-Araf и представлены фрагментами:  $\alpha$ -L-Araf-(1 $\rightarrow$ 3)- $\beta$ -D-Galp(1 $\rightarrow$ ,  $\alpha$ -L-Araf-(1 $\rightarrow$ 3)- $\alpha$ -L-Araf-(1 $\rightarrow$ 3)- $\beta$ -D-Galp(1 $\rightarrow$ ,  $\alpha$ -L-Araf-(1 $\rightarrow$ 5)- $\alpha$ -L-Araf-(1 $\rightarrow$ 3)- $\beta$ -D-Galp(1 $\rightarrow$  и/или  $\alpha$ -L-Araf-(1 $\rightarrow$ 5)- $\alpha$ -L-Araf-(1 $\rightarrow$ 3)- $\alpha$ -L-Araf-(1 $\rightarrow$ 3)- $\beta$ -D-Galp(1 $\rightarrow$ .

Кор макромолекулы пектина, экстрагируемого водой из древесной зелени *P. sylvéstris*, был представлен участками:  $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-GalpA-(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-GalpA-(1 $\rightarrow$ ,  $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-GalpA(OMe)-(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-GalpA(OMe)-(1 $\rightarrow$ ,  $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-GalpA(OMe)-(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-GalpA-(1 $\rightarrow$ ,  $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-GalpA(OMe)-(1 $\rightarrow$ 2)- $\alpha$ -Rhap-(1 $\rightarrow$ , T- $\alpha$ -D-GalpA<sup>D</sup>-(1 $\rightarrow$ 2)- $\alpha$ -L-Rhap-(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-GalpA<sup>C</sup>-(1 $\rightarrow$ 2)- $\alpha$ -L-Rhap-(1 $\rightarrow$ .

Мы показали, что высвобождаемые пектиназой пектинсодержащие полимеры состояли в основном из RG-I, который был присоединен к AGPs и образовывал комплекс RG-I-AGPs с доминированием AGPs. Мы сообщаем об идентификации взаимосвязи между матричными полисахаридами RG-I и AGPs, которые связаны друг с другом в целостную структуру.

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание № 122040600027-б) с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Химия» Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.*

УДК 547.97 9.733

## СИНТЕЗ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПРОТИВООПУХОЛЕВЫХ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ – ВОДОРАСТВОРИМЫХ ХЛОРИНОВ С ФРАГМЕНТАМИ ГАЛАКТОЗЫ НА ПЕРИФЕРИИ МАКРОЦИКЛА

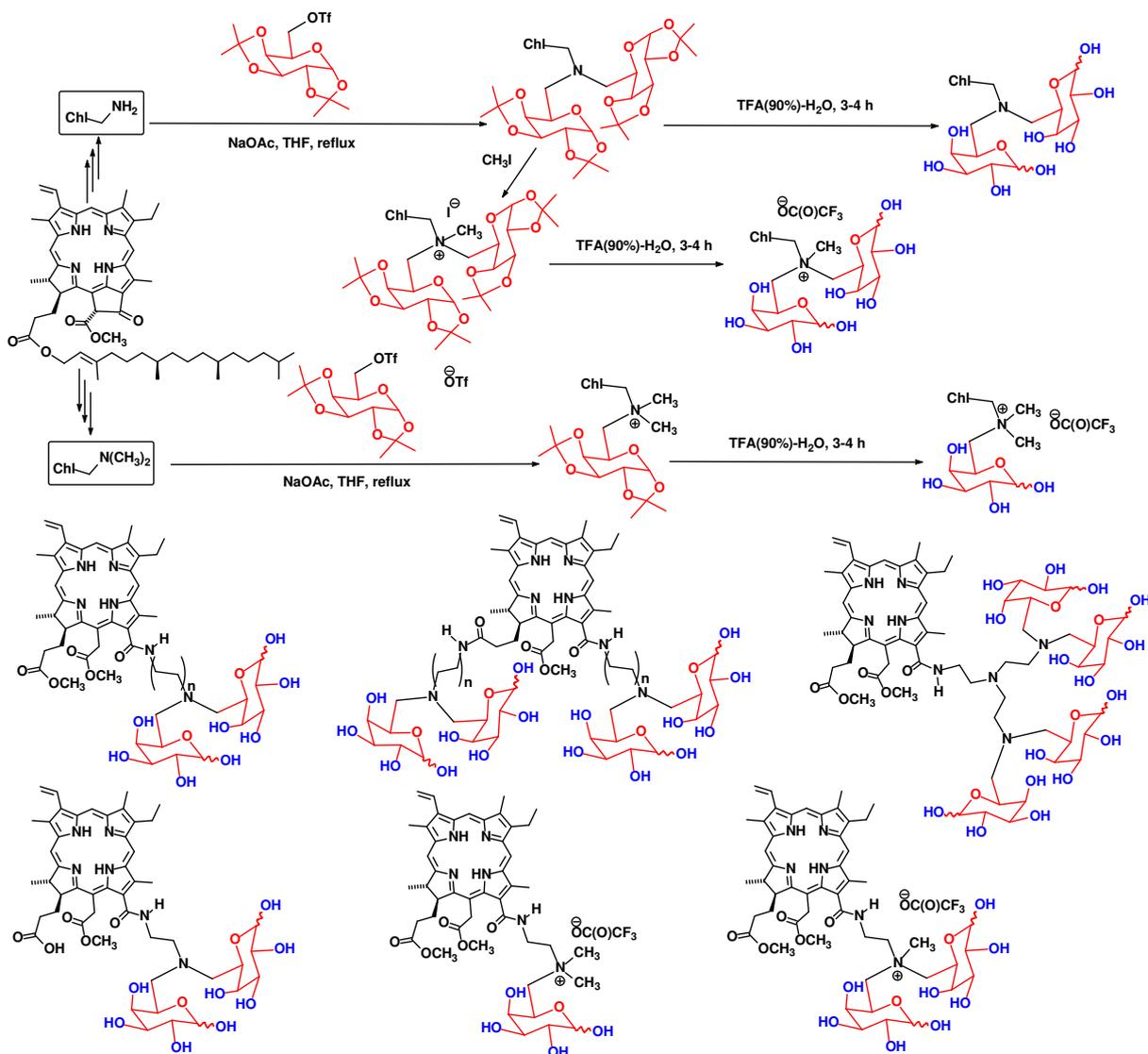
**Мальшакова М.В., Белых Д.В.**

*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН*

*167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: malshakova-mv@yandex.ru*

*Синтезирован ряд растворимых в воде производных хлорина е<sub>6</sub>, с одним, двумя и четырьмя фрагментами галактозы, входящих в электронейтральные или катионные гидрофильные группы, связанные с макроциклом спейсерами различной длины.*

*Ключевые слова: хлорофилл-а, хлорин е<sub>6</sub>, противоопухолевые фотосенсибилизаторы, галактоза, алкилирование.*



*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание № 122040600073-3).*

УДК 615.322, 577.32, 547.963.3

## ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИФЕНОЛОВ НА СТРУКТУРУ НУКЛЕОСОМ И ХРОМАТОСОМ

**Малюченко Н.В.<sup>1</sup>, Андреева Т.В.<sup>1</sup>, Черникова П.А.<sup>1</sup>,  
Студитский В.М.<sup>1,2</sup>, Феофанов А.В.<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет  
119234, г. Москва, Ленинские горы, 1, стр. 12; email: mal\_nat@mail.ru

<sup>2</sup>Fox Chase Cancer Center  
USA, 19111, Philadelphia, PA

<sup>3</sup>Институт биоорганической химии им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН  
117997, г. Москва, ГСП-7, ул. Миклухо-Маклая, 16/10

*Представлены результаты изучения влияния природных полифенолов EGCG (галлат эпигаллокатехина), ресвератрола и генистеина на структуру нуклеосом и хроматосом и обсуждаются отличия в их активности.*

*Ключевые слова: нуклеосомы, EGCG, ресвератрол, генистеин, spFRET.*

Полифенолы, выполняющие ключевую роль в защите растений в ответ на стрессовые условия, представляют большой практический интерес, поскольку обладают широким спектром терапевтических активностей и низкими побочными эффектами. Разнообразное лекарственное действие полифенолов определяется их способностью модулировать множественные сигнальные пути в клетке. Ряд механизмов действия растительных полифенолов (как показано в экспериментах на синтетических олигонуклеотидах) обусловлен их способностью взаимодействовать с ДНК посредством интеркаляции между азотистыми основаниями или связыванием по бороздкам ДНК. Но их влияние на работу ядерной ДНК изучено слабо. Поскольку ДНК в ядре упакована в составе хроматина, представленные нами исследования выполнены на нуклеосомах и хроматосомах (морфофункциональных единицах хроматина).

Для проведения структурных исследований методами spFRET и FRET в геле в состав нуклеосом и хроматосом были введены флуоресцентные метки. Проведенный нами анализ показал, что EGCG при микромолярных концентрациях оказывал выраженное дестабилизирующее воздействие на структуру нуклеосом и хроматосом, что может существенно модулировать взаимодействие с нуклеосомной ДНК ядерных белков, участвующих в транскрипции, репарации и репликации ДНК, а также влиять на компактизацию хроматина. Напротив, ресвератрол и генистеин не обладали способностью дестабилизировать структуру нуклеосом и хроматосом, но при высокой концентрации (>100 мкМ) вызывали небольшое изменение структуры линкерной ДНК. Полученные данные позволяют предположить, что тип взаимодействия полифенола с ДНК определяет характер его воздействия на хроматин. Растительные полифенолы с высокой интеркалирующей активностью значительно дестабилизируют структуру нуклеосом и хроматосом, а полифенолы, преимущественно взаимодействующие по узким бороздкам ДНК, на структуру нуклеосом и хроматосом, влияют слабо. В то же время оба типа полифенолов вследствие взаимодействия с ДНК могут модулировать функциональную активность ядерных белков, связывающихся с ДНК, как это было показано в экспериментах с применением архитектурных белков хроматина – PARP1 и FACT.

*Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 21-74-20018).*

УДК 635.64:632.7

**ИНСЕКТИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ СУХОГО ЭКСТРАКТА  
НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ РАСТЕНИЯ *HAPLOPHYLLUM PERFORATUM*****Мамарозиков У.Б., Хасанов Ш.Ш., Азимова Ш.С., Хидырова Н.К.**

*Институт химии растительных веществ им. ак. С.Ю. Юнусова  
Республика Узбекистан, 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77;  
email: nhidirova@yandex.ru*

*Исследован сухой экстракт надземной части широко распространенного растения *Haplophyllum perforatum* in vitro в отношении клеток двух насекомых – *Helicoverpa zea* и *Spodoptera frugiperda*. Выявлено, что экстракт в концентрации 0.5–1% проявляет инсектицидную активность in vitro в отношении клеток насекомых *Helicoverpa zea* на 80.4 и 77.5% и *Spodoptera frugiperda* на 83.1 и 72.6% соответственно.*

*Ключевые слова: *Haplophyllum perforatum*, надземная часть, инсектицидная активность, *Helicoverpa zea*, *Spodoptera frugiperda*.*

Растение *Haplophyllum perforatum* – цельнолистник исколотый сем. Rutaceae является богатым источником биологически активных веществ, таких как алкалоиды, флавоноиды, терпеноиды и др. [1]. Вид широко распространен на территории Республики Узбекистан, сырьевая база достаточна для использования в качестве сырья. Ранее нами была изучена пестицидная активность сухого экстракта надземной части данного растения. На основании результатов выявлена высокая инсектицидная активность по отношению личинок *Tuta absoluta* [2].

Цель работы – изучение инсектицидной активности сухого экстракта надземной части *Haplophyllum perforatum* in vitro в отношении клеток насекомых, таких как *Helicoverpa zea* и *Spodoptera frugiperda*.

Для определения инсектицидной активности использовались три вида клеток насекомых как *Helicoverpa zea*, так и *Spodoptera frugiperda*, хранящихся в коллекции лаборатории Молекулярной генетики АН РУз ИХРВ. Инсектицидную активность определяли методом колориметрического анализа МТТ-теста. Полученные результаты показали, что сухой экстракт в концентрации 0.5–1% проявляет инсектицидную активность in vitro в отношении клеток насекомых *Helicoverpa zea* на 80.4 и 77.5%, а *Spodoptera frugiperda* – на 83.1 и 72.6% соответственно.

Таким образом, сухой экстракт надземной части растения *Haplophyllum perforatum* может служить основой для получения нового инсектицидного препарата.

**Список литературы**

1. U.B. Mamarozikov, Kh.M. Bobakulov, S.M. Turaeva, R.P. Zakirova, Kh.A. Rakhmatov, N.D. Abdullaev, N.K. Khidirova // Chem. Nat. Compd. 2019. V. 55. No. 3. P. 489.
2. С.М. Тураева, Э.Р. Курбанова, У.Б. Мамарозиков, Р.П. Закирова, Н.К. Хидырова // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т 57. № 1. С. 183.

УДК 633.51

## ГИПОГЛИКЕМИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ СУХОГО ЭКСТРАКТА ЦВЕТКОВ *Gossypium hirsutum*

Маматкулова Н.М., Нарбутаева Д.А., Каракулова А.М.,  
Турсунходжаева Ф.М., Хидырова Н.К.

*Институт химии растительных веществ им. ак. С.Ю. Юнусова  
Республика Узбекистан, 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77;  
email: nhidirova@yandex.ru*

*Исследована возможность использования цветков хлопчатника (*Gossypium hirsutum*) сорта Наманган-77 как ценного сырья для получения медицинских препаратов. Показано, что сухой экстракт из цветков хлопчатника оказывает выраженное гипогликемическое действие при экспериментальной гипергликемии.*

*Ключевые слова: *Gossypium hirsutum*, цветы, сухой экстракт, сахарный диабет.*

В последние годы значительно возросло потребление населением страны препаратов на основе растительного сырья. Препараты на основе лекарственных растений богаты биологически активными соединениями, влияющими на организм человека. *Gossypium hirsutum* (хлопчатник) – известное растение с малоизученными лечебными свойствами. В народной медицине хлопковым маслом натирают больные суставы. Установлено, что сумма флавоноидов цветков хлопчатника обладает капилляроукрепляющими и гипотензивными свойствами [1]. Госсипол, присутствующий во всех органах растения, обладает противовирусным, иммуностатическим, противоопухолевым свойствами. Исходя из этого, мы рассмотрели возможность использования цветков хлопчатника как ценного сырья для получения медицинских препаратов. Рост заболеваемости сахарным диабетом, а также многообразие и тяжесть вызываемых им осложнений ставят вопросы борьбы с этим заболеванием в число важнейших проблем здравоохранения. В поисках новых возможностей лечения сахарного диабета врачи обращаются к методам народной медицины.

Ранее нами изучены концентраты полипренолов, выделенные из листьев растения *Gossypium hirsutum* (сем. Malvaceae) [2]. Продолжая исследование, мы получили сухой экстракт из цветков хлопчатника сорта Наманган-77. Проведенные исследования показали, что сухой экстракт из цветков растения *Gossypium hirsutum* оказывает выраженное гипогликемическое действие при экспериментальной гипергликемии. Содержание сахара в сыворотке крови определяли ферментативным методом с использованием набора реактивов Cypressdiagnostics (Бельгия) на биохимическом анализаторе BasicSecomat (Франция). Статистическую обработку всего полученного материала проводили с использованием t-критерия Стьюдента.

### **Список литературы**

1. Д.А. Абдуллаева, Ф.С. Козимова, И.Д. Кароматов // Биология и интегративная медицина. 2017. № 10. С. 106.
2. В.Н. Сыров, Е.В. Вайс, Ф.Р. Эгамова, З.А. Хушбактова, Н.М. Маматкулова, Р.Х. Шахидоятов, Н.К. Хидырова // Хим.-фарм. ж. 2012. Т. 46. № 3. С. 34.

УДК 582.272:632.95

## ФИТО- И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ АРКТИЧЕСКИХ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

**Маматмуродов Х.Б.<sup>1</sup>, Боголицын К.Г.<sup>1,2</sup>, Добродеева Л.К.<sup>3</sup>, Одинцова А.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17; email: h.mamatmurodov@narfu.ru

<sup>2</sup>Институт экологических проблем Севера ФИЦКИА УрО РАН  
163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 23

<sup>3</sup>Институт физиологии природных адаптаций ФИЦКИА УрО РАН  
163000, г. Архангельск, просп. Ломоносова, 249

*Исследованы фитостимулирующая и микробиологическая активности биологически активных веществ экстрактов арктических бурых водорослей.*

*Ключевые слова: бурые водоросли, экстракты, биологически активные вещества, фитостимулирующие свойства, бактериостатическая активность.*

В настоящее время при современной интенсивной технологии выращивания сельскохозяйственных культур все шире используются вещества природного происхождения, которые стимулируют рост растений, повышают их иммунитет к абиотическим стрессам и фитопатогенам. Ламинариевые и фукусовые водоросли как из арктических, так и тропических и субтропических морей обладают схожим химическим составом, характерным для этих таксономических групп: полисахариды, витамины, жирные полиеновые кислоты, ауксины и гиббереллины, почти одинаковые первичные и вторичные метаболиты, богатый состав микро- и макроэлементов [1]. Это позволяет предположить, что арктические бурые водоросли являются подходящим ресурсом для производства экстрактов с биостимулирующими свойствами.

Цель работы – оценка эффективности применения экстрактов биологически активных веществ (БАВ) арктических бурых водорослей как биостимуляторов. Объект исследования – водоросли вида *Ascophyllum nodosum* (A.n.) и *Laminaria digitata* (L.d.). Выделение экстрактов БАВ проводили в соответствии с патентом [2]; состав характеризовали по содержанию хлорофилла *a*, каротиноидов, полифенолов, полисахаридов, белка, альгиновых кислот и маннита. Биоактивность экстрактов бурых водорослей оценивали по влиянию на урожайность и рост биомассы сельскохозяйственных культур (баклажан, сладкий перец, томат, огурец и капуста цветная), а также по бактериостатической и фунгистатической активности по отношению к бактериям и грибам.

Показано положительное влияние экстрактов с концентрацией 600 мг/л на общую урожайность для баклажана (85%), цветной капусты (80%), сладкого перца (29%), томата (23%) и огурца (18%). Бактериостатическая и фунгистатическая активности экстрактов в условиях *in vitro* в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий и грибов находятся в пределах 7–69 и 4–30% соответственно.

Таким образом, экстракты бурых водорослей могут быть перспективны для применения в сельском хозяйстве.

*Работа выполнена в рамках проекта НОЦ «Биологически активные вещества из биомассы Арктических бурых водорослей».*

### Список литературы

1. К.Г. Боголицын, А.Э. Паршина, А.С. Дружинина, Е.В. Шульгина // Химия растительного сырья. 2020. № 3. С. 35.
2. Патент РФ 2803597.

УДК 547.458.88

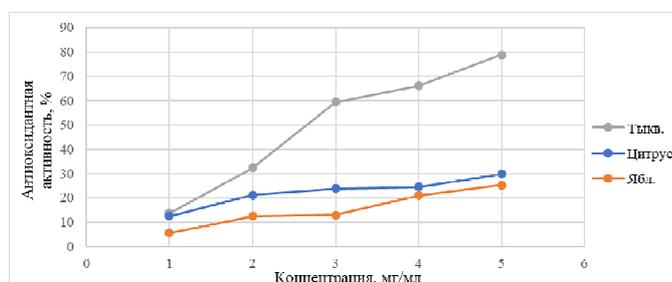
**АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ПЕКТИНОВ****Мамедов Э.И., Шартон О.В., Калмыкова Е.Н.***Лунецкий государственный технический университет  
398055, г. Лунец, ул. Московская, 30; email: veter1407@rambler.ru*

*В работе приведены результаты определения антиоксидантной активности пектинов различного строения – высокоэтерифицированного яблочного, цитрусового и низкоэтерифицированного тыквенного.*

*Ключевые слова: пектин, антиоксидантная активность, молекулярная масса, степень этерификации.*

Среди природных антиоксидантов наиболее широкое распространение приобрели преимущественно витамины, флавоноиды, каротиноиды, токоферолы и другие низкомолекулярные биорегуляторы, а также некоторые высокомолекулярные соединения (отдельные пептиды, белки – глутатион, альбумин и определенные ферменты). В последнее время все чаще появляются публикации о наличии антиоксидантных свойств и у пектинов [1–3], что послужило предметом настоящего исследования.

В данной работе представлены результаты изучения антиоксидантной активности пектинов различного строения – коммерческого яблочного и цитрусового, и тыквенного, выделенного 0.7%-ным раствором оксалата аммония и осажденного этанолом. Антиоксидантную активность (рисунок) оценивали в соответствии с методикой в работе [4]. Степень этерификации (СЭ) определяли титриметрическим методом [5].



Антиоксидантная активность тыквенного, цитрусового и яблочного (сверху вниз) пектинов.

Установлено, что тыквенный пектин обладает наибольшей антиоксидантной активностью, что может быть связано с меньшей степенью его этерификации (36.3%) по сравнению с яблочным (65.5%) и цитрусовым (50%) пектинами. Гликаны с низкой степенью метоксилирования содержат больше незамещенных карбоксильных групп, являющихся донорами электронов для свободных радикалов [6].

**Список литературы**

1. А.А. Ашинова // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 4. С. 199.
2. А.А. Злобин, Е.А. Мартинсон, Ю.С. Оводов // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2011. № 3. С. 33.
3. A. Wikiera, M. Grabacka, L. Buczynski, B. Stodolak, M. Mika // *Molecules*. 2021. V. 26. 1434.
4. M.-M. Wang, F. Wang, G. Li, M.-T. Tang, C. Wang, Q.-Q. Zhou, T. Zhou, Q. Gu // *LWT – Food Science and Technology*. 2022. V. 159. 113203.
5. Н.А. Клебанова, А.В. Тарасова, В.А. Седакова, А.В. Клебанов // Проблемы устойчивого развития регионов Республики Беларусь и сопредельных стран. 2022. С. 5.
6. M. Xuemei, J. Jing, J. Yu, J. Wang, H. Zhu, Z. Hu // *ACS Omega*. 2021. V. 6. P. 1391.

УДК 544.2

**КОНСТАНТЫ ДИССОЦИАЦИИ КВЕРЦЕТИНА****Мамылов С.Г., Ломовский И.О., Ломовский О.И.**

*Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН  
630090, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18; email: mamylov@solid.nsc.ru*

*В работе приводятся константы диссоциации кверцетина, определенные титрованием в водно-спиртовом растворе и рассчитанные квантово-химическим моделированием. Предложены маршруты диссоциации кверцетина.*

*Ключевые слова: кверцетин, константы диссоциации, кривые титрования, квантово-химическое моделирование констант.*

Кверцетин – один из природных флавоноидов. Молекула кверцетина содержит пять гидроксильных групп, способных к диссоциации. В литературе чаще упоминается одна (первая) константа диссоциации. Определение констант диссоциации кверцетина проводилось потенциометрическим методом (титрованием) в водно-спиртовом растворе. Влияние кислорода воздуха предотвращалось продуванием азота в испытуемый и рабочие растворы. С помощью разработанного программного обеспечения (ПО) по методу наименьших квадратов определялась модель диссоциации (одно-, двух- и трехосновная слабая кислота), рассчитывались первые три константы диссоциации. Определенные в эксперименте логарифмические эквиваленты констант диссоциации (величины  $pK$ ) имеют значения  $pK_1 = 8.64$ ,  $pK_2 = 11.09$ ,  $\Delta pK = 0.09$ . Третья и последующие константы диссоциации со значением  $pK > 12$  титрованием в водном растворе не могут быть обнаружены. В качестве дополнительной верификации соответствия формы кривых титрования и значения первой  $pK$  предложено использовать знак второй производной кривой титрования на начальном участке [1].

Квантово-химическим моделированием (Гауссиан09, B3LYP/6-311+G\*\*, PCM, SMD) рассчитаны энергии Гиббса ионов. Предложены варианты маршрутов диссоциации. Правила отбора маршрутов базируются на определенных в эксперименте значениях. Вероятными являются маршруты начальной диссоциации гидроксильных групп при 5 и 7 атомах углерода структурной формулы молекулы кверцетина. Соответствующие значения  $pK_1(5) = 8.80$  и  $pK_1(7) = 8.05$  [2]. Такие значения подразумевают возможность параллельной диссоциации.

*Экспериментальная часть работы проведена в рамках госзадания ИХТТМ СО РАН, проект 121032500067-9. Работа выполнена с использованием ресурсов ЦКП Сибирский Суперкомпьютерный Центр ИВМиМГ СО РАН.*

**Список литературы**

1. С.Г. Мамылов, И.О. Ломовский, О.И. Ломовский // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. 2024. Т. 21. № 1. С. 44.
2. С.Г. Мамылов, И.О. Ломовский, О.И. Ломовский // *Всероссийская научная конференция с международным участием «Современные проблемы органической химии»: Сборник тезисов*. Новосибирск, 2023. С. 178.

УДК 581.1

## СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ БРАССИНОСТЕРОИДОВ И ФЕРУЛОВОЙ КИСЛОТЫ НА НАЧАЛЬНЫЙ РОСТ РАСТЕНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Манжелесова Н.Е., Литвиновская Р.П., Хрипач В.А.

*Институт биоорганической химии НАН Беларуси  
Республика Беларусь, 220084, г. Минск, ул. ак. Купревича, 5/2;  
email: manzhelesova63k@iboch.by*

*При стимуляции ростовых и метаболических процессов выявлено эффективное взаимодействие brassinosterоидов и феруловой кислоты, основой которого является физиологическое поведение на начальных этапах онтогенеза растений яровой пшеницы. Ключевые слова: 24-эпибрассинолид, 24-эпикастастерон, brassinosterоиды, малоновый диальдегид, рост, феруловая кислота, фотосинтетические пигменты.*

Рост растений представляет собой сложный интегральный процесс, который осуществляется при непосредственном участии фитогормонов и негормональных регуляторов роста, выступающих в растениях как единая функциональная система, между компонентами которой существует постоянное взаимодействие.

Браassinosterоиды (БС) – стероидные гормоны, обладающие выраженной росторегулирующей активностью. Большое количество экспериментальных данных доказывает наличие взаимодействия БС и практически всех фитогормонов, включая влияние фитогормональных стероидов на активацию и метаболизм других гормонов и участие наряду с последними в интеграции различных сигналов, перенастройке в росте и стресс-адаптации. Можно предположить существование взаимодействия БС и негормональных регуляторов роста, фенольных соединений.

Изучалось росторегулирующее действие 24-эпибрассинолида (ЭБ), 24-эпикастастерона (ЭК) и феруловой кислоты (ФК) на начальных этапах онтогенеза растений яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при раздельном и совместном применении и их влияние на динамику некоторых физиологических процессов. Соединения и их смеси применяли путем замачивания семян в растворах веществ ( $10^{-7}$  и  $10^{-9}$  М) на 24 ч. Растения выращивали в течение 3 недель в почвенной культуре. Пробы (листья) для анализов брали на 7-е, 14-е и 21-е сутки от начала обработки семян растворами веществ. Как индивидуальные соединения, так и их смеси повышали всхожесть семян, стимулировали рост и накопление биомассы растениями яровой пшеницы. Добавление ФК к БС повышало активность действия последних. Индивидуальные вещества и их смеси оказывали стимулирующее влияние на формирование пигментного аппарата, что проявлялось в увеличении содержания хлорофилла и каротиноидов. Применение композиций БС и ФК приводило к увеличению содержания пигментов почти вдвое. Обработка семян фиторегуляторами и их смесями заметно повышала уровень продукта перекисного окисления липидов малонового диальдегида (МДА) в растениях в начале эксперимента. Далее процесс стабилизировался, и к концу эксперимента содержание МДА в растениях во всех вариантах, кроме ФК, было снижено по отношению к контролю, в наибольшей степени при применении смесей.

Таким образом, изучение дифференцированного и совместного действия фитогормональных стероидов и феруловой кислоты показало, что эти соединения проявляют в большей или меньшей степени синергическое взаимодействие при стимуляции ростовых и метаболических процессов.

УДК 547.458.84

## ЭЛЕКТРОПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ПОРОШКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ ЕЛИ

Мартакова Ю.В., Казакова Е.Г., Удоратина Е.В.

*Институт химии ФИЦ Коми ЦН УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: egkazakova@mail.ru*

*Методом кислотного гидролиза из побочного продукта экстракции древесной зелени ели получены лигноцеллюлозные порошковые материалы. Проведена оценка их функционального состава и электроповерхностных свойств.*

*Ключевые слова: побочный продукт экстракции древесной зелени ели, лигноцеллюлозный порошковый материал, функциональные группы, полный поверхностный заряд.*

Древесная зелень хвойных растений – один из источников сырья для микробиологии, лесохимической промышленности, медицины и сельского хозяйства. При ее переработке, включая щелочную экстракцию низкомолекулярных биологически активных компонентов, образуется побочный продукт – шрот, который можно использовать в качестве сырья для получения лигноцеллюлозных порошковых материалов (ЛЦП), с перспективой их применения в качестве сорбентов, добавок в композиты и др. Шрот ели, промытый до нейтральной реакции от избытка щелочи, измельченный на дезинтеграторе и просеянный через сито с размером ячеек 1.25 мм, подвергли гидролизу с применением пероксимоносерной, серной и азотной кислот ( $S_{\text{кислоты}} = 10\%$ , 3 ч, 100 °С). Содержание функциональных групп (карбоксильных и карбонильных) определяли методами хемосорбции и оксимирования соответственно. Для исследования доступности функциональных групп ЛЦП определяли их полный поверхностный заряд  $q_{\text{макс}}$  методом обратного потенциометрического титрования и рассчитывали согласно методике [1].

### Физико-химические свойства ЛЦП

Образец (вид обработки)	Содержание групп, %		$-q_{\text{макс}} \times 10^{-3}$ , Кул/г	pH <sub>ТНЗ</sub>
	COOH	CON		
ЛЦП 1 (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	2.09	0.50	22.85	3.0
ЛЦП 2 (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	4.98	0.56	70.42	3.0
ЛЦП 3 (HNO <sub>3</sub> )	2.50	0.52	28.05	3.0

Наибольшее содержание функциональных групп COOH и CON наблюдается в ЛЦП 2, полученном обработкой шрота пероксимоносерной кислотой, в отличие от других обработок способствующей окислительной деструкции волокнистого сырья и, как следствие, увеличению в ~2 раза COOH-групп, при этом полный поверхностный заряд частиц ЛЦП 2 выше почти в 2.5 раза, чем у остальных образцов (таблица). Таким образом, ЛЦП 2 имеет существенно бóльшую ионообменную активность поверхностных функциональных групп (COOH, в первую очередь), что делает его перспективным для использования в качестве сорбента.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 21-73-20091, <https://rscf.ru/project/21-73-20091/>).*

### Список литературы

1. Ю.М. Чернобережский, А.И. Кизим, И.В. Капишова, Д.А. Сухов, Г.И. Долгин // Коллоидный журнал. 1991. Т. 53. № 2. С. 404.

УДК 547.458.88 : 615.322

## ЦИТОТОКСИЧНОСТЬ НОВОЙ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПЕКТАТОВ КОБАЛЬТА В ОТНОШЕНИИ КЛЕТОЧНОЙ ЛИНИИ A549

**Минзанова С.Т., Чекунков Е.В., Волошина А.Д.,  
Холин К.В., Милуков В.А.**

*Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова  
ФИЦ Казанский научный центр РАН  
420088, г. Казань, ул. Арбузова, 8; email: minzanova@iopc.ru*

*Синтезированные металлокомплексы калий-, кобальт-пектат и натрий-, кобальт-пектат, а также фармакологическая композиция на их основе обладают селективной цитотоксичностью в отношении линии A549.*

*Ключевые слова: пектат калия, пектат натрия, кобальт, комплексообразование, фармакологическая композиция, ИК спектроскопия, карцинома легкого человека линии A549.*

Важным источником новых «лидеров» с потенциальной противоопухолевой активностью являются природные соединения, в том числе пектиновые полисахариды и продукты их модификации [1]. Настоящее исследование направлено на оценку цитотоксического действия *in vitro* водорастворимых пектиновых металлокомплексов на жизнеспособность клеток карциномы легкого человека и соответствующего механизма индукции гибели клеток линии A549.

На основе полностью дезтерифицированного цитрусового пектина марки CS-401 (производство Herbstreith & Fox, Германия) со степенью солеобразования 100% были синтезированы водорастворимые комплексы – калий-, кобальт-пектат (ПГКСо) и натрий-, кобальт-пектат (ПГNaСо). Далее был создан ряд водорастворимых фармакологических композиций (ФК), представляющих собой смесь ПГКСо и ПГNaСо при варьировании их массового соотношения, полученных обработкой на шаровой мельнице в течение 5 мин.

Проведена оценка цитотоксического действия пектиновых металлокомплексов ПГКСо, ПГNaСо и ФК на жизнеспособность клеток ряда опухолевых линий, полученных из коллекции Института цитологии РАН (г. Санкт-Петербург). В качестве нормальных клеточных линий были использованы клетки печени *Chang liver* из коллекции НИИ вирусологии РАМН (г. Москва).

Показано, что исследованные *in vitro* соединения обладают селективной цитотоксической активностью в отношении опухолевых клеток карциномы легкого человека линии A549. Установлено, что ПГNaСо и ПГКСо демонстрируют высокую цитотоксичность в отношении A549: для ПГNaСо  $IC_{50}$  – 0.023% (при индексе селективности (SI), равном 39); для ПГКСо  $IC_{50}$  – 0.06% (SI = 17).

ФК в массовом соотношении ПГКСо и ПГNaСо, равном 1:1, является также высокоселективной (SI > 12.5) в отношении карциномы легкого человека A549. Изучение возможного механизма действия ФК позволяет предположить, что он может быть связан с индукцией апоптоза, протекающего по митохондриальному пути.

### **Список литературы**

1. S.T. Minzanova, V.F. Mironov, D.M. Arkhipova, A.V. Khabibullina, L.G. Mironova, Y.M. Zakirova, V.A. Milyukov // Polymers. 2018. V. 10. 1407.

УДК 547.9; 577.1

**СИНТЕЗ И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ  
(1R)-(6-МЕТОКСИХИНОЛИН-4-ИЛ)(2S,4S,5R)-5-ВИНИЛХИНУКЛИДИН-  
2-ИЛ)МЕТИЛ 2-ФЕНИЛХИНОЛИН-4-КАРБОКСИЛАТА**

**Мукушева Г.К.<sup>1</sup>, Тойгамбекова Н.Н.<sup>1</sup>, Джалмаханбетова Р.И.<sup>2</sup>, Сейлханов О.Т.<sup>3</sup>,  
Сейдахметова Р.Б.<sup>1</sup>, Акишина Е.А.<sup>4</sup>, Дикусар Е.А.<sup>4</sup>, Поткин В.И.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>НАО «Карагандинский университет им. Е.А. Букетова  
Республика Казахстан, 100009, г. Караганда, ул. Университетская, 28;  
email: mukusheva1977@list.ru

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева  
Республика Казахстан, 010008, г. Астана, Сатпаева, 2

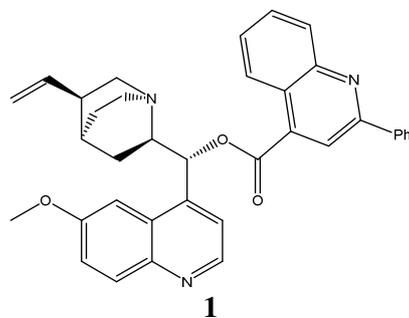
<sup>3</sup>НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова  
Республика Казахстан, 020000, г. Кокшетау

<sup>4</sup>Институт физико-органической химии НАН Беларуси  
Республика Беларусь, 220072, г. Минск, ул. Сурганова, 13

*Проведен синтез производного хинина с целью расширения арсенала отечественных лекарственных средств природного происхождения на основе алкалоидов и их производных, обладающих противовоспалительной активностью.*

*Ключевые слова: алкалоиды, синтез, хинин, производное хинина, противовоспалительная активность.*

Нами впервые на основе алкалоида хинина синтезирован (1R)-(6-метоксихинолин-4-ил)(2S,4S,5R)-5-винилхинуклидин-2-ил)метил 2-фенилхинолин-4-карбоксилат (**1**).



Строение молекулы **1** установлено методами ЯМР <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C, ИК-спектроскопии, масс-спектрометрии, данными элементного анализа.

Противовоспалительные свойства соединения **1** изучали на модели острой экссудативной реакции (перитонит) на белых беспородных крысах обоего пола массой 180–200 г. В качестве препарата сравнения использовали диклофенак натрия.

По результатам исследования противовоспалительной активности установлено, что производное **1** в дозе 25 мг/кг проявляет выраженную противовоспалительную активность на модели острой экссудативной реакции (перитонит), превышающую препарат сравнения диклофенак натрия в 1.5 раза на пике воспаления.

*Работа выполнена в рамках проекта № AP19674667 по грантовому финансированию Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.*

УДК 547.972+547.791

## ПРОПАРГИЛИРОВАНИЕ ПИНОСТРОБИНА И ЕГО ОКСИМА. СИНТЕЗ ТРИАЗОЛИЛХРОМАНООКСИМОВ

**Мухаметкалиева Г.Ж.<sup>1</sup>, Савельев В.А.<sup>2</sup>, Копишев Э.Е.<sup>1</sup>,  
Шульц Э.Э.<sup>2</sup>, Адекенов С.М.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева  
Республика Казахстан, 010008, г. Астана, ул. Сатпаева, 2;  
email: gulmira.zhumashevna@mail.ru

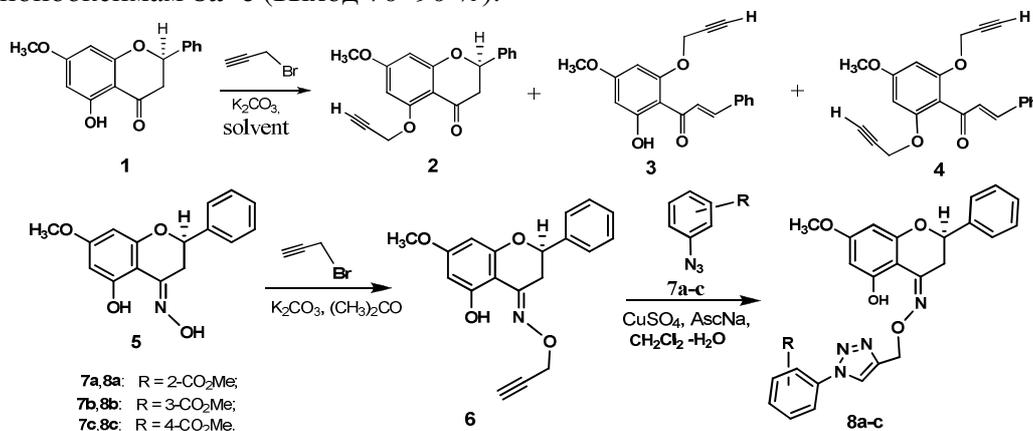
<sup>2</sup>Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН  
630090, г. Новосибирск, просп. ак. Лаврентьева, 9

<sup>3</sup>АО «Научно-производственный центр «Фитохимия»  
Республика Казахстан, 100009, г. Караганда, ул. М. Газалиева, 4

Осуществлено пропаргилирование флавоноида пиностробина и его оксима. Изучена катализируемая соединениями меди(I) реакция пропаргил производного оксима пиностробина с азидами метилбензоатов.

Ключевые слова: флавоноид, пиностробин, пропаргилирование, реакция азид-алкинового циклоприсоединения.

Флаванон пиностробин (**1**) является доступным вторичным метаболитом почек тополя бальзамического *Populus balsamifera* L. [1]. Модификации пиностробина привлекают интерес в плане разработки агентов, обладающих специфической биологической активностью. Взаимодействие пиностробина **1** с пропаргилбромидом в присутствии  $K_2CO_3$  в ацетоне или ДМФА протекает с образованием трех производных: (*R*)-7-метокси-2-фенил-5-(проп-2-инилокси)хромана (**2**) с выходом 15%, (*E*)-1-[2-гидрокси-4-метокси-6-(проп-2-инилокси)фенил]-3-фенилпроп-2-ен-1-она (**3**) с выходом 50% и дипропаргилированного производного **4** (выход 25%). Образование соединений **3** и **4** можно объяснить протеканием ретро-реакции Михаэля в пирановом кольце и последующим *O*-алкилированием полученного халкона. Взаимодействие оксима пиностробина **5** с пропаргилбромидом в присутствии  $K_2CO_3$  в ацетоне протекает с образованием *O*-пропаргильного производного флаванона **6** (выход 81%). Взаимодействие терминального алкина **6** с метиловыми эфирами изомерных азидов бензойных кислот **7a–c** в присутствии аскорбата натрия (40 моль%) и  $CuSO_4$  (10 моль%) в системе  $CH_2Cl_2-H_2O$  (1:1) гладко приводило к 1-арил-1,2,3-триазол-4-ил-хроманонооксимам **8a–c** (выход 70–90 %).



### Список литературы

- С.М. Адекенов, Г.М. Байсаров, И.А. Хабаров, В.В. Поляков // Химия растительного сырья. 2020. № 2. С. 181.

УДК 547.972+581.182.1

## ПОКАЗАТЕЛИ ДОБРОКАЧЕСТВЕННОСТИ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ В *JUGLANS REGIA L.* СОРТА IDEAL

Назарова И.Р.<sup>1,2</sup>, Литвиненко Ю.А.<sup>1,2</sup>, Шаденова Е.А.<sup>2</sup>,  
Кайгермазова М.А.<sup>2</sup>, Сембеков М.Т.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НАО «Казахский национальный университет им. аль-Фараби»  
Республика Казахстан, 050040, г. Алматы, просп. аль-Фараби, 71;  
email: nazarovairada39@gmail.com

<sup>2</sup>Институт генетики и физиологии КН МНБО РК  
Республика Казахстан, 050060, г. Алматы, просп. аль-Фараби, 93

Современные фармакологи активно исследуют растительные препараты с широким спектром биологической активности, что способствует расширению лекарственной базы на основе растительного сырья.

Ключевые слова: *Juglans regia L.*, химия природных соединений, доброкачественность ЛРС, минеральный состав.

Объектом исследования являлись листья *Juglans regia L.* сорта Ideal, заготовленные в Алматинской области в соответствии с требованиями нормативной документации.

Проведенные нами исследования позволяют судить о показателях доброкачественности листьев грецкого ореха сорта Ideal. Влажность – 5.4%, общая зольность – 8.5%, зола нерастворимая в 10%-ной HCl – 10.4%, сульфатная зола – 7.56%, экстрактивность – 17.5%. Из полученных результатов следует, что показатели доброкачественности лежат в пределах допустимых норм, установленных ГФ РК.

Анализ количественного содержания минеральных компонентов в ЛРС проводился методом атомно-адсорбционной спектроскопии, спектры снимались с помощью ДФС-13 (обратная линейная дисперсия 1 А/мм) в областях 2100–3600А. Эталон приготовлен на кремниевой основе. В листьях объекта *Juglans Regia L.* сорта Ideal были обнаружены следующие макроэлементы (мкг/мл): К – 1910, Na – 678.41, Ca – 2486.63, Mg – 584.32.

Количественное содержание микроэлементов в листьях *Juglans regia L.*

Исследуемый объект	Элемент, мкг/мл						
	Zn	Mn	Ni	Fe	Pb	Cd	Cu
Листья	2.68	14.96	0.34	11.73	0.39	0.05	1.76

По результатам количественного анализа минерального состава видно, что в листьях растения из макроэлементов преобладает калий и кальций. Известно, что калий необходим для нормального функционирования нервной системы, поддержания водно-солевого баланса, кальций – для построения и укрепления костной ткани и множества биохимических реакций. Из микроэлементов преобладает железо, а также марганец. Токсичные элементы, как кадмий и свинец, не превышают предельно допустимые нормы.

Работа была выполнена в рамках проекта BR18574139 «Формирование комплексной системы подготовки высококвалифицированных спортсменов и перспективного олимпийского резерва по приоритетным для Казахстана видам спорта на основе физиологической оценки».

УДК 547.663

## СРАВНЕНИЕ АНТОЦИАНОВЫХ ПРОФИЛЕЙ ПЛОДОВ ЧЕРНОПЛОДНОЙ РЯБИНЫ, КЛЮКВЫ И БРУСНИКИ, СОБРАННЫХ В КОЙГОРОДСКОМ И УСИНСКОМ РАЙОНАХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

**Некрасова П.С., Патов С.А., Кучин А.В.**

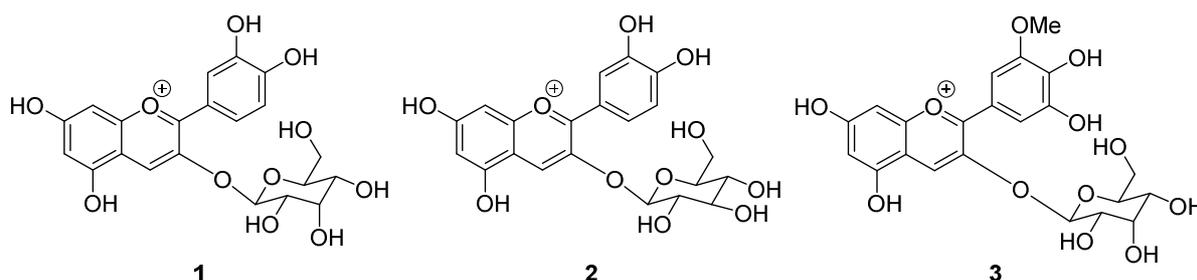
*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: polina.nekrasova.98@bk.ru*

*Получены экстракты из ягод растений, произрастающих на территории Республики Коми, и проанализированы методом ВЭЖХ. Проведено разделение суммарного экстракта брусники на индивидуальные компоненты.*

*Ключевые слова: антоцианы, растительные пигменты, колоночная хроматография, ВЭЖХ-МС.*

Антоцианы относятся к флавоноидам в гликолизированном виде – большой группе природных полифенольных соединений. Содержатся в различных органах растений, выполняя разные функции: размножение [1], фотопротекторная защита [2] и т.д. В животных организмах антоцианы уменьшают разрушающее действие сахарного диабета, оказывают профилактическое и защитное действие на печень, расслабление глазных мышц и т.д. [3]. Поэтому их изучение является актуальной задачей.

В зависимости от условий окружающей среды, освещенности, почвы антоциановый состав растений одного вида может быть различным. Таким образом, цель работы – сравнение методом ВЭЖХ антоциановых профилей черноплодной рябины, клюквы и брусники, произрастающих в окрестностях п. Кажым (Койгородский р-н) и г. Усинска (Усинский р-н). Для этого нами проведена экстракция плодов черноплодной рябины, клюквы и брусники. Выполнен их качественный анализ методом ВЭЖХ. Суммарный экстракт брусники разделяли методом обращенно-фазовой хроматографии на сорбенте Диасорб-130-С16. Структуры цианидин (Gal) **1**, цианидин (Glu) **2** и петунидин (Gal) **3** доказали физико-химическими методами анализа.



### **Список литературы**

1. Y. Liu, Y. Tikunov, R.E. Schouten, L.F.M. Marcelis, R.G.F. Visser, A. Bovy // *Front. Chem.* 2018. V. 6. 52.
2. А.М. Макаревич, А.Г. Шутова, Е.В. Спиридович, В.Н. Решетников // *Функции и свойства антоцианов растительного сырья. Труды БГУ.* 2010. Т. 4. Вып. 2.
3. В.М. Колдаев, А.В. Кропотов // *Тихоокеанский медицинский журнал.* 2021. Т. 3. С. 24.

УДК 632.95: 581.6

## АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ МОЖЖЕВЕЛЬНИКА ОБЫКНОВЕННОГО, СОБРАННОГО НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН В ПЕРИОД С АПРЕЛЯ ПО НОЯБРЬ

**Никитин Е.Н.<sup>1,2</sup>, Теренжев Д.А.<sup>1</sup>, Белов Т.Г.<sup>1</sup>, Давыдова Л.М.<sup>1</sup>, Шуматбаев Г.Г.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова  
ФИЦ Казанский научный центр РАН  
420088, г. Казань, ул. ак. Арбузова, 8; email: berkutru@mail.ru  
<sup>2</sup>Казанский федеральный университет  
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 29/1

В работе представлены результаты исследования антибактериальной и противогрибковой активности этанольных экстрактов хвои можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis*), собранной в период с апреля по ноябрь, в отношении фитопатогенных микроорганизмов. Установлена динамика изменения содержания терпенолов, фенолов и флавоноидов.

Ключевые слова: можжевельник обыкновенный, фитопатогены, флавоноиды, терпеноиды, экстракт.

Можжевельник обыкновенный (МО) – хвойное вечнозеленое растение, принадлежащее к семейству Кипарисовые, широко распространен в умеренном климате Северного полушария, является типичным представителем флоры Республики Татарстан. МО оказывает важное экологическое и оздоровительное влияние на лесную среду, выделяя больше фитонцидов, чем другие хвойные, и формируя микроклимат приземного слоя атмосферы. Ранее в наших работах была установлена высокая антибактериальная и противогрибковая активность соков и экстрактов МО [1, 2].

Цель работы – изучение динамики изменения антимикробной активности экстрактов хвои МО в период активного вегетационного развития. Сбор биомассы растений проводился в 7 км от села Каймары Чернышевского сельского поселения Высокогорского района Республики Татарстан каждые 2 недели с апреля по ноябрь 2023 г. Экстракция была проведена методом однократной мацерации в течение 1.5 ч при температуре 45 °С с применением в качестве растворителя 70%-ного этанола. Содержание фенолов в экстрактах хвои варьировалось от 15.2 до 31.2 мг ГК/г СЭ с максимумом в начале сентября. Флавоноиды составляли от 60.5 до 80.3% фенольных соединений. Содержание терпеноидов в период с апреля до середины июня варьировало от 57 до 83 мг Лин/г СЭ с максимумом в начале июня. Затем наблюдался спад в 2 раза. Минимальные ингибирующие концентрации (МИК) экстрактов в отношении фитопатогенной бактерии *Clavibacter michiganensis* попадали в диапазон от 39 до 2500 мкг/мл, для гриба *Rhizoctonia solani* – от 625 до 2500 мкг/мл с наибольшей активностью в летние периоды с июня по июль.

### Список литературы

1. Е.Н. Никитин, Д.А. Теренжев, Н.Л. Шаронова // Международная научная конференция «От биохимии растений к биохимии человека», 2022. С. 355.
2. T. Belov, D. Terenzhev, K.N. Bushmeleva, L. Davydova, K. Burkin, I. Fitsev, A. Gatiyatullina, A. Egorova, E. Nikitin // Plants. 2023. V. 12. 3401.

УДК 547.269.1+616.151.511

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА АНТИАГРЕГАЦИОННОГО И АНТИКОАГУЛЯЦИОННОГО ДЕЙСТВИЯ ТИОТЕРПЕНОИДОВ

Никитина Л.Е.<sup>1</sup>, Гильфанов И.Р.<sup>2,3</sup>, Колесникова Е.М.<sup>1</sup>, Федюнина И.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский государственный медицинский университет  
420012, г. Казань, ул. Бутлерова, 49; email: inovit@mail.ru

<sup>2</sup>Казанский федеральный университет  
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18

<sup>3</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет  
420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68

Показано, что серосодержащие монотерпеноиды проявляют антиагрегационные и антикоагуляционные свойства как за счет блокирования рецепторов, так и путем стабилизации мембран тромбоцитов.

Ключевые слова: серосодержащие монотерпеноиды, тиотерпеноиды, антиагрегационная и антикоагуляционная активность.

Синтезирована серия S-, N-, O-содержащих монотерпеноидов и изучено влияние полученных соединений на свертывание крови *in vitro*. Хотя все тестируемые соединения проявляли антиагрегационные свойства, наиболее выраженный эффект наблюдался у S-содержащих соединений. Молекулярный докинг выявил взаимодействие основных рецепторов агрегации тромбоцитов P2Y<sub>12</sub> со всеми протестированными соединениями, при этом энергия связи зависела от гетероатома и существенно уменьшалась при замене атома серы на кислород или азот [1]. Кроме того, показано, что тиотерпеноиды эффективно ингибируют активацию тромбоцитов путем прямого связывания с известным тромбоцитарным рецептором GP<sub>IIb</sub>-IIIa. В экспериментах *in vivo* установлено, что тиотерпеноиды проявляют антиагрегационную активность у крыс при пероральном введении на уровне блокатора GP<sub>IIb</sub>-IIIa – орбофибана. Более того, аналогично тирофибану, известному блокатору GP<sub>IIb</sub>-IIIa, наиболее активный тиотерпеноид снижал экспрессию P-селектина до значений, близких к таковым в интактных тромбоцитах [2]. В ЯМР исследованиях с использованием додецилфосфохолина (ДФХ) в качестве модели мембраны было обнаружено, что только S-содержащее соединение связано с поверхностью мицелл ДФХ, тогда как устойчивых комплексов между мицеллами ДФХ с O- или N-содержащими соединениями не наблюдалось. По-видимому, связывание S-содержащего терпеноида с клеточной мембраной усиливает механические свойства последней, предотвращая тем самым ее дестабилизацию и последующее тромбообразование [2]. В совокупности наши данные показывают, что S-содержащие монотерпеноиды проявляют антитромботические свойства как за счет блокирования рецепторов, так и путем стабилизации мембраны и являются перспективными антиагрегантами и антикоагулянтами для контроля гемостаза.

### Список литературы

1. L.E. Nikitina, R.S. Pavelyev, I.R. Gilfanov, S.V. Kiselev, Z.R. Azizova, A.A. Ksenofontov, P.S. Bocharov, E.V. Antina, V.V. Klochkov, A.F. Timerova, I.Z. Rakhmatullin, O.V. Ostolopovskaya, M.A. Khelkhal, S.V. Boichuk, A.R. Galembikova, N.S. Andriutsa, L.L. Frolova, A.V. Kutchin, A.R. Kayumov // Bioengineering. 2022. V. 9. 24.
2. L.E. Nikitina, P.S. Bocharov, A.A. Ksenofontov, E.V. Antina, I.R. Gilfanov, R.S. Pavelyev, O.V. Ostolopovskaya, I.V. Fedyunina, Z.R. Azizova, S.V. Pestova, E.S. Izmet'ev, S.A. Rubtsova, S.V. Boichuk, A.R. Galembikova, E.A. Smolyarchuk, I.G. Mustafin, A.R. Kayumov, A.V. Samorodov // Biomimetics. 2023. V. 8. 570.

УДК 547.748.2

## ВODIPY КОНЪЮГАТЫ С ТЕРПЕНОВЫМ ФРАГМЕНТОМ КАК ФЛЮОРЕСЦЕНТНЫЕ МАРКЕРЫ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

**Никитина Л.Е.<sup>1</sup>, Гильфанов И.Р.<sup>3,4</sup>, Лисовская С.А.<sup>1</sup>, Каюмов А.Р.<sup>3</sup>,  
Антина Е.В.<sup>2</sup>, Гусева Г.Б.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Казанский государственный медицинский университет  
420012, г. Казань, ул. Бутлерова, 49; email: nikitl@mail.ru

<sup>2</sup>Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН  
153045, г. Иваново, ул. Академическая, 1

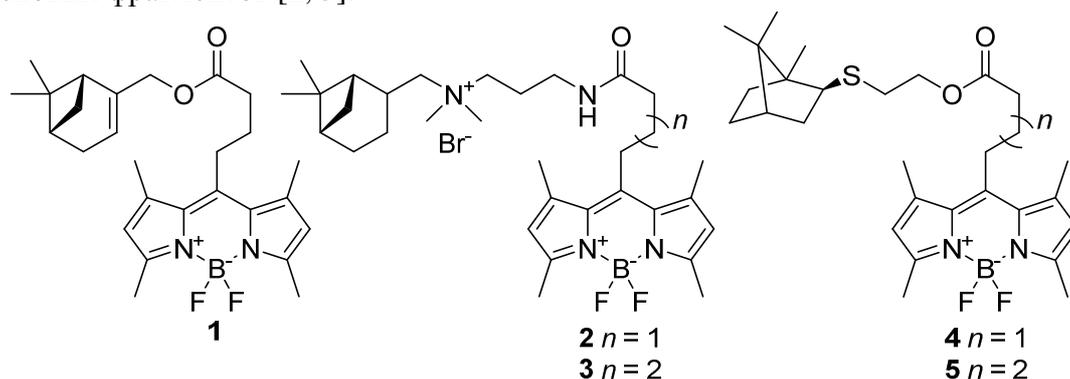
<sup>3</sup>Казанский федеральный университет  
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18

<sup>4</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет  
420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68

*Рассматриваются синтетические и биологические аспекты конъюгатов монотерпеноидов с VODIPY люминофорами как инструменты биовизуализации.*

*Ключевые слова: монотерпеноиды, VODIPY люминофоры, биовизуализация.*

Борфторидные комплексы дипиррометена (VODIPY) привлекают интерес исследователей благодаря их уникальным фотофизическим характеристикам, а также возможности использования для визуализации малых молекул в клетках, в качестве фотосенсибилизаторов и молекулярных зондов в диагностических целях [1]. Нами впервые синтезированы конъюгаты VODIPY с монотерпеноидными фрагментами (1–5 и др.), установлена их структура, изучены спектральные свойства. Показано, что как инструменты биовизуализации конъюгаты имеют преимущества по сравнению с исходными VODIPY люминофорами благодаря присутствию мембранотропных терпеновых фрагментов [2, 3].



### Список литературы

1. E. Antina, N. Bumagina, Y. Marfin, G. Guseva, L. Nikitina, D. Sbytov, F. Telegin // *Molecules*. 2022. V. 27. 1396.
2. G.B. Guseva, E.V. Antina, M.B. Berezin, R.S. Pavelyev, A.R. Kayumov, O.V. Ostolopovskaya, I.R. Gilfanov, L.L. Frolova, A.V. Kutchin, R.F. Akhverdiev, S.A. Lisovskaya, E.Y. Trizna, O.A. Lodochnikova, D.R. Islamov, S.V. Efimov, V.V. Klochkov, I.A. Khodov, S.V. Boichuk, L.E. Nikitina // *ACS Appl. Bio Mater*. 2021. V. 4. P. 6227.
3. G.B Guseva, Y.V Ereemeeva, E.V Antina, I.R Gilfanov, S.A Lisovskaya, O.V Ostolopovskaya, E.Y Trizna, A.R Kayumov, L.E Nikitina // *Spectrochim. Acta A*. 2024. V. 308. 123701.

УДК 547.458+577.114

## ПРИРОДНЫЕ УГЛЕВОДЫ – ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВАКЦИН, ДИАГНОСТИКУМОВ И ЛЕКАРСТВ

**Нифантьев Н.Э.**

*Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН  
119991, г. Москва, Ленинский просп., 47; email: nen@ioc.ac.ru*

*Природные углеводные соединения играют важную роль в процессах межклеточного узнавания, в том числе определяющих развитие многих заболеваний. Это создает основу для разработки соответствующих лекарств, вакцин и диагностикумов. В докладе рассматриваются работы нашей лаборатории в последние годы в названных выше направлениях.*

*Ключевые слова: природные углеводы, производные, конъюгаты, биологическая активность, лекарства, вакцины, диагностикумы.*

Избранные статьи по теме доклада представлены в списке литературы.  
*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-73-30017-П.*

### **Список литературы**

1. C.S. Yoon, N.E. Nifantiev, D.V. Yashunsky, H.K. Kim, J. Han // Biomed. Pharmacother. 2023. V. 165. 115232.
2. H.K. Kim, M. Kim, J.C. Marquez, S.H. Jeong, T.H. Ko, Y.H. Noh, P.T. Kha, H.M. Choi, D.H. Kim, J.T. Kim, Y.I. Yang, K.S. Ko, B.D. Rhee, L.K. Shubina, T.N. Makarieva, D.Y. Yashunsky, A.G. Gerbst, N.E. Nifantiev, V.A. Stonik, J. Han // JACC Basic Transl. Sci. 2022. V. 7. P. 1102.
3. N.E. Ustyuzhanina, N.Y. Anisimova, M.I. Bilan, F.V. Donenko, G.E. Morozevich, D.V. Yashunskiy, A.I. Usov, N.G. Siminyan, K.I. Kirgisov, S.R. Varfolomeeva, M.V. Kiselevskiy, N.E. Nifantiev // Pharmaceuticals. 2021. V. 14. 1074.
4. E.V. Sukhova, D.V. Yashunsky, E.A. Kurbatova, E.A. Akhmatova, Y.E. Tsvetkov, N.E. Nifantiev // Front. Mol. Biosci. 2021. V. 8. 754753.
5. E.A. Kurbatova, N.K. Akhmatova, A.E. Zaytsev, E.A. Akhmatova, N.B. Egorova, N.E. Yastrebova, E.V. Sukhova, D.V. Yashunsky, Y.E. Tsvetkov, N.E. Nifantiev // Front. Immunol. 2020. V. 11. 578019.
6. L.I. Mukhametova, D.O. Zherdev, A.N. Kuznetsov, O.N. Yudina, Y.E. Tsvetkov, S.A. Eremin, V.B. Krylov, N.E. Nifantiev // Biomolecules. 2024. V. 14. 170.
7. M.K. Alenichev, A.D. Levin, A.A. Yushina, E.S. Kostrikina, Yu.S. Lebedin, I.P. Andreeva, V.G. Grigorenko, V.B. Krylov, N.E. Nifantiev // Sens. Bio-Sens. Res. 2022. V. 35. 100475.
8. V.B. Krylov, M. Gómez-Redondo, A.S. Solovev, D.V. Yashunsky, A.J.P. Brown, M.H.T. Stappers, N.A.R. Gow, A. Ardá, J. Jiménez-Barbero, N.E. Nifantiev // Cell Surf. 2023. V. 10. 100109.

УДК: 006+615.07:615.1/4

## СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ФИТОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Нуркадыров Д.К., Ибадуллаева М.Н., Адекенов С.М.**

*АО «Научно-производственный центр “Фитохимия”»*

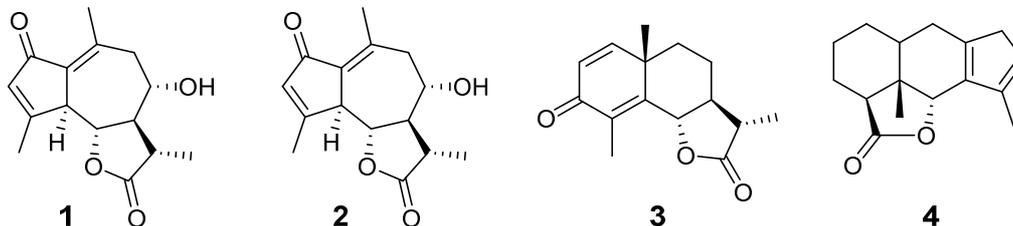
*Республика Казахстан, 100009, г. Караганда, ул. М. Газалиева, 4; email: info@phyto.kz*

*В работе обсуждается разработка новых стандартных образцов на основе растительных сесквитерпеновых  $\gamma$ -лактонов: аустрицина (1), гроссмизина (2),  $\alpha$ -сантонина (3), фураноэремофианолида (4).*

*Ключевые слова: стандартные образцы, сесквитерпеновые  $\gamma$ -лактоны, аустрицин, гроссмизин,  $\alpha$ -сантонин, фураноэремофианолид.*

Природные сесквитерпеновые  $\gamma$ -лактоны являются действующим началом ряда производимых производителями фармацевтического производства оригинальных лекарственных препаратов. Так, артемизинин составляет основу одноименного антималярийного препарата [1]. На основе алантолактона производится противоязвенное средство «Алантон» [2], гваянолид арглабин используется в производстве противоопухолевого препарата «Арглабин» [3].

Для поэтапного контроля качества фитохимического производства нами разработаны стандартные образцы на основе растительных сесквитерпеновых  $\gamma$ -лактонов: аустрицина (1), гроссмизина (2),  $\alpha$ -сантонина (3) и фураноэремофианолида (4).



Аустрицин (1) и гроссмизин (2) являются действующим началом новой гиполипидемической субстанции.  $\alpha$ -Сантонин (3) – основа противопаразитарного средства, а фураноэремофианолид (4) применяется в разработке оригинального противовоспалительного и антимикробного препарата.

Разработанные нами стандартные образцы хранятся в Республиканском Банке биологически активных соединений, организованном на базе АО «Научно-производственный центр “Фитохимия”».

Таким образом, использование отечественных стандартных образцов затрагивает все аспекты от контроля качества лекарственного сырья до производства субстанции и готовых лекарственных форм оригинальных препаратов.

### Список литературы

1. Y. Tu // From *Artemisia annua* L. to Artemisinins: The Discovery and Development of Artemisinins. Elsevier, 2017.
2. Г.В. Оболенцева, П.П. Хворост, М.М. Лучкова, Я.И. Хаджай, А.И. Видюкова, Н.И. Штельмах // Патент СССР SU733684A1.
3. S.M. Adekenov // Patent EP2069357B1; EA015557B1.

УДК 582.982+547.814.5+612.344

## НОВЫЕ АЦИЛИРОВАННЫЕ *O*-ГЛИКОЗИДЫ ИЗООРИЕНТИНА ИЗ *CUCUMIS SATIVUS* (CUCURBITACEAE) И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЛИПАЗУ

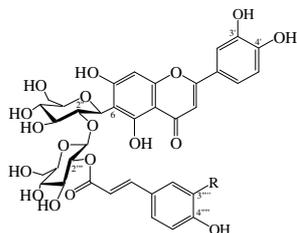
**Оленников Д.Н., Кащенко Н.И., Маркова К.В.**

ФГБУН «Институт общей и экспериментальной биологии» СО РАН  
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6; email: olennikovdn@mail.ru

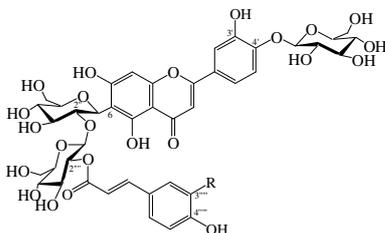
В цветках *Cucumis sativus* L. впервые обнаружены производные изоориентина, в том числе шесть новых ацилированных *O*-гликозилфлавонов. Все соединения ингибировали активность панкреатической липазы человека.

Ключевые слова: *Cucumis sativus*, зеленые отходы, флавоноиды, изоориентин, антилипазная активность.

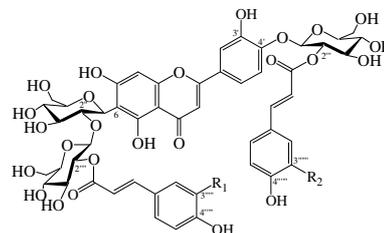
Зеленые отходы тепличного производства огурца посевного (*Cucumis sativus* L.) являются источником для получения биологически активных флавоноидов, способных ингибировать активность пищеварительных ферментов, что указывает на их перспективность для профилактики и лечения заболеваний, связанных с обменом углеводов и липидов [1–5]. Продолжая химическое исследование флавоноидов *C. sativus*, осуществлено хроматографическое разделение изопропанольного экстракта цветков *C. sativus* сорта Gele Tros на полиамиде, что привело к получению фракции ацилированных флавоноидов, которую хроматографировали с применением флэш-хроматографии на Сефадексе LH-20, нормально- и обращено-фазовом SiO<sub>2</sub> и препаративной ВЭЖХ. В результате были выделены 10 производных изоориентина (ИО), включая известные ИО-6''-*O*-*n*-кумарат, ИО-6''-*O*-ферулат, ИО-2''-*O*-(6'''-*O*-*n*-кумароил)-глюкозид, ИО-2''-*O*-(6'''-*O*-ферулоил)-глюкозид и шесть новых флавоноидов **1–6**. Согласно данным УФ, ЯМР спектроскопии и масс-спектрометрии строение новых соединений было определено как ИО-2''-*O*-(2'''-*O*-*n*-кумароил)-глюкозид (**1**), ИО-2''-*O*-(2'''-*O*-ферулоил)-глюкозид (**2**), ИО-4'-*O*-глюкозид-2''-*O*-(2'''-*O*-*n*-кумароил)-глюкозид (**3**), ИО-4'-*O*-глюкозид-2''-*O*-(2'''-*O*-ферулоил)-глюкозид (**4**), ИО-4',2''-бис-*O*-(2'''-*O*-*n*-кумароил)-глюкозид (**5**) и ИО-4',2''-бис-*O*-(2'''-*O*-ферулоил)-глюкозид (**6**). Все выделенные соединения оказывали выраженное ингибиторное влияние на панкреатическую липазу человека, причем наиболее активными оказались **2** и **6**.



**1:** R = H; **2:** R = OCH<sub>3</sub>



**3:** R = H; **4:** R = OCH<sub>3</sub>



**5:** R = H; **6:** R = OCH<sub>3</sub>

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-26-00063, <https://rscf.ru/project/23-26-00063/>).

### Список литературы

1. D.N. Olennikov, N.I. Kashchenko // Chem. Nat. Compd. 2023. V. 59. P. 651.
2. D.N. Olennikov, N.I. Kashchenko // Appl. Biochem. Microbiol. 2023. V. 59. P. 530.
3. D.N. Olennikov // Separations. 2023. V. 10. 255.
4. D.N. Olennikov, N.I. Kashchenko // Agronomy. 2023. V. 13. 2410.
5. D.N. Olennikov, N.I. Kashchenko // Chem. Nat. Compd. 2024. V. 60. P. 235.

УДК 547.56

**ПОЛИФЕНОЛЬНЫЕ МЕТАБОЛИТЫ В СУЧКАХ ОСИНЫ:  
КОМПЛЕКСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДАМИ 2D ЯМР И ВЭЖХ-МСВР****Онучина А.А., Фалёва А.В., Фалёв Д.И., Ульяновский Н.В., Косяков Д.С.***Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17; email: a.onuchina@narfu.ru*

*Предложена аналитическая стратегия, основанная на сочетании 2D ЯМР и ВЭЖХ-МСВР, позволившая идентифицировать большое количество полифенольных метаболитов в прессованной древесине осины европейской.*

*Ключевые слова: осина европейская, Populus tremula, полифенолы, компрессионная древесина, 2D ЯМР, ВЭЖХ-МСВР.*

Компрессионная древесина деревьев содержит большое количество полифенольных веществ, преимущественно флавоноидного (лиственные) и лигнанового (хвойные) типов. Осина европейская (*Populus tremula*) занимает особое место благодаря своей распространенности, доступности и широкому использованию в лесной промышленности. Это делает ее перспективным промышленным источником ценных фенольных соединений с различной биологической активностью.

Цель работы – всесторонняя характеристика фенольных соединений компрессионной древесины осины европейской с использованием наиболее информативных аналитических методов: двумерной спектроскопии ядерного магнитного резонанса (2D ЯМР), жидкостной хроматографии/масс-спектрометрии высокого разрешения (ВЭЖХ-МСВР).

В качестве объекта исследования выступал ацетоновый экстракт компрессионной древесины *Populus tremula*, характеризующийся выходом экстрактивных веществ 12±2% от массы исходного сырья, общим содержанием полифенолов 315±30 мг экв. галловой кислоты/г экстракта и антиоксидантной активностью 220–240 мг экв. тролокса/г экстракта, определенной хемилюминесцентным методом.

Комбинация взаимодополняющих методов 2D ЯМР и ВЭЖХ-МСВР позволила обнаружить наличие как минимум 28 индивидуальных фенольных метаболитов, среди которых доминируют флавоноиды аромандрин и нарингенин, а также их глюкозиды, и рутинозид *para*-кумаровой кислоты. 19 соединений были обнаружены впервые для осины европейской. Наиболее представительными из них являются сакурнетин (7-метоксипроизводное нарингенина) и его гликозид – сакурнетин. Достоверность идентификации подтверждена выделением чистых фракций методом препаративной ВЭЖХ (чистота >80%) и последующим исследованием методом ЯМР.

Существенное различие в полярности основных компонентов, включая присутствие гликозидных и метоксильных заместителей в структуре некоторых из них, позволяет осуществлять их эффективное разделение на классических неполярных стационарных фазах, что открывает возможность получения вторичных метаболитов из прессованной древесины осины в качестве стандартных образцов и изучения их биологической активности.

*Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП НО «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № FSRU-2024-0004).*

УДК 547.92:57.085.23

## ВЛИЯНИЕ ЭФИРОВ СТЕРОИДОВ С САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТОЙ НА РОСТ ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТОК ЛИНИИ MCF-7

**Панибрат О.В., Трифонова А.Р., Козлова О.В., Чашина Н.М.,  
Левченко Н.В., Жабинский В.Н., Хрипач В.А.**

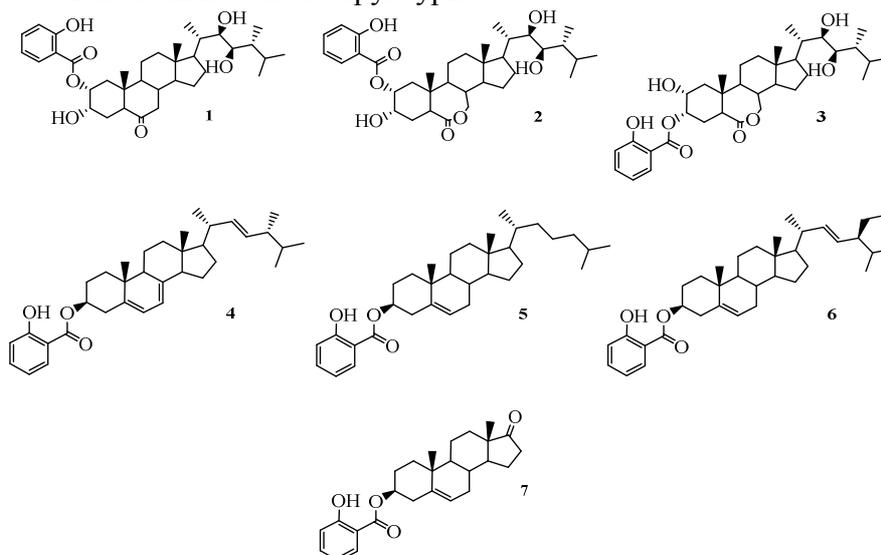
*Институт биоорганической химии НАН Беларуси*

*Республика Беларусь, 220084, г. Минск, ул. ак. Купревича, 5/2; email: panibrat@iboch.by*

*Синтезированы моносалицилаты стероидов и показано, что их противоопухолевая активность обусловлена структурой стероидного ядра, а не наличием фрагмента салициловой кислоты в молекуле.*

*Ключевые слова: салициловые эфиры стероидов, brassinosteroids, противоопухолевая активность, MCF-7, эпибрасинолид, эпикастастерон.*

Ранее показано, что салицилаты brassinosteroids – стероидных фитогормонов способны ингибировать рост опухолевых клеток млекопитающих с  $IC_{50} < 10$  мкМ [1]. В связи с этим нами были синтезированы эфиры стероидов с салициловой кислотой различной структуры (рисунок) и произведена оценка зависимости их противоопухолевой активности от структуры.



Исследуемые соединения: 2-салицилат эпикастастерона (1),  
2-салицилат эпибрасинолида (2), 3-салицилат эпибрасинолида (3),  
3-салицилат эргостерина (4), 3-салицилат холестерина (5),  
3-салицилат стигмастерина (6), 3-салицилат дегидроэпиандростерона (7).

Показано, что эффективная концентрация ( $IC_{50}$ ) соединений 1–3 составляла  $< 10$  мкМ, в то время как соединения 4–7 не влияют на рост клеток линии MCF-7. Из вышесказанного следует, что на активность соединений влияет не салициловый фрагмент и не его положение, а характер заместителей в стероидном ядре.

### Список литературы

1. О.В. Панибрат, А.Р. Трифонова, О.П. Савочка, Р.П. Литвиновская, Н.М. Чашина, В.Н. Жабинский, В.А. Хрипач // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. 2024. Т. 68. № 1. С. 28.

УДК 547.92:57.085.23

## ВЛИЯНИЕ ЭФИРОВ БРАССИНОСТЕРОИДОВ НА РОСТ ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТОК ЛИНИИ MCF-7

**Панибрат О.В., Трифонова А.Р., Чащина Н.М.**

*Институт биоорганической химии НАН Беларуси  
Республика Беларусь, 220084, г. Минск, ул. ак. Купревича, 5/2; email:panibrat@iboch.by*

*В тесте на цитотоксичность борные эфиры эпибрасинолида и эпикастастерона показали умеренную активность с  $IC_{50}$   $25.81 \pm 2.07$  мкМ и  $>50$  мкМ, соответственно.*

*Ключевые слова: эфиры брассиностероидов, борная кислота, эпикастастерон, эпибрасинолид, жизнеспособность опухолевых клеток.*

Отсутствие в терапии злокачественных новообразований высокоспецифичных и нетоксичных для организма препаратов является причиной поиска новых эффективных противоопухолевых соединений с минимумом побочных эффектов.

Стероидные фитогормоны – брассиностероиды способны ингибировать рост опухолевых клеток млекопитающих в концентрациях  $\geq 50$  мкМ. В то же время они не оказывают эффекта на рост нормальных клеток, что позволяет рассматривать их как перспективное средство борьбы с онкозаболеваниями [1, 2].

Также было показано, что эфиры брассиностероидов с салициловой кислотой повышают биодоступность брассиностероидов и снижают ингибирующую рост опухолевых клеток концентрацию ( $IC_{50}$ ) до 10 мкМ [3]. Во время данного исследования была произведена оценка способности эфиров брассиностероидов: эпибрасинолида и эпикастастерона с борной кислотой подавлять рост опухолевых клеток линии MCF-7 (карцинома молочной железы человека).

Показано, что активность синтезированных новых соединений существенно различается в зависимости от структуры стероидного ядра, эффективная концентрация составила в случае бората эпибрасинолида –  $25.81 \pm 2.07$  мкМ, а в случае бората эпикастастерона – величину  $>50$  мкМ.

### **Список литературы**

1. J. Malíková, J. Swaczynová, Z. Kolár, M. Strnad // *Phytochemistry*. 2008. V. 69. No. 2. P. 418.
2. О.В. Панибрат, В.Н. Жабинский, В.А. Хрипач // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. 2019. Т. 63. № 4. С. 437.
3. О.В. Панибрат, А.Р. Трифонова, О.П. Савочка, Р.П. Литвиновская, Н.М. Чащина, В.Н. Жабинский, В.А. Хрипач // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. 2024. Т. 68. № 1. С. 28.

УДК 547.596.7+547.639.5

**КОМПЛЕКСЫ «ГОСТЬ-ХОЗЯИН» НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ  
S-ПЕРИЛЛИЛОВОГО СПИРТА И ПИЛЛАР[5]АРЕНА:  
СИНТЕЗ И САМОСБОРКА****Панина Ю.В., Абдуллаева А.С., Ахмедов А.А., Стойков И.И.**

*Химический институт им. А.М. Бутлерова,  
Казанский (Приволжский) федеральный университет  
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18; email: panintim@rambler.ru*

*Получены соединения, содержащие S-периллиловый фрагмент, изучено образование комплекса включения с пиллар[5]ареном: состав, структура, стехиометрия комплекса подтверждены рядом физических методов.*

*Ключевые слова: терпеноиды, макроциклические системы, пиллар[5]арен, ассоциаты, системы «гость–хозяин», комплекс включения.*

Малая растворимость некоторых лекарств в воде требует поиска новых способов повышения их биодоступности, таких как создание твердых дисперсий, эмульсий, пролекарств и наночастиц. Использование нанокапсул на основе комплексов включения может значительно повысить эффективность доставки терапевтических препаратов, что приведет к улучшению физико-химических и фармакологических свойств. Супрамолекулярные контейнеры на основе макроциклов, в частности пиллар[5]аренов, являются довольно перспективными решениями данной проблемы. Использование терпеновых фрагментов в создании супрамолекулярных контейнеров позволяет снизить токсичность и повысить биодоступность нанокапсул на их основе [1].

В настоящей работе были синтезированы пиридин- и имидазолсодержащие производные на основе S-периллилового спирта. Была изучена их способность к нековалентному взаимодействию с пиллар[5]ареном и образованию супрамолекулярных самоассоциатов. Было выявлено, что только пиридин-содержащий меротерпеноид образует комплекс с пиллар[5]ареном состава 2:1, на что указывают данные, полученные методами спектроскопии ЯМР <sup>1</sup>H и двумерной спектроскопии ЯМР <sup>1</sup>H–<sup>1</sup>H NOESY. Была установлена стехиометрия полученного комплекса: соотношение меротерпеноид:пиллар[5]арен составляет 2:1. Устойчивость образовавшихся ассоциатов и размеры были определены методами доплеровского микроэлектрофореза, просвечивающей электронной микроскопии и динамического рассеяния света. Система, основанная на комплексе включения меротерпеноид/пиллар[5]арен, может быть успешно применена в системах адресной доставки лекарственных препаратов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант № 22-73-00187).*

**Список литературы**

1. A.A. Akhmedov, Yu.V. Panina, R.R. Gamirov, D.N. Shurpik, I.I. Stoikov // Rus. Chem. Bull. 2024. V. 73. No. 3. P. 644.

УДК 547.914.2; 547.368.2

## СОЕДИНЕНИЯ ДЕГИДРОАБИЕТАНОВОГО РЯДА С ФРАГМЕНТАМИ АМИНОКИСЛОТ И ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

**Пестова С.В., Измestьев Е.С., Рубцова С.А.**

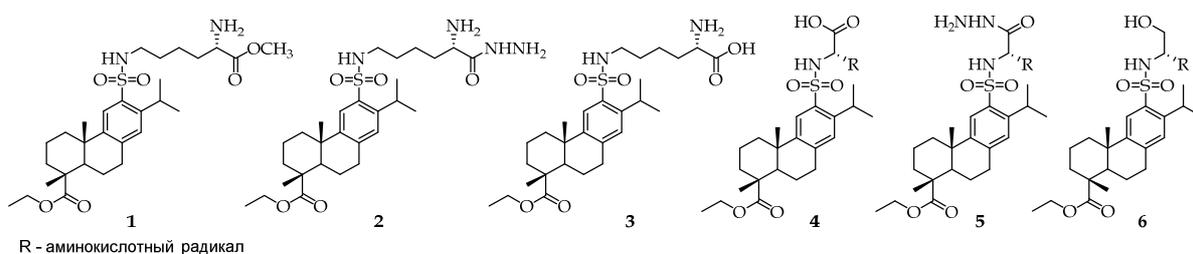
*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: pestova-svetlana89@mail.ru*

*На основе дегидроабиетиновой кислоты, аминокислот и β-аминоспиртов осуществлен синтез сульфонамидных производных абиетанового типа, перспективных для изучения противомикробной и противоопухолевой активности.*

*Ключевые слова: дитерпеноиды, дегидроабиетиновая кислота, аминокислоты, аминосспирты, сульфонамиды.*

Дитерпеноиды абиетанового типа являются перспективными для получения новых соединений, обладающих антибактериальной, противогрибковой и противоопухолевой активностью. Особый интерес вызывает изучение аминокислотных производных наиболее доступных в природе дитерпеноидов – абиетиновой и дегидроабиетиновой кислот. Их амидные производные с фрагментами ароматических кислот продемонстрировали высокую противоопухолевую активность против различных линий раковых клеток. Активно изучаются свойства синтезируемых аминокислотных и пептидных производных дегидроабиетиновой кислоты против протистов *L. donovani*, *T. cruzi* и бактерий *S. aureus*, *E. coli*.

В работе осуществлен синтез серии сульфонамидных производных **1–6** этилового эфира дегидроабиетиновой кислоты. Некоторые из них протестированы на антибактериальную (MSSA, MRSA, *P. aeruginosa*), противогрибковую (*C. albicans*) активность и цитотоксичность.



Какой-либо значимой антимикробной активности соединения не показали за исключением сульфонида **1**, содержащего фрагмент метилового эфира лизина (МПК: MSSA 32 мкг/мл; MRSA 128 мкг/мл; *P. aeruginosa* 64 мкг/мл, *C. albicans* 64 мкг/мл). При переходе к производным лизина – гидразиду **2** и аминокислоте **3**, активность против указанных микроорганизмов исчезает. Кислота **4** с радикалом тирозина (CH<sub>2</sub>PhOH) проявила более выраженную активность против гриба *C. albicans* (МПК 32 мкг/мл), но меньшую в отношении MSSA (64 мкг/мл) и MRSA (256 мкг/мл). Все синтезированные соединения обладают повышенной токсичностью.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание № 122040600073-3) и при поддержке научно-образовательного центра мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования». Анализ синтезированных соединений выполнен с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Химия» Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.*

УДК 543.51

## ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ МЕТОДОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Пиковской И.И., Фалёва А.В., Косяков Д.С.

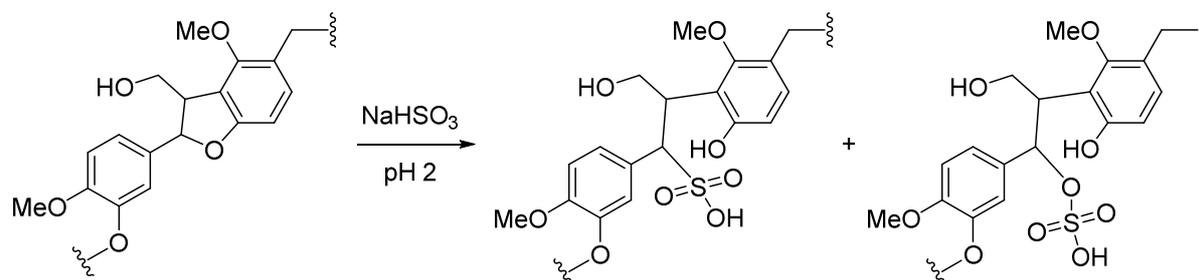
Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова,  
Центр коллективного пользования научным оборудованием «Арктика»  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17; email: i.pikovskoj@narfu.ru

Лигносультфонат – продукт, получаемый в технологическом процессе переработки древесного сырья. Применение метода масс-спектрометрии позволило установить новые данные о структурных особенностях данного полимера.

Ключевые слова: лигносульфонаты, структура, масс-спектрометрия, спектроскопия ЯМР, возобновляемые ресурсы.

Лигносультфонаты (ЛС) являются наиболее часто используемыми производными природного полимера лигнина, которые образуются в технологическом процессе сульфитной варки целлюлозы. ЛС нашли свое применение в различных прикладных отраслях: в качестве ПАВ, сырьевых добавок для бетонных смесей и буровых промывочных растворов, для производства связующих компонентов и красителей. На данный момент структура ЛС окончательно не установлена. Тем не менее их образование в процессе варки описывается двумя реакциями: гидролизом (отрывом гидроксильных групп в  $\alpha$ -положении пропановой цепи и образованием иона карбония) и сульфированием (присоединением сульфит-ионов в  $\alpha$ -положение пропановой цепи). При этом упрощенная структура ЛС во многих источниках близка к структурам малоизмененных лигнинов.

В данном исследовании для изучения структурных особенностей технического ЛС применялись методы масс-спектрометрии, спектроскопии ЯМР и жидкостной хроматографии. Для понимания процессов фрагментации сульфированных фрагментов лигнина в процессе масс-спектрометрических исследований, были проведены эксперименты на полученных модельных сульфированных мономерных и димерных соединениях лигнина. Установлено, что в процессе сульфирования фенолкупумарановые структуры претерпевают значительные изменения, ранее не описанные в литературе.



Предположительные пути трансформации фенолкупумарановых структур.

Хроматографический анализ ЛС показал наличие в их составе широкого спектра соединений: сульфированных фрагментов полисахаридов, полифенолов и лигнина. Для ряда димерных и тримерных структур олигомеров лигнина предложены структурные формулы, содержащие в своем составе от одной до двух сульфогрупп.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект 23-73-01019.

УДК 665.947.2:665.947.3:665.944.824.5:676.2.04

**О ПРИМЕНЕНИИ ДИСПРОПОРЦИОНИРОВАННОЙ ТАЛЛОВОЙ КАНИФОЛИ С НИЗКИМ УРОВНЕМ ЦВЕТНОСТИ ПО ШКАЛЕ ГАРДНЕРА****Пискунов К.А.<sup>1,2</sup>, Курзин А.В.<sup>3</sup>, Корочинский А.Ю.<sup>3</sup>, Евдокимов А.Н.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>ООО «Янтарный поток»

165650, г. Коряжма, ул. Дыбцына, 42

<sup>2</sup>АО «Группа “Илим”»

191025, г. Санкт-Петербург, ул. Марата, 17

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет  
промышленных технологий и дизайна

191186, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 18; email: eanchem@mail.ru

*На основе образцов диспропорционированной талловой канифоли, имеющих цветность по шкале Гарднера 1, синтезированы сложные эфиры и полиамидполиамин-эпихлоргидриновые смолы. Реакции этерификации смоляных кислот, а также получения полиаминоамидов и присоединение к ним эпихлоргидрина проводили как в опубликованных ранее, так и впервые разработанных условиях. Обнаружено, что цветность синтетических продуктов ухудшилась максимум на одну единицу по сравнению с исходной диспропорционированной канифолью. Полученные производные смоляных кислот могут быть использованы в традиционных областях их применения, где наиболее важна цветность продуктов и ее стабильность.*

*Ключевые слова:* диспропорционированная талловая канифоль, эфиры канифоли, полиамидполиаминэпихлоргидриновые смолы.

Диспропорционированная канифоль, один из продуктов переработки канифольного сырья [1], широко используется в виде водных растворов калиевых солей в составах эмульгаторов при производстве бутадие-стирольных каучуков [1, 2]. Цветность имеет наибольшее значение для таких синтетических продуктов на основе канифоли, как глицериновые и пентаэритритовые эфиры [1, 3]. Канифоль применяется в составах современных рецептур (полиамидполиамин)эпихлоргидриновых смол (ППЭС, на основе адипиновой кислоты, диэтилентриамина и эпихлоргидрина), используемых в производстве бумаги и картона [4, 5] и обладающих улучшенными упрочняющими и гидрофобизирующими свойствами. Однако использование канифоли в подобных смолах приводит к их потемнению (до светло-коричневых оттенков).

Для получения сложных эфиров смоляных кислот, а также ППЭС нами был использован образец диспропорционированной талловой канифоли с цветностью 1 по шкале Гарднера. Установлено, что цветность синтезированных продуктов и составов на их основе составила не более 2. Показатели цветности не изменились при хранении при температуре 22–24 °С в течение 30 дней.

**Список литературы**

1. П.И. Журавлев // Канифоль, скипидар и продукты их переработки. М.: Лесн. пром-сть, 1988. 72 с.
2. В.Н. Папков, Э.М. Ривин, Е.В. Блинов // Бутадиен-стирольные каучуки. Синтез и свойства. Воронеж: ВГУИТ, 2015. 313 с.
3. K. Hiscock, K. Krajca // Rosin ester handbook. Almere: Arizona Chemical, 2007. 175 p.
4. Н.В. Черная, Н.А. Герман // Синтетические материалы в бумажных и картонных производствах: ресурсосбережение и импортозамещение. Минск: БГТУ, 2020. 205 с.
5. М.В. Андрюхова, В.Л. Флейшер, Н.В. Черная // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. 2019. Т. 55. № 1. С. 99.

УДК 547.992.3 + 546.571

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ЛИГНОСУЛЬФОНАТАМИ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА СЕРЕБРА В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРА ВОССТАНОВЛЕНИЯ НИТРОФЕНОЛОВ И КРАСИТЕЛЕЙ

**Плахин В.А., Хабаров Ю.Г., Вешняков В.А.**

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17; email: v.plahin@narfu.ru*

*Коллоидный раствор серебра, стабилизированный лигносульфонатами, обладает высокой каталитической активностью при восстановлении нитрофенолов и красителей.*

*Ключевые слова: лигносульфонаты, наночастицы серебра, катализатор, борогидрид натрия, восстановление.*

Наноразмерные частицы благородных металлов, в частности серебра, находят широкое применение в качестве катализаторов для проведения химических реакций [1]. Ранее нами был разработан способ получения стабильного в течение длительного времени коллоидного раствора серебра (AgNPs), основанный на окислительно-восстановительной реакции катионов Ag(I) с глюкозой в щелочной среде, в качестве стабилизатора коллоидного раствора использовали лигносульфонаты [2].

Для проверки каталитических свойств раствора коллоидного серебра было проведено восстановление нескольких нитрофенолов и красителей борогидридом натрия. Для контроля реакции использовали фотометрию (таблица). Эффективность восстановления оценивали по снижению поглощения ( $S$ , %) при длине волны максимума на электронном спектре. Расходы реагентов на 1 г субстрата составили: борогидрид натрия 5–7 г, катализатор – 5.3–8.6 мг. Восстановление нитрофенолов проходило за 1–2 мин при 100 °С, красителей – за 3–10 мин при комнатной температуре.

### Влияние AgNPs на восстановление нитрофенолов и красителей

Субстрат	$\lambda$ , нм	Поглощение исходных и обработанных растворов				
		исходный	NaBH <sub>4</sub>		NaBH <sub>4</sub> с AgNPs	
		$A_\lambda$	$A_\lambda$	$S$ , %	$A_\lambda$	$S$ , %
2-Нитрофенол	420	1.300	0.530	59	0.021	98
4-Нитрофенол	400	1.130	0.645	43	0.005	100
2,4-Динитрофенол	360	1.344	0.206	85	0.042	97
	400	1.029	0.269	74	0.055	95
2,4,6-Тринитрофенол	360	0.896	0.389	57	0.910	0
	400	0.636	0.456	28	0.392	48
Метиленовый голубой	665	1.298	1.228	5	0.037	97
Метиловый оранжевый	465	0.826	0.798	3	0.358	57

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FSRU-2024-0010.*

### Список литературы

- J.L. Liu, B. Jiang, G.Z. Han // Current Organic Chemistry. 2020. Vol. 24. No. 8. P. 855.
- В.А. Плахин, Ю.Г. Хабаров, В.А. Вешняков // Лесн. журн. 2021. № 6. С. 184.

УДК 633.71:631.811.98

## ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ БИОСТИМУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ КИСЛОТ GROW–В НА ТАБАКЕ

Плотникова Т.В., Тютюнникова Е.М.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака,  
махорки и табачных изделий»  
350072, г. Краснодар, ул. Московская, 42; email: agrotobacco@mail.ru

*Замачивание семян табака перед посевом в парник и обработки рассады в фазы «ушки» и «годная к высадке» раствором препарата Grow–В повышает выход стандартной рассады, урожайность табачного сырья и улучшает его курительные достоинства.*

*Ключевые слова: табак, биостимулятор Grow–В, семена, рассада, урожайность, химический состав табачного сырья.*

Снизить влияние стрессовых факторов при выращивании табака (перепады температур, патогены, пересадка в поле) позволяют биостимуляторы на основе тритерпеновых кислот, полученные из древесной зелени пихты. Отечественные препараты Силк, Экосил, Вэрва и другие нашли широкое применение на различных культурах, в том числе и на табаке [1]. В данной работе изучена эффективность применения нового ростостимулирующего средства защиты растений с фунгицидным эффектом Grow–В [2]. Лабораторными опытами определена эффективная концентрация препарата. Установлено, что предпосевная обработка семян табака в концентрации водного раствора 0.05% при экспозиции 6 ч способствует повышению массы табачных проростков на 43%. Замачивание семян перед посевом в защищенный грунт совместно с обработками растений табака в основные фазы формирования рассады «ушки» и «годная к высадке» водным раствором биостимулятора Grow–В в концентрации 0.05% увеличивает длину рассады на 24–37%, диаметр стебля на 30%, массу стеблей и корней на 96 и 95% соответственно. Выход стандартной рассады к оптимальному сроку высадки при однократной выборке в данном варианте повысился на 29%. Высадка качественной рассады, выращенной на фоне применения стимулятора Grow–В на выделенном варианте опыта, установила увеличение высоты растений табака в поле и количества технических листьев. Установлено повышение площади листьев табака на 28% и урожайности табачного сырья на 37% в сравнении с контролем. Применение биостимулятора Grow–В способствовало увеличению крепости табачного сырья на 34%, выраженной содержанием никотина в табачном сырье, углеводов на 68% и снижению количества белков на 13%. Углеводно-белковое соотношение или число Шмука, характеризующее курительные достоинства табака, в табачном сырье, полученном на фоне биостимулятора, достигло значения 1.43 и превысило значение контроля на 89%.

### Список литературы

1. Т.В. Плотникова, В.А. Саломатин, Т.В. Хуршкайнен, А.В. Кучин // Международный сельскохозяйственный журнал. 2016. № 3. С. 46.
2. Т.В. Плотникова, В.А. Саломатин, Е.М. Тютюнникова // Патент № 2806586. № 2022133028; заявл. 15.12.2022; опубл. 01.11.2023. Бюл. № 31.

УДК 547.992;543.544

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОНОМЕРНОГО СОСТАВА ЛИГНИНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИАГРАММ RDBE И ВАН-КРЕВЕЛЕНА

**Покрышкин С.А., Сыпалова Ю.А., Кожевников А.Ю.**

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова  
163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 14; email: s.pokryshkin@narfu.ru*

*Состав лигнина механического размола и гидролизного лигнина был исследован методом ГХ/МС-пиролиза с анализом мономерного состава в координатах Ван-Кревелена и RDBE vs Cn.*

*Ключевые слова: лигнин, анализ растительного сырья, пиролиз, газовая хроматография, масс-спектрометрия.*

Лигнин из растительного сырья *Betula Pendula* был выделен по методике, описанной в [1, 2]. Для разложения лигнина на мономеры использовался метод аналитического пиролиза. Пиролиз образцов (100–150 мкг) происходил в атмосфере гелия, в режиме контролируемого нагрева от 50 до 400 °С со скоростью 120 °С/мин. Продукты пиролиза улавливали в криоловушке ГХ/МС системы. После завершения цикла пиролиза проводилось разделение на неполярной капиллярной колонке (тип HP-5ms, 30 м, 0.25 мм, 0.25 мкм) и масс-детектирование продуктов. На хроматограммах были идентифицированы (как было описано ранее [1]) основные фенольные продукты пиролиза. После нормализации площадей пиков на массу навески были построены диаграммы RDBE vs Cn и Ван-Кревелена в координатах Н/С – О/С.

Для лигнина мехразмола на диаграммах RDBE vs Cn характерно присутствие тяжелых непредельных молекул (со значениями RDBE 5–6 и Cn 10–11). У сильноизмененного препарата гидролизного лигнина заметно присутствие большего количества предельных соединений с меньшим числом атомов углерода.

На диаграммах Ван-Кревелена область мономеров лигнина мехразмола вытянута вдоль направления гомологических рядов и сжата вдоль направления процессов дегидратации. Это говорит о большом разнообразии гомологов и большом содержании кислорода и водорода в них. Для сильноизмененного гидролизного лигнина характерна вытянутая вдоль направления дегидратации область компонентов со сниженным гомологическим разнообразием.

Использование диаграмм RDBE vs Cn и Ван-Кревелена позволяет комплексно характеризовать мономерный состав продуктов пиролиза лигнинов. Препарат малоизмененного лигнина характеризуется большим разнообразием связей, присутствием молекул с большой длиной цепи, большим количеством кислорода и двойных связей в составе молекулы. Препарат сильноизмененного лигнина характеризуется меньшим количеством гомологов, преобладанием компонентов с более короткой боковой цепью с меньшим количеством двойных связей и кислорода.

*Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-13-20015) с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием «Арктика» САФУ.*

### **Список литературы**

1. S. Pokryshkin, Y. Syalova, A. Ivahnov, A. Kozhevnikov // *Polymers*. 2023. V. 15. No. 13. 2861.
2. Э.И. Евстигнеев // *Журнал прикладной химии*. 2013. Т. 86. №. 2. С. 278.

УДК 661.728.7

## СОПОСТАВЛЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОРΟΣЛЕВОЙ И ДРЕВЕСНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗ

**Поломарчук Д.А.<sup>1</sup>, Боголицын К.Г.<sup>1,2</sup>, Паршина А.Э.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17; email: d.polomarchuk@edu.narfu.ru

<sup>2</sup>Институт экологических проблем Севера ФИЦКИА УрО РАН  
163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 23

*Исследована и сопоставлена структура водорослевой и древесной целлюлозы.*

*Ключевые слова: бурые водоросли, целлюлоза, капиллярно-пористая структура, ИК-спектроскопия, ядерная магнитная релаксометрия.*

Целлюлоза является основным структурным компонентом клеточной стенки каждого растения (в том числе и водорослей), обеспечивая механическую прочность и эластичность растительным тканям. Целлюлоза в макроводорослях представляет собой целлюлозный каркас, помещенный в аморфную матрицу, состоящую из альгинатов и фукоиданов. Биосинтез целлюлозы осуществляется терминальными мембранными комплексами целлюлозосинтазы. Размер и форма микрофибрилл, кристалличность и внутримикрофибриллярные ассоциации напрямую связаны с особенностями организации терминальных комплексов. Их типичная геометрия у высших растений соответствует гексагональной структуре (структура розеток). Для водорослей характерны более разнообразные варианты организации терминальных комплексов: розеточное, однорядное и многорядное. После биосинтеза полимерные цепочки целлюлозы агрегируют в полукристаллические микрофибриллы благодаря меж- и внутримолекулярным водородным связям и силам Ван-дер-Ваальса.

Цель работы – изучение и сравнение структуры водорослевой и древесной целлюлозы. Объектами исследования являются водорослевая целлюлоза (ВЦ), полученная согласно модифицированной схеме, предложенной в работе [1], и сульфатная беленая листовая целлюлоза (ЛЦ).

Показано, что целлюлозы обладают развитой удельной поверхностью (6.87 м<sup>2</sup>/г для ВЦ и 1.45 м<sup>2</sup>/г для ЛЦ) и системой мезопор. При анализе ИК-спектров выявили, что надмолекулярная организация водорослевых целлюлоз и целлюлоз наземного происхождения имеет значительные различия, это обусловлено химическим составом образцов, их кристаллографической структурой. Результаты ядерной магнитной релаксометрии (ЯМР) показали, что образцы древесной и водорослевой целлюлозы характеризуются хорошей внутригрупповой согласованностью во временах T. Времена релаксации практически во всех случаях выше для образцов ВЦ, что свидетельствует о более медленных процессах релаксации, связанных с высокой подвижностью молекул воды, т.е. более высоким содержанием свободной воды.

*Исследование выполнено в рамках проектной части государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ в сфере научной деятельности FSRU-2023-004.*

### **Список литературы**

1. К.Г. Боголицын, А.Э. Паршина, Н.В. Шкаева, Л.А. Алешина, А.И. Прусский, О.В. Сидорова, Н.И. Богданович, М.А. Архилин // Сверхкритические флюиды: теория и практика. 2021. Т. 16. № 2. С. 110.

УДК 547.395, 547.392.4, 542.973

## ПОЛУЧЕНИЕ МОНО- И ДИКАРБОНОВЫХ АЛИФАТИЧЕСКИХ КИСЛОТ ИЗ ТАЛЛОВЫХ МАСЕЛ – ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

**Приходько И.Ю., Бердникова П.В., Пай З.П., Хлебникова Т.Б.**

*Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН  
630090, г. Новосибирск, просп. Лаврентьева, 5; email: risha@catalysis.ru*

*Основным компонентом талловых масел – побочного продукта целлюлозного производства, являются ненасыщенные жирные кислоты, удобный субстрат для получения коротких карбоновых кислот. Окисление талловых масел пероксидом водорода в мягких условиях (катализатор –  $(\text{CeTPy})_3\{\text{PO}_4\{\text{WO}(\text{O}_2)_4\}_4\}$ ) приводит к образованию нонановой, азелаиновой и адипиновой кислот.*

*Ключевые слова: талловые масла, пероксополиоксовольфрамат, каталитическое окисление.*

Актуальной задачей современной химии является изучение способов переработки отходов крупнотоннажных производств. Так, основными компонентами таллового масла (ТМ) – побочного продукта сульфат-целлюлозного производства являются ненасыщенные жирные кислоты, удобный субстрат для получения карбоновых кислот с короткой углеводородной цепью. Выделение индивидуальных жирных кислот из многокомпонентной смеси – трудоемкая и энергозатратная задача, поэтому чаще всего ТМ используются без разделения, например, в качестве смазок.

В нашей работе впервые показано, что коммерчески доступные талловые масла (ДТМ, ТМ легкое (ТУ 13-0281078-100-90), ТМ (ТУ ОП 2453-086-00279611-98)) подвергаются окислению в присутствии каталитического комплекса  $(\text{CeTPy})_3\{\text{PO}_4\{\text{WO}(\text{O}_2)_4\}_4\}$  [1, 2]. Реакция окисления ведется с использованием экологически благоприятного окислителя – пероксида водорода, без использования органических растворителей в условиях межфазного катализа.

Основными компонентами выбранных ТМ, по данным ГЖХ, являются олеиновая и линолевая кислоты, а продуктами окислительного расщепления – азелаиновая, пеларгоновая, адипиновая кислоты (состав продуктов реакции подтвержден ВЭЖХ, ГЖХ, ГХМС). Процесс проходит в мягких условиях – 85°C, концентрация пероксида водорода – 37%. Исследованы кинетические закономерности окисления, предложен предполагаемый механизм реакции. Конверсия жирных кислот составляет 98% через час после начала реакции, а выходы алифатических кислот достигают 85% от теоретического.

Таким образом, в данной работе предложен способ переработки талловых масел с образованием ценных продуктов органического синтеза.

*Исследование выполнено при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания ИК СО РАН, проект FWUR-2024-0035.*

### Список литературы

1. Z.P. Pai, A.G. Tolstikov, P.V. Berdnikova, G.N. Kustova, T.B. Khlebnikova, N.V. Selivanova, A.B. Shangina, V.G. Kostrovskii // Russ. Chem. Bull. 2005. V. 54. No. 8. P. 1.
2. A. Godard, P. De Caro, S. Thiebaud-Roux, E. Vedrenne, Z. Mouloungui // J. Am. Oil. Chem. Soc. 2013. V. 90. P.133.

УДК 541.18.042.2:678.745

## СИНТЕЗ И ФЛОКУЛИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА МАГНИТНОГО НАНОКОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ МАГНЕТИТА И ХИТОЗАНА

**Проскурина В.Е., Алексеева А.А., Галяметдинов Ю.Г.**

*Казанский национальный исследовательский технологический университет  
420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68; email: v\_proskurina@mail.ru*

*В работе представлены результаты синтеза и характеристика полученных магнитных наноконкомпозитов. Проанализировано влияние концентрации хитозана и магнитных флокулянтов на скорость седиментации суспензии бентонитовой глины. Ключевые слова: пектин, магнитный флокулянт, бентонитовая глина, флокуляция.*

Разработка новых продуктов на основе природных растительных полисахаридов актуальна в связи с их потенциальным применением во многих областях, таких как доставка лекарств, контролируемое высвобождение препаратов, биотехнология и микробиологический синтез. Природные полисахариды обладают широким набором функционально активных групп, что позволяет связывать различные органические соединения, металлы, магнетиты и получать на их основе стабильные частицы с воспроизводимыми характеристиками, регулируемым составом и размером менее 100 нм.

Флокулирующим агентом выбран хитозан с  $M = 3.8 \cdot 10^4$  и степенью деацетилирования 80%. Методом соосаждения солей  $FeCl_2$  и  $FeCl_3$  в присутствии  $NH_3 \cdot H_2O$  при мольном соотношении  $Fe^{3+}/Fe^{2+} = 2:1$  при 80 °С при постоянном перемешивании в атмосфере  $N_2$  в течение 30 мин были получены образцы магнетита  $Fe_3O_4$  по методике [1]. Методом динамического светорассеяния определены размеры синтезированных наночастиц магнетита  $d_1 = 50.5$  нм и  $d_2 = 841$  нм. Затем в водный раствор хитозана добавляли заданную массу наночастиц  $Fe_3O_4$  и перемешивали в течение 6 ч. Образцы магнитного флокулянта отделяли с помощью постоянного магнита и промывали деионизированной водой. Оценку флокулирующего поведения магнитных флокулянтов проводили в режиме стесненного оседания на модельной дисперсной системе – суспензии бентонитовой глины со средним размером частиц  $R_{cp} = 0.55 \cdot 10^{-6}$  м и  $\zeta = -33.5$  мВ. Отмечено, что коэффициент адсорбции полисахарида имеет значение в пределах 0.86–1, что позволяет утверждать, что магнитные наноконкомпозиты практически полностью адсорбируются на частицах дисперсной фазы при флокуляции бентонитовой глины. Синтезированные магнитные флокулянты могут быть применены в протеомике, а также для концентрирования частиц в заданном органе с помощью магнитного нацеливания.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания на оказание государственных услуг (проект № 075-01508-23-00) и Фонда содействия инновациям в рамках гранта «Студенческий стартап» СтС-307197.*

### **Список литературы**

1. В.Е. Проскурина, Е.С. Кашина, А.П. Рахматуллина // Коллоидный журнал. 2023. Т. 84. № 1. С. 1.

УДК 577.19: 582.61: 54.06

**ПОЛУЧЕНИЕ МЕЛАНИНОВ ИЗ ЛУЗГИ ПОДСОЛНЕЧНИКА И КОНОПЛИ****Прутенская Е.А.<sup>1,2</sup>, Ущановский В.И.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Тверской государственной университет  
170002, г. Тверь, просп. Чайковского, 70б; email: prutenskaya@mail.ru*<sup>2</sup>*Тверской государственной технической университет  
170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22*

*В работе рассматриваются способы выделения меланинов. Определены оптимальные условия экстракции. Показано, что экстракция под действием ультразвука увеличивает выход целевого продукта с 3.4 до 8.8%.*

*Ключевые слова: меланин, лузга подсолнечника, лузга конопли, выделение, физико-химические свойства.*

Меланины относятся к полифенольным структурам, их химическое строение и свойства зависят от происхождения. Препараты меланинов обладают повышенной биоактивностью, рекомендуются к использованию в восстановительной медицине в качестве профилактической и лечебной биологической добавки. Специфическое строение молекул меланинов способствует проявлению свойств, обеспечивающих защиту клеточных систем от факторов канцерогенной и мутагенной природы. Физико-химические свойства позволяют рекомендовать их в качестве полупроводников и компонентов в электронике.

В качестве объектов исследования нами были выбраны фитомеланины, полученные из лузги подсолнечника и конопли. Для выделения меланиновых веществ использовали способность меланинов растворяться в щелочной среде и осаждаться при изменении pH близкой к 2. Затем проводились физико-химические методы анализа для определения сопутствующих веществ, выделенных вместе с меланиновыми веществами. ИК- и УФ-спектроскопия показали наличие белковых веществ. Методом РФЭС также был обнаружен азот, что свидетельствует о том, что меланиновые вещества были выделены с примесью белковых веществ.

Для очистки меланиновых веществ можно использовать различные методы: переосаждение, ионообменную хроматографию и др. В качестве альтернативы методам очистки нами была выбрана ультразвуковая экстракция. Под действием ультразвука происходит уменьшение размера молекулы полимерных веществ [1]. При этом на размер частиц и выход меланиновых веществ влияло время и температура процесса экстракции. Время воздействия ультразвука имело заметное влияние на выход меланина: с увеличением времени экстракции выход меланина также увеличивался с 3.4 до 8.8%. Однако, при воздействии ультразвуком более 6 мин экстракт закипал, поэтому необходимо осуществлять процесс при охлаждении, чтобы не происходили нежелательные реакции. При этом размер меланиновых веществ лузги подсолнечника уменьшался в зависимости от условий ультразвуковой обработки.

Подобранные условия ультразвуковой экстракции позволяют получить меланины с наибольшим выходом из лузги подсолнечника и конопли с меньшим содержанием сопутствующих веществ.

**Список литературы**

1. Д.Б. Маневич // Пищевая промышленность. 2022. № 3. С. 43.

УДК: 543.05, 543.51

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИРТА ЛИМОННОГО КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ НАПИТКОВ

**Пушкарев Г.А., Платонов И.А., Павлова Л.В.**

*Самарский национальный исследовательский университет им. ак. С.П. Королева  
443086, г. Самара, ул. Московское шоссе, 34; email: pushkarevga@gmail.com*

*Исследование состава мирта лимонного проводилось с использованием газовой хромато-масс-спектрометрии. Оценивалось биологическое воздействие компонентов на организм человека.*

*Ключевые слова: мирт лимонный, экстракция, ГХ-МС, субкритическая экстракция, компонентный состав.*

Мирт лимонный (*Backhousia citriodora*) является малоизученным растением. Для изучения состава аромата мирта лимонного проведен анализ газового экстракта измельченных листьев. Также проводилась экстракция водой, водно-этанольной смесью и в условиях, приближенных к условиям ЖКТ. Исследование проводилось с использованием метода газовой хроматографии с масс-спектрометрическим обнаружением (ГХ-МС). Компоненты водного экстракта были переэкстрагированы этилацетатом, затем полученный экстракт был дериватизирован БСТФА и вводился в хроматограф.

Было определено, что мирт лимонный содержит 29 ароматических соединений с преобладанием изомеров цитраля. В газовом экстракте также присутствуют мелональ, гераниол, розефуран, борнеол, фуран, *цис*-оцимен, D-лонгифолен и вербенол. Анализ водного экстракта обнаружил линалоол, гераниол и цитронеллол – производные цитраля, обеспечивающие сходные ароматические характеристики с сухим сырьем. Водные экстракты в значительной степени повторяют друг друга, но экстракт, полученный при кипении, содержит больше алканов, а также L-метионин, эпикатехин и лигнотерилловый спирт. Субкритические экстракты расширяют спектр найденных веществ. Так в экстракте, полученном при 110 °С, была обнаружена фумаровая кислота, луценин-2, 2-фенилсерин, а в экстракте, полученном при 130 °С – резорцин,  $\alpha$ -терпинен, лизин. Анализ спиртового экстракта показал преобладание различных сахаров: глюкозы, D-фруктозы, D-рибозы, глюкофуранозы, а также жирных кислот, таких как азелаиновая и гексакозановая, в составе мирта лимонного. Также обнаружены лупенон, фитол, L-пролин,  $\beta$ -америн,  $\beta$ -ситостирол,  $\alpha$ -токоферол, которые при приготовлении напитка возможно переходят в водный экстракт в следовых количествах. Анализ проб, подготовленных в условиях среды внутри органов ЖКТ, повторил предыдущие анализы, но также обнаружил ацетоуксусную кислоту, аконитовую кислоту и треозу. Кроме того, в кислой среде желудка происходит гидролиз сложных эфиров, высвобождаются многоатомные спирты и карбоновые кислоты.

На основании установленного компонентного состава можно предположить, что мирт лимонный обладает антисептическими, противовирусными, бактерицидными, антимикотическими свойствами, седативным и отхаркивающим действием и является отличным сырьем в приготовлении напитков, вкусо-ароматических добавок и, возможно, может стать хорошей добавкой к продуктам функционального питания.

УДК 615.322

**ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ НАКОПЛЕНИЯ ФЕЛЛАМУРИНА В ЛИСТЬЯХ БАРХАТА АМУРСКОГО, ИНТРОДУЦИРОВАННОГО В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ****Радимич А.И., Куляк О.Ю., Сайбель О.Л.**

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
лекарственных и ароматических растений»  
117216, г. Москва, ул. Грина, 7; email: vilarnii.radimich@mail.ru*

*Изучена динамика накопления фелламурина в листьях бархата амурского в зависимости от фазы вегетации растения и установлено, что оптимальным сроком заготовки сырья является май–июнь.*

*Ключевые слова: бархат амурский, листья, фелламурин, динамика накопления.*

Бархат амурский (*Phellodendron amurense* Rupr.) – листопадное дерево семейства рутовые (*Rutaceae*). Листья данного растения являются сырьем для получения фармацевтической субстанции «Флакозид», представляющей собой флавоноидный гликозид – фелламурин с содержанием основного вещества не менее 96%.

Одним из основополагающих условий достижения высокого выхода фелламурина при получении данной субстанции из листьев бархата амурского является качество сырья и, прежде всего, содержания в нем целевого вещества.

В связи с этим, цель работы – изучение динамики накопления фелламурина в листьях бархата амурского для установления оптимальных сроков заготовки сырья с наибольшим содержанием целевого метаболита.

Объектом исследования служили высушенные листья бархата амурского, заготовленные в разные фазы вегетации растения в период с мая по сентябрь 2023 года.

Листья собирали с 15–18 летних деревьев бархата амурского, интродуцированных в ООО «СХПП “Женьшень”» Брянской области.

Количественное определение фелламурина в сырье проводили методом ВЭЖХ-УФ по разработанной и валидированной нами методике [1]. Результаты представлены в таблице.

Содержание фелламурина в листьях бархата амурского

Дата заготовки сырья	Содержание фелламурина, %
15 мая 2023 г.	2.62±0.13
15 июня 2023 г.	2.12±0.08
15 июля 2023 г.	1.56±0.07
15 августа 2023 г.	1.14±0.06
15 сентября 2023 г.	1.06±0.06

Таким образом, установлено, что оптимальным периодом заготовки листьев бархата амурского является май–июнь. Полученные результаты будут использованы при составлении инструкции по заготовке данного вида сырья.

**Список литературы**

1. А.И. Радимич, Г.В. Адамов, О.Ю. Куляк, О.Л. Сайбель, Т.Д. Даргаева // Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. 2023. № 4 (42). С. 28.

УДК 547.979.733

## СИНТЕЗ 1-АЛКОКСИ-2-ЙОДЭТИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПРОТОПОРФИРИНА IX

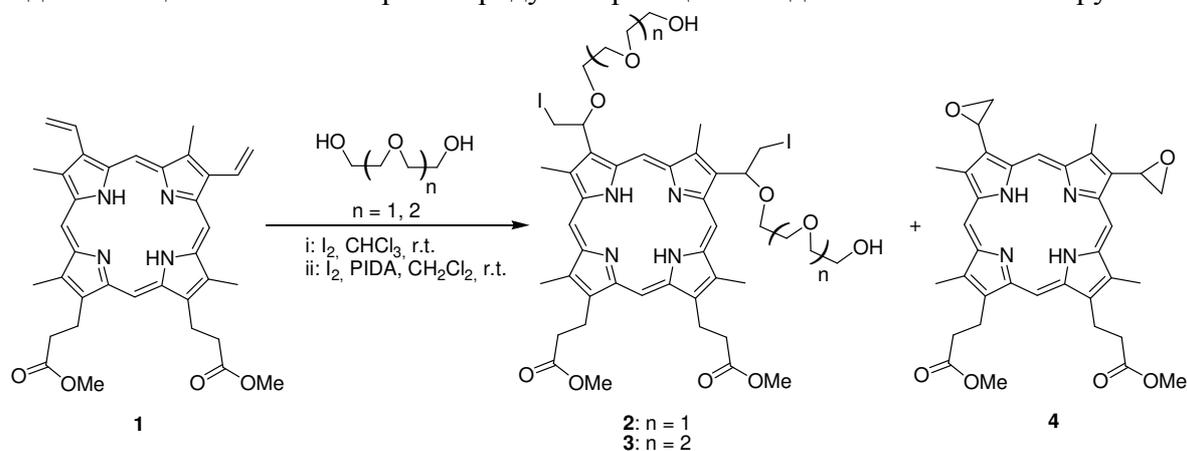
**Рочева Т.К., Белых Д.В.**

Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: tatyandrocheva@gmail.com

Изучено взаимодействие йода и спиртов с диметилловым эфиром протопорфирина IX. Соответствующие алкоксийодэтильные производные получены при добавлении в качестве окислителя фенилйод(III)диацетата.

Ключевые слова: протопорфирин IX, йод, фенилйод(III)диацетат, этиленгликоль, диэтиленгликоль, тетраэтиленгликоль.

Внедрение атома йода на периферию порфиринового макроцикла может привести к значительному снижению собственной цитотоксичности соединения, поэтому замена винильных групп в порфирине **1** на алкоксийодэтильные представляет интерес. В отличие от реакции йода и спиртов с производными хлорофилла *a* [1] образование 1-алкокси-2-йодэтильных производных на основе соединения **1** не происходит. При добавлении в качестве окислителя фенилйод(III)диацетата (PIDA) производные **2**, **3** получены с выходами 41 и 15% соответственно. Наряду с целевыми продуктами образуется эпоксипроизводное **4**, а также предположительно продукты олигомеризации порфирина **1** [2]. При использовании диэтиленгликоля кроме этих соединений выделена еще и смесь изомерных продуктов реакции по одной из винильных групп.



Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственное задание № 122040600073-3).

### Список литературы

1. Д.В. Белых, Е.И. Пушкарева, Г.В. Кутаева, Н.Д. Белых, Д.А. Серова, И.О. Велегжанинов // Макрогетероциклы. 2022. Т. 15. № 2. С. 90.
2. К. Miyata, S. Yasuda, T. Masuya, S. Ito, Y. Kinoshita, H. Tamiaki, T. Oba // Tetrahedron. 2018. V. 74. P. 3707.

УДК 547.56; 547.562.4; 547.599

## **ДОСТИЖЕНИЯ ИНСТИТУТА ХИМИИ ФИЦ КОМИ НЦ УрО РАН В ОБЛАСТИ ЛЕСОХИМИИ**

**Рубцова С.А., Чукичева И.Ю., Удоратина Е.В., Кучин А.В.**

*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: rubtsova-sa@mail.ru*

*В докладе будут представлены достижения Института по комплексной переработке растительного сырья для получения новых биологически активных веществ и материалов с ценными практическими свойствами и широким спектром назначения.*

*Ключевые слова: лесохимия, терпеноиды, древесная зелень, биопрепараты, растительные полимеры.*

Перспективы развития химии и технологии растительного сырья, в частности лесохимии, основываются на использовании возобновляемого растительного сырья и уникальности получаемых продуктов. Основным направлением исследований Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН является разработка научных основ комплексной переработки доступного растительного сырья. В Институте разработана экологически безопасная технология переработки древесной зелени хвойных растений с использованием эмульсионной экстракции водными основаниями. Получены эффективные биопрепараты для сельского хозяйства и животноводства.

Терпеноиды являются одним из наиболее интересных и перспективных с точки зрения синтетических возможностей классов соединений, выделяемых из растительного сырья. На основе терпеноидов синтезированы S-, O-, N-, F-содержащие соединения с антибактериальной, противомикробной, противовирусной и противоопухолевой активностью. Для лечения сердечно-сосудистых заболеваний созданы фармацевтические субстанции Диборнол® и Диборнол-ГЭК, проведен весь цикл доклинических исследований. Разрабатывается лекарственное средство Простагенин для лечения доброкачественной гиперплазии предстательной железы.

В области химии и технологии растительных полимеров получены новые данные о структурных особенностях сложных макромолекул полисахаридов и лигнинов для создания новых полимерных материалов и продуктов, в том числе микро-, наночастиц и функциональных производных биополимеров медицинского и технического назначения, а также для разработки научных принципов экологичных, ресурсосберегающих технологий рационального использования лигноуглеводных комплексов.

УДК 633.18: 546.28

**СХЕМА ОБОРОТНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ АМОРФНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ ИЗ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ****Савченко А.Е.<sup>1</sup>, Арефьева О.Д.<sup>1,2</sup>, Ковехова А.В.<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup>*Дальневосточный федеральный университет  
690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10; email: savchenko.aeg@dvfu.ru*<sup>2</sup>*Институт химии ДВО РАН  
690022, г. Владивосток, просп. 100-летия Владивостока, 159*

*В работе показано, что при проведении 10 циклов получения аморфного кремнезема по предложенной оборотной схеме водоснабжения существенно сокращаются объемы потребляемых вод, кислых стоков и реагентов.*

*Ключевые слова: кремнезем, оборотная схема, рисовая шелуха, сточная вода, кислотный гидролиз.*

Аморфный кремнезем является ценным сырьем в различных отраслях промышленности: керамической, электронной, косметической, цементной и целлюлозно-бумажной [1–3]. Традиционный метод получения кремнезема из минерального сырья является энергозатратным [4]. Термический метод получения из рисовой шелухи представляется более перспективным, т.к. в ее золе содержится более 90% аморфного диоксида кремния. Для получения чистого продукта требуется обработка кислотами, что приводит к образованию большого количества кислых стоков. Поэтому цель настоящего исследования заключается в разработке схемы оборотного технического водоснабжения при получении аморфного диоксида кремния из рисовой шелухи термическим методом.

В работе была предложена оборотная схема, включающая десять циклов получения аморфного кремнезема. Оборотный принцип использования воды заключался в повторном применении гидролизата и части промывной воды, их смешивании и доведении значения рН до требуемой величины для следующего цикла в качестве жидкой фазы.

Результаты исследований показали, что при проведении десяти циклов получения аморфного кремнезема по оборотной схеме наблюдается сокращение объемов потребляемой воды, сточных вод и концентрированной кислоты в сравнении с прямоточной схемой, что обусловлено использованием оборотных вод на следующем цикле, количество которых составило около 46%. Экономия водопотребления за счет повторного использования вод была 42%, при этом расход концентрированной кислоты снизился на 76%; объема сточных вод – 46%.

Таким образом, в данном исследовании предложена оборотная схема использования технической воды, которая является перспективной для получения чистого аморфного диоксида кремния из рисовой шелухи термическим методом.

**Список литературы**

1. N. Tipsotnaiyana, L. Jarupan, C. Pechyen // *Advanced Materials Research*. 2012. V. 506. P. 218.
2. W.H. Kwan, Y.S. Wong // *Materials Science for Energy Technologies*. 2020. V. 3. P. 501.
3. S. Sembiring, W. Simanjuntak, R. Situmeang, A. Riyanto, K. Sebayang // *Ceramics International*. 2016. V. 42. P. 8431.
4. N. Soltani, A. Bahrami, M.I. Pech-Canul, L.A. Gonzalez. // *Chemical Engineering Journal*. 2015. V. 264. P. 899.

УДК 581.1

**ВЛИЯНИЕ БРАССИНОСТЕРОИДОВ И ФЕРУЛОВОЙ КИСЛОТЫ  
НА ЭНДОГЕННЫЙ БАЛАНС ФИТОСТЕРОИДОВ В РАСТЕНИЯХ  
ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM VULGARE L.*)****Савчук А.Л., Манжелесова Н.Е., Денисюк Д.В.,  
Литвиновская Р.П., Хрипач В.А.**

*Институт биоорганической химии НАН Беларуси  
Республика Беларусь, 220084, г. Минск, ул. ак. Купревича, 5/2; email: savchuk@iboch.by*

*Под влиянием 24-эпибрасинолида, 24-эпикастастерона и феруловой кислоты на начальных этапах роста яровой пшеницы при отдельном и совместном применении изменяется баланс эндогенных фитостероидов.*

*Ключевые слова: 24-эпибрасинолид, 24-эпикастастерон, брасиностероиды, феруловая кислота, иммуноферментный анализ.*

Брасиностероиды (БС) – класс полиоксигенированных стероидных гормонов, широко распространенных в растительном мире и обладающих ярко выраженной росторегулирующей активностью. Функциональная роль феруловой кислоты (ФК), относящейся к группе оксикоричных кислот, также связана с ростом растений, фотосинтезом, дыханием, защитой клеток и тканей от стрессовых воздействий. В настоящей работе исследовано экзогенное действие композиций, состоящих из БС (24-эпибрасинолид, ЭБ или 24-эпикастастерон, ЭК) и негормонального фиторегулятора – ФК на содержание эндогенных фитостероидов. Семена замачивали в растворах изучаемых композиций ( $10^{-7}$  и  $10^{-9}$  М) на 24 ч. Растения выращивали в течение 21 суток в почвенной культуре. Надземную часть растений для анализа фиксировали на 7-е, 14-е и 21-е сутки от начала обработки семян. Количественную оценку проводили методом двухстадийного иммуноферментного анализа с использованием разработанных нами ранее трех иммуноферментных тест-систем – для определения БС ряда 24-эпибрасинолида (24-эпиБС), брасинолида (24S-метилБС) и 28-гомобрасинолида (28-гомоБС).

Результаты показали, что при предпосевном замачивании семян пшеницы в растворах БС ряда ЭБ и/или ФК происходило значительное повышение эндогенного уровня 24-эпиБС по сравнению с контрольным образцом на 7-е и 14-е сутки от начала воздействия. К концу эксперимента содержание данной группы БС в большинстве вариантов оказалось ниже контрольного значения, в отдельных случаях оставаясь на уровне контроля или незначительно его превышая. В случае 24S-метилБС совместное действие БС и ФК приводило к значительному повышению их уровня уже через 7 суток от начала обработки, частично данный эффект сохранялся и через 14 суток. При отдельном применении БС или ФК содержание 24S-метилБС оставалось на уровне контроля или изменялось незначительно. К концу эксперимента все значения не превышали содержания БС в контрольном образце. В динамике эндогенного уровня 28-гомоБС наблюдалась схожая с 24S-метилБС тенденция.

Результаты наших экспериментов однозначно свидетельствуют о влиянии ФК на метаболизм БС. Самое высокое содержание фитогормональных стероидов отмечалось при применении смесей, особенно на начальном этапе развития проростков, при самом активном росте. Это явление может быть связано также с повышением биодоступности стероидного гормона в присутствии кислоты, облегчающей его поступление в клетку.

УДК 547.4

## **ПРИРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ В СОЗДАНИИ НОВЫХ ПРЕПАРАТОВ В МЕДИЦИНЕ И СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**Салахутдинов Н.Ф.**

*Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова  
Сибирского отделения Российской академии наук  
630090, г. Новосибирск, просп. ак. Лаврентьева, 9; email: anvar@nioch.ni.ru*

*Природные соединения являются основой для создания эффективных конкурентоспособных биопрепаратов для медицины и сельского хозяйства.*

*Ключевые слова: экстракты растений, природные соединения, биопрепараты, медицина, сельское хозяйство.*

Природные соединения были использованы для создания новых эффективных агентов для борьбы с инфекционными заболеваниями, включая особо опасные, нейродегенеративные патологии, опухолевые заболевания. Лидерные соединения прошли доклинические испытания, а некоторые находятся на клинических испытаниях.

Развернуты исследования по созданию экологичных биопестицидов первого поколения на основе экстрактов растений и второго поколения на основе комплексов модифицированного хитозана и активных веществ. Многолетние испытания на зерновых, бобовых, картофеле показали высокую эффективность, в том числе экономическую, созданных биопестицидов, не уступающих синтетическим пестицидам.

УДК 579.66

## ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ КОРО-ДРЕВЕСНЫХ ОТВАЛОВ С ПОМОЩЬЮ МИКРОБНЫХ ТЕСТ-СИСТЕМ

Самойлова З.Ю., Смирнова Г.В., Октябрьский О.Н.

«Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН»,  
Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН  
614081, г. Пермь, ул. Голева, 13; email: samzu@mail.ru

*Испытуемые экстракты коро-древесных отвалов обладали высоким содержанием фенольных соединений и проявляли прооксидантное и антимикробное действие.*

*Ключевые слова: растительные фенольные соединения, Escherichia coli, антиоксиданты, противомикробные препараты, отходы целлюлозно-бумажной промышленности.*

Одним из перспективных решений проблемы утилизации отходов целлюлозно-бумажной промышленности является глубокая переработки древесины с превращением ее основных компонентов в товарные продукты с высокой добавленной стоимостью. В этом отношении особый интерес представляют низкомолекулярные фенольные соединения (кверцетин, танины, галловая кислота и др.), обладающие антиоксидантным, антимикробным, противовоспалительным и противоопухолевым свойствами [1]. Использование микробных тест-систем на основе бактерий *Escherichia coli* для оценки биологической активности указанных веществ предпочтительнее, поскольку дает представление о механизмах их действия в живых клетках, а позволяет оценить потенциальные эффекты биосубстратов на кишечную микрофлору человека и животных.

Цель работы – изучение биологической активности трех экстрактов коро-древесных отвалов, взятых на разной глубине короотвала ОАО «Сыктывкарский ЛДК». Экстракты были получены по методике [2] и предоставлены сотрудниками Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Наши исследования показали, что испытуемые экстракты обладали относительно высоким содержанием фенольных соединений (50–70 мг-экв галловой кислоты/мл). Экстракт 1 подавлял рост планктонных культур *E. coli* и, при этом, стимулировал экспрессию антиоксидантного гена *katG*. В условиях окислительного стресса, вызванного добавлением  $H_2O_2$  (2 мМ), все экстракты оказывали слабое защитное действие (индекс АОА варьировал от 1.2 до 1.6). В микроаэробных условиях в отсутствии оксидантов все экстракты стимулировали удельное биопленкообразование. При этом экстракты 1 и 2 в дозе 0.03 мг/мл снижали выживаемость клеток в составе биопленок.

*Работа выполнена в соответствии с госзаданием № 124020500028-4.*

### Список литературы

1. К.Е. Heim, A.R. Tagliaferro, D.J. Bobilya // J. Nutr. Biochem. 2002. V. 13. P. 572.
2. К.Г. Уфимцев, И.В. Бешлей, Т.И. Ширшова // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 132.

УДК 621.352.6

## ПРОТОНООБМЕННЫЕ МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИСАХАРИДОВ И ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

**Седых Н.М., Сухов Б.Г.**

*Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН  
630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3; email: boris\_sukhov@mail.ru*

*На основе композиций полисахаридов и фосфорсодержащих ионных жидкостей с подвижным протоном созданы новые протоннообменные мембраны.*

*Ключевые слова: синтез, ионные жидкости, композиты, протоннообменные мембраны.*

Развиваются подходы к направленному синтезу новых гетероциклических и хиральных фосфорорганических соединений [1–10] непосредственно из элементного фосфора (реакция Трофимова-Гусаровой), в том числе, с использованием явления дефектообразования в твердой структуре этого химического элемента [11–14]. Получены неизвестные ранее имидазолия гипофосфиты, являющиеся ионными жидкостями с подвижным протоном, перспективные для придания полимерным мембранам протоннообменных свойств [15]. Установлено, что композитные полимерные пленки на основе полисахаридов и ионных жидкостей являются протоннообменными мембранами с электрической протонной проводимостью порядка  $10^{-4}$  См·см<sup>-1</sup>.

### **Список литературы**

1. Н.К. Гусарова, С.И. Шайхутдинова, Т.И. Казанцева, С.Ф. Малышева, Б.Г. Сухов, Н.А. Белогорлова, В.И. Дмитриев, Б.А. Трофимов // ЖОХ. 2002. Т. 72. № 3. С. 399.
2. N.K. Gusarova, S.I. Shaikhudinova, S.N. Arbuzova, T.I. Vakul'skaya, B.G. Sukhov, L.M. Sinegovskaya, M.V. Nikitin, A.G. Mal'kina, N.A. Chernysheva, B.A. Trofimov // Tetrahedron. 2003. V. 59. No. 26. P. 4789.
3. B.A. Trofimov, S.F. Malysheva, B.G. Sukhov, N.A. Belogorlova, E.Yu. Schmidt, L.N. Sobenina, V.A. Kuimov, N.K. Gusarova // Tetrahedron Lett. 2003. V. 44. No. 13. P. 2629.
4. B.A. Trofimov, B.G. Sukhov, S.F. Malysheva, N.A. Belogorlova, A.P. Tantsirev, L.N. Parshina, L.A. Oparina, S.P. Tunik, N.K. Gusarova // Tetrahedron Lett. 2004. V. 45. No. 49. P. 9143.
5. N.K. Gusarova, N.I. Ivanova, M.V. Bogdanova, S.F. Malysheva, N.A. Belogorlova, B.G. Sukhov, V.A. Trofimov // Mendeleev Commun. 2004. V. 14. No. 5. P. 216.
6. Б.А. Трофимов, Н.К. Гусарова, С.Ф. Малышева, С.И. Шайхутдинова, Н.А. Белогорлова, Т.И. Казанцева, Б.Г. Сухов, Г.В. Плотникова // ЖОХ. 2005. Т. 75. № 5. С. 724.
7. Б.А. Трофимов, Б.Г. Сухов, С.Ф. Малышева, Н.К. Гусарова // Катализ в промышл. 2006. № 4. С. 18.
8. B.A. Trofimov, S.F. Malysheva, N.K. Gusarova, N.A. Belogorlova, S.F. Vasilevsky, V.B. Kobychyev, B.G. Sukhov, I.A. Ushakov // Mendeleev Commun. 2007. V. 17. No. 3. P. 181.
9. B.A. Trofimov, S.F. Malysheva, N.K. Gusarova, V.A. Kuimov, N.A. Belogorlova, B.G. Sukhov // Tetrahedron Lett. 2008. V. 49. No. 21. P. 3480.
10. N.K. Gusarova, S.F. Malysheva, L.A. Oparina, N.A. Belogorlova, A.P. Tantsyrev, L.N. Parshina, B.G. Sukhov, R.T. Plegenov, B.A. Trofimov // ARKIVOC. 2009. No. 7. P. 260.
11. Н.К. Гусарова, Ю.В. Сметанников, Б.Г. Сухов, С.Ф. Малышева, Н.П. Тарасова, Б.А. Трофимов // ЖОХ. 2001. Т. 71. № 4. С. 688.
12. Н.К. Гусарова, С.И. Шайхутдинова, Т.И. Казанцева, Б.Г. Сухов, В.И. Дмитриев, Л.М. Синеговская, Ю.В. Сметанников, Н.П. Тарасова, Б.А. Трофимов // ХГС. 2001. № 5. С. 628.
13. Н.К. Гусарова, Б.Г. Сухов, С.Ф. Малышева, Т.И. Казанцева, Ю.В. Сметанников, Н.П. Тарасова, Б.А. Трофимов // ЖОХ. 2001. Т. 71. № 5. С. 768.
14. Б.Г. Сухов, Н.К. Гусарова, С.Ф. Малышева, Б.А. Трофимов // Изв. АН. Сер. хим. 2003. № 6. С. 1172.
15. B.G. Sukhov, N.M. Gogoleva, A.N. Chesnokova, D. Maksimenko, N.A. Ivanov, V.L. Paperny, S.F. Malysheva, N.A. Belogorlova, V.A. Kuimov, Yu.I. Litvintsev, T.V. Kon'kova // AIP Conf. Proc. 2019. 2069. 040003.

УДК 547.538.31+547.793.4

## СИНТЕЗ ПРОТИВООПУХОЛЕВЫХ ПРЕПАРАТОВ И АНТИОКСИДАНТОВ ИЗ ПРИРОДНЫХ АЛЛИЛБЕНЗОЛОВ

**Семенов В.В., Демчук Д.В., Цыганов Д.В., Адаева О.И., Варакутин А.Е., Муравский Е.А., Самет А.В.**

*Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук  
119991, г. Москва, Ленинский просп. 47; email: vs@ioc.ac.ru*

На основе природных аллилполиалкоксибензолов синтезированы семейства антиоксидантов – коэнзимов Q, нафтохинонов и ингибиторы полимеризации тубулина классов халконов, флавоноидов, комбретастинов, фенстатинов, подофилотоксинов. Ключевые слова: апиол, диллапиол, миристицин, азарон, антиоксиданты, антираковые.



В сотрудничестве с заводом компании Караван (г. Краснодар) из 2.5 т семян петрушки, укропа и корневищ айра болотного получено более 100 л  $\text{CO}_2$ -экстрактов, из которых на установке ИОХ выделено около 60 кг аллилбензолов. С учетом стоимости семян (1000 долларов/тонна) цена 1 кг аллилбензола по сырью составляет 25–30 долларов/кг. На их основе синтезированы полиалкоксизамещенные аналоги природных веществ, содержащиеся в редких зарубежных растениях, морских губках (ламелларины), и использующиеся в народной медицине.

Аллилполиалкоксибензолы оказались ценными синтонами для синтеза антиоксидантов в классах полиалкокси-тетралонов, -нафтохинонов и -нафталинов. Разработан удобный способ получения веществ семейства коэнзимов Q, метаболитов убихинона и их аддуктов с дофамином и дипептидом карнозином – эффективных нейропротекторных молекул. Получено более 200 ингибиторов полимеризации тубулина ряда халконов, флавоноидов, комбретастинов, фенстатинов, подофилотоксинов. В тестах на зародышах морских ежей и 60 линиях раковых клеток человека показано, что они нарушают деление клеток в низких концентрациях (0.5–50 нМ). В настоящее время водорастворимая форма аналога комбретастина – 4,5-диарилизоксазола – проходит доклинические испытания на мышцах в НМИЦ радиологии им. П.А. Герцена.

*Часть работы поддержана грантом 24-23-00024 Российского научного фонда.*

УДК 676.1.028.6

## ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОЛОТНА ИЗ БИОПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА

**Семянова К.А., Гибадуллин М.Р.**

*ФГБОУ ВО КНИТУ*

*420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68; email: gmr@kstu.ru*

*В работе рассмотрены различные биокомпозиционные материалы из биополимерного сырья (лен, техническая конопля), которое использовалось для получения композиционного материала с требуемым комплексом свойств.*

*Ключевые слова: целлюлоза, техническая конопля, лен, композиционный материал.*

Целлюлоза является распространенным биополимерным материалом на планете. Это вещество имеет огромное значение для различных областей промышленности РФ. Используя свойство возобновляемой целлюлозы в природе, биополимерное сырье может во много раз превышать выпуск синтетического полимера. Биополимерное сырье получают из растений, которое формируется в процессе роста, именно поэтому оно полностью разлагается и безвредно для окружающей среды [1].

На данный момент является актуальным создание на основе биополимерного сырья композиционного материала с заданным комплексом свойств, после использования которого возможна его утилизация без экологического вреда [2].

Цель работы – подбор оптимальной рецептуры для компонентов композиционных биоразлагающихся материалов с заданным комплексом свойств.

Композиционный материал в виде полотна состоит из смеси технической конопли, формованного бумажного полотна и льна. Техническая конопля и лен в состав композита вводится в виде волокна различной дисперсности, а также в разных соотношениях и концентрациях.

В ходе работы были получены образцы биоразлагаемых композиционных материалов, с заданным комплексом свойств. Для них были определены следующие характеристики: физико-механические эксплуатационные свойства, влагосодержание, гигроскопичность, капиллярная впитываемость и паропроницаемость. Данный композиционный материал с заданным эксплуатационным комплексом свойств может широко применяться в различных отраслях промышленности, в том числе для получения биоразлагаемой упаковки, одноразовой посуды, тетрапаков, тары и т.д.

### ***Список литературы***

1. В.А. Петров, Н.В. Аверьянова, М.Р. Гибадуллин, А.Д. Мутыгуллина // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22. № 5. С. 72.
2. Н.В. Краев, М.Р. Гибадуллин, В.А. Петров // Материалы XXII Всероссийской научно-технической конференции «Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации». 2021. Т. 2. С. 88.

УДК 544.476:661.183.123.2

## ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПЕКТИНОВЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ И ПРОДУКТОВ НА ИХ ОСНОВЕ

Слободова Д.А., Горшкова Р.М., Ремнев В.Е.

ООО «МЕЗОН»

141983, г. Дубна, ул. Программистов, 4; email: dar.slobodova@gmail.com

*Изучен процесс формирования однородных по молекулярной массе, составу и структуре пектиновых полисахаридов в широком диапазоне температур и давления. Установлена взаимосвязь «структура–свойство».*

*Ключевые слова: пектиновые полисахариды, протопектин, биополимеры, сорбенты, барофракционирование.*

Отечественное производство продукции функционального назначения, в частности пектиновых полисахаридов, вносит вклад в решение проблемы эффективной переработки сельскохозяйственных продуктов и способствует реализации политики импортозамещения. Пектиновые полисахариды являются неотъемлемыми компонентами ряда продукции медицинской и пищевой промышленности и должны обладать различными физико-химическими характеристиками, соответствующими каждому из направлений их применения. Особую экономическую эффективность представляют технологии, позволяющие за один производственный цикл получать целевые продукты, предназначенные к применению по нескольким направлениям, без включения дополнительных операций по очистке и стандартизации. Однако, молекулярно-массовая и структурная неоднородность, присущая пектиновым полисахаридам, затрудняют процесс их получения в виде чистого вещества с заданными физико-химическими характеристиками.

Посредством комбинации процесса гидролиз-экстракции и хроматографического фракционирования были разработаны методы получения пектиновых полисахаридов из широкого спектра сырья в потоке реакционного раствора при атмосферном давлении – комбинированное фракционирование (КФр) и повышенном давлении – барофракционирование (Бфр). Установлено, что в процессе гидролиз-экстракции методами КФр и Бфр происходит разделение целевых продуктов не только по молекулярной массе, но и по содержанию свободных звеньев галактуроновой кислоты и степени ее этерификации, являющихся основными физико-химическими характеристиками пектинов, определяющих их применение. Достаточно однородное распределение нейтральных сахаров в целевых продуктах реакции указывает на разделение по структуре с формированием однородных химически чистых фракций. Установлен поэтапный механизм распада протопектина. Показано, что путем варьирования температуры и давления возможно направить процесс в сторону формирования водонабухающих, водорастворимых или низкомолекулярных продуктов реакции. Установлена взаимосвязь «структура–свойство», доказывающая зависимость сорбционной емкости от концентрации свободной галактуроновой кислоты. Разработанные технологии успешно внедрены в промышленных масштабах для производства пектиновых полисахаридов, которые применяются в разных отраслях промышленности, в том числе как компоненты для производства функциональных продуктов с биологической активностью.

УДК 615.4

## СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И БИОСОВМЕСТИМОСТЬ ГЕЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЕКТИНА И ТЕТРАЭТОКСИСИЛАНА

**Соколова А.К., Падерин Н.М., Чистякова Е.А., Попов С.В.**

*Институт физиологии ФИЦ Коми научного центра Уральского отделения РАН  
167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 50; email: alisasokolova.ru@yandex.ru*

*Проведен текстурный анализ и определена биосовместимость *in vitro* пектиновых гелей, ковалентно сшитых с тетраэтоксисиланом (ТЭОС).*

*Ключевые слова: яблочный пектин, ТЭОС, механические свойства, гемолиз, тканевая адгезия.*

Пектиновые гели являются перспективными материалами в тканевой инженерии за счет низкой токсичности и антибактериальной активности. Материалы на основе ТЭОСа могут биоразлагаться и являются подходящим материалом для инкапсуляции, передачи и эффективного высвобождения лекарственных средств. Поэтому объединение растительных полимеров с кремнием для создания новых гибридных структур может найти применение в области биотехнологии и медицины. Цель работы – определить структурно-механические свойства и биосовместимость гелей на основе пектина и ТЭОСа.

Гелевые материалы готовили путем заливки смеси 4%-ного яблочного пектина AU202 (Herbstreith & Fox GmbH, Нюрнберг, Германия) и ТЭОСа в концентрации 0.75, 1, 1.25 и 1.5 М в чашки Петри с последующим высушиванием геля при комнатной температуре в течение суток и отмывкой 70%-ным этиловым спиртом. Таким образом были получены пектин-тетраэтоксисилановые гели П-ТЭОС-0.75М, П-ТЭОС-1.0М, П-ТЭОС-1.25М и П-ТЭОС-1.5М.

Установлено, что твердость, эластичность и модуль Юнга геля увеличиваются при увеличении концентрации ТЭОСа. Твердость гелей П-ТЭОС-0.75М и П-ТЭОС-1.5М составила  $1.068 \pm 0.064$  и  $1.981 \pm 0.596$  Н соответственно. Модуль Юнга гелей П-ТЭОС-0.75М и П-ТЭОС-1.5М составил  $1237.1 \pm 141.5$  и  $1588.4 \pm 228.7$  кПа соответственно. После стерилизации озоном твердость геля П-ТЭОС-1.5М увеличилась до  $2.649 \pm 0.670$  Н, тогда как модуль Юнга не изменился. Выявлено, что степень гемолиза при инкубации гелей П-ТЭОС-0.75М–1.25М в крови человека *in vitro* не превышала 5%, что свидетельствует о незначительном гемолитическом эффекте исследуемых гелей. Степень гемолиза составила  $6.30 \pm 1.33\%$  при концентрации геля П-ТЭОС-1.5М 10 мг/мл. Установлено, что пектин-тетраэтоксисилановые гели не вызывают активацию компонента С3а системы комплемента крови человека. С увеличением концентрации ТЭОСа происходит увеличение силы адгезии полученных гелей к серозной оболочке кишечника крыс и возрастает количество адгезированных лейкоцитов на поверхности геля.

Таким образом, полученные пектин-тетраэтоксисилановые гели являются биосовместимыми. Способность гелей адгезироваться на серозной оболочке может быть использована для создания тканевых адгезивов и герметиков.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 21-73-20005.*

УДК 543.5; 58.08; 542.86

## ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ АНТОЦИАНИНОВОГО ПРОФИЛЯ ПЛОДОВ *SAMBUCUS NIGRA* L.

**Сорокопудов В.Н.<sup>1</sup>, Цимбалаев С.Р.<sup>2</sup>, Нассер Р.А.<sup>2</sup>,  
Ламердонова Ф.Х.<sup>2</sup>, Колеснов А.Ю.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Всероссийский научно-исследовательский институт  
лекарственных и ароматических растений*

*117216, г. Москва, ул. Грина, 7; email: sorokopud2301@mail.ru*

<sup>2</sup>*Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы*

*117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8, корп. 2; email: lamerdonova-fkh@rudn.ru*

*Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) со спектрофотометрическим детектированием при длине волны 518 нм изучены профили антоцианинов в плодах бузины черной *Sambucus nigra* L.*

*Ключевые слова: бузина, плоды, антоцианины, профиль, ВЭЖХ.*

Бузина черная (*Sambucus nigra* L.) считается лекарственным растением. Ее плоды относят к наиболее богатым растительным источникам антоцианинов. Особое внимание антоцианинам в последнее время уделяется благодаря их ярко выраженным антиоксидантным свойствам, которые обеспечивают высокую биологическую активность. Вторичные растительные метаболиты – антоцианины являются гликозидами, входящими в родительский класс соединений – флавоноиды. Антоцианины локализованы в различных частях растений и, как правило, придают им окраску.

Цель работы – изучение накопления антоцианинов в плодах. Исследования проводятся с использованием биообъектов Уникальной научной установки «Биоколлекции ФГБНУ ВИЛАР» в сотрудничестве с Научно-образовательным ресурсным центром «Фармация» Российского университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы (РУДН).

Выделение фракций антоцианинов из сушеных плодов бузины черной осуществляли путем водного экстрагирования. Полученные экстракты дополнительно нормализовали дистиллированной водой в 1:2–1:5 раза до единого уровня растворимых сухих веществ, затем фильтровали через мембранный фильтр Sartorius Minisart NML с диаметром пор 0.2 мкм. Для изучения профиля антоцианинов использовали ВЭЖХ-хроматограф Shimadzu LC-20 Prominence (Япония) с колонкой RP-18 (250×4.6 мм). Разделение фракций антоцианинов проводили в условиях градиентного элюирования при температуре колонки 40 °С и скорости потока 1 мл/мин. Результаты исследований показывают присутствие в плодах бузины черной двух основных фракций антоцианинов со средним временем удерживания 8.26 и 13.11 мин. Площади пиков каждой фракции от суммарной площади пиков лежат в интервалах 25.9–38.2 и 61.8–74.1%, что указывает на различия в содержании антоцианинов в исследованных образцах бузины.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № FGUU-2022-0014 «Формирование, сохранение и изучение биоколлекций генофонда различного направления с целью сохранения биоразнообразия и использования их в технологиях здоровье сбережения» и в соответствии с программой стратегического академического лидерства РУДН.*

УДК 582.47:631.861

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭМУЛЬСИОННЫХ ЭКСТРАКТОВ СОСНЫ И ЕЛИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ

Стеценко С.К.<sup>1</sup>, Андреева Е.М.<sup>1</sup>, Терехов Г.Г.<sup>1</sup>,  
Хуршкайнен Т.В.<sup>2</sup>, Кучин А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ботанический сад УрО РАН  
620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а; email: stets\_s@mail.ru  
<sup>2</sup>Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48

*В работе представлены результаты изучения степени проявления стимулирующего эффекта эмульсионных экстрактов древесной зелени сосны и ели на рост и качество сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).*

*Ключевые слова: хвойная древесная зелень, экстракт, сеянцы сосны, лесной питомник, биометрические показатели, корневая система.*

Выполнен сравнительный анализ всхожести семян и развития проростков сосны обыкновенной под воздействием компонентов экстракта древесной зелени сосны при контролируемой среде в лабораторных условиях. Проведено исследование воздействия компонентов экстракта древесной зелени сосны на однолетние сеянцы сосны обыкновенной при их выращивании на полевых экспериментальных площадках, заложенных на территории лесных питомников. Изучено воздействие компонентов экстракта древесной зелени ели на двулетние сеянцы сосны обыкновенной в лесном питомнике.

Предпосевная обработка семян нейтральными компонентами из препарата сосны оказала более благоприятное воздействие на однолетние сеянцы, чем кислыми. Сохранность растений к концу первого вегетационного сезона, отличавшегося крайне неблагоприятными погодными условиями мая и июня, была выше при применении нейтральных веществ, а также высота стволика и его диаметр при дозах 0.0012 и 0.12 г/кг семян превышали эти показатели в контрольном варианте. Формирование корневой системы под воздействием нейтральных компонентов идет быстрее, чем под влиянием кислых соединений.

Исследование влияния нейтральных компонентов на проращивание семян сосны показано, что размеры проростков увеличивались незначительно, но в полевом эксперименте они стимулировали рост и развитие корневой системы сеянцев.

Предпосевное замачивание семян сосны в эмульсионном экстракте ели привело к интенсивному приросту стволика по высоте у двухлетних сеянцев. Под влиянием нейтральных соединений в дозе 0.12 г/кг семян размеры стволика были больше контрольного варианта на 33%, кислых компонентов в дозе 0.5 г/кг – на 68%.

Изучение содержания и соотношения минеральных элементов в хвое текущего года у двулетних сеянцев показало, что характер распределения пары К-Са под влиянием кислых компонентов указывает на более активно протекающие метаболические процессы в этих растительных организмах.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-73-20091, <https://rscf.ru/project/21-73-20091/>).*

УДК 547.425.5

## РЕАКЦИИ ПИНАНОВОГО 2-ФОРМИЛ-3-ТИОАЦЕТАТА С ДИОКСИДОМ ХЛОРА В СРЕДЕ ПИРИДИН–ВОДА

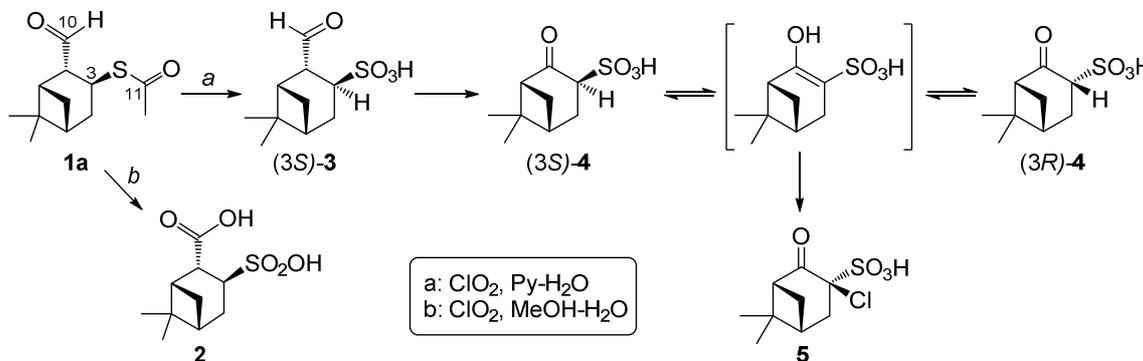
Субботина С.Н., Гребёнкина О.Н., Лезина О.М., Рубцова С.А.

Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: dernova1970@rambler.ru

Исследована реакция *S*-[(1*S*,2*R*,3*S*,5*R*)-(6,6-диметил-2-формил-норпинан-3-ил)] тиоацетата с диоксидом хлора в среде пиридин–вода. Выявлено, что происходит декарбонилирование с образованием пинановых 2-кето-3-сульфоновых кислот.

Ключевые слова: (–)-миртеналь, тиоацетат, диоксид хлора, окисление, сульфокислота.

Ранее [1, 2] было показано, что различные терпеновые тиолы и тиоацетаты в среде пиридин–вода количественно превращаются в соответствующие сульфоновые кислоты. Окисление пинанового 2-формил-3-тиоацетата **1** диоксидом хлора (ClO<sub>2</sub>) в водном метаноле селективно приводит к пинановой 2-карбокси-3-сульфокислоте **2** (схема), в то время как в водном пиридине сначала образуется 2-формил-3-сульфокислота **3**, затем декарбонилирование до кетокислоты (3*S*)-**4**, далее – хлорирование до кислоты **5**. При этом положение сульфогруппы в кислоте **5** относительно циклогексанового кольца меняется на противоположное, что доказано методом РСА. При хранении или выделении на силикагеле кетокислота (3*S*)-**3** эимеризуется по атому С(3) с образованием диастереомера (3*R*)-**4** (*de* 0%).



Работа выполнена в рамках государственного задания (№ 122040600073-3) и НОЦ мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования» с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Химия» Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

### Список литературы

1. О.Н. Гребенкина, О.М. Лезина, Е.С. Измestьев, Д.В. Судариков, С.В. Пестова, С.А. Рубцова, А.В. Кучин // ЖОрХ. 2017. Т. 53. № 6. С. 844.
2. С.Н. Субботина, О.М. Лезина, О.Н. Гребенкина, Д.В. Судариков, П.А. Слепухин, С.А. Рубцова // Изв. АН. Сер. хим. 2023. Т. 72. № 9. С. 2224.

УДК 547.427.6; 577.182.24; 615.282; 547.598; 547.599; 547.596

## МОНОТЕРПЕНОВЫЕ ТИОЛЫ В СИНТЕЗЕ ПРОТИВОМИКРОБНЫХ СУБСТАНЦИЙ

**Судариков Д.В., Чашина Е.В., Грибков П.В.,  
Рубцова С.А., Кучин А.В.**

*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: sudarikov-dv@chemi.komisc.ru*

*В данном докладе будут представлены некоторые аспекты синтеза и изучения противомикробной активности соединений на основе монотерпеновых тиолов и противогрибковых и антибактериальных фармакофоров.*

*Ключевые слова: монотерпеновые тиолы, противогрибковые азолы, цефалоспорины, нафталинметанамины, противомикробная активность.*

Среди различных классов молекул, способных подавлять рост патогенных бактерий и грибов, производные монотерпенов обладают широким спектром антимикробной активности [1, 2]. Сообщается об угнетении роста монотерпеноидами как различных бактерий, так и грибов [3, 4]. Сочетание терпенов с обычными противомикробными препаратами повышает активность последних [5, 6]. Кроме того, слияние в одной молекуле биологически активного терпенового фрагмента и серосодержащих функциональных групп, входящих в состав многих веществ, обладающих бактерицидной и фунгицидной активностью, приводит к повышению эффективности образующихся тиотерпеноидов [1]. Механизм этих синергетических эффектов может быть следствием нацеливания терпенов на саму мембрану или связанные с мембраной белки. Так, сообщается, что сайт связывания циклических углеводов, в том числе терпеновых [7], находится в клеточной мембране патогенных микроорганизмов.

В данной работе мы представляем результаты по синтезу и изучению антибактериальной и противогрибковой активности новых соединений на основе монотерпеновых тиолов, противогрибковых азолов и нафталинметанаминов, а также антибактериальных цефалоспоринов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственное задание № 122040600073-3) с использованием оборудования ЦКП «Химия» Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.*

### Список литературы

1. L.E. Nikitina, N.P. Artemova, V.A. Startseva // Natural and Thiomodified Monoterpenoids (in Russian). LAP LAMBERT: Saarbrücken, 2011.
2. S.G. Griffin, S.G. Wyllie, J.L. Markham // J. Essent. Oil Res. 2005. V. 17. P. 686.
3. L. Cordeiro, P. Figueiredo, H. Souza, A. Sousa, F. Andrade-Júnior, J. Barbosa-Filho, E. Lima // Pharmaceuticals. 2020. V. 13. P. 133.
4. V.V. Gavrilov, V.A. Startseva, L.E. Nikitina, O.A. Lodochnikova, O.I. Gnezdilov, S.A. Lisovskaya, N.I. Glushko, E.N. Klimovitskii // Pharm. Chem. J. 2010. V. 44. P. 126.
5. Selvaraj, A. Valliammai, C. Sivasankar, M. Suba, G. Sakthivel, S.K. Pandian // Sci. Rep. 2020. V. 10. 21975.
6. R.Y. Mahmoud, E.Y. Trizna, R.K. Sulaiman, R.S. Pavelyev, I.R. Gilfanov, S.A. Lisovskaya, O.V. Ostolopovskaya, L.L. Frolova, A.V. Kutchin, G.B. Guseva, E.V. Antina, M.B. Berezin, L.E. Nikitina, A.R. Kayumov // Antibiotics. 2022. V. 11. 1743.
7. J. Sikkema, J.A. de Bont, B. Poolman // Microbiol. Rev. 1995. V. 59. P. 201.

УДК 577.17

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТООТДЕЛЯЕМЫХ ОКСИДОВ КРЕМНИЯ И АЛЮМИНИЯ КАК ЭФФЕКТИВНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ ГЛЮКОЗООКСИДАЗЫ

**Сульман А.М.<sup>1</sup>, Балакшина Д.В.<sup>1</sup>, Филатова А.Е.<sup>1,2</sup>, Гребенникова О.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет»  
170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22; email: alexsulman@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»  
170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33

*Иммобилизация ферментов с помощью магнитоотделяемых носителей стала объектом исследований, направленных на повышения их стабильности в суровых условиях, таких как экстремальные рН, температура и концентрация.*

*Ключевые слова: глюкозооксидаза, ковалентная сшивка, D-глюкоза.*

Ковалентное связывание заключается в активации фермента линкерной молекулой (глутаровым альдегидом) перед образованием «мостика» между ним и поверхностью [1]. Носителями для иммобилизации глюкозооксидазы стали мезопористые оксиды кремния и алюминия, объединенные с магнитными наночастицами (МНЧ). Поверхности их были функционализированы аминопропилтриэтоксисиланом (APTES) для лучшего взаимодействия.

Анализ методом низкотемпературной адсорбции азота показал, что максимум распределения пор как для исходного оксида  $\text{SiO}_2$ , так и для его магнитного производного  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2$  составил  $\approx 6$  нм до и после модификации. Для  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3 \approx 5$  нм. Площадь поверхности носителя  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2$  уменьшилась примерно на 34% по сравнению с первоначальным  $\text{SiO}_2$ , что в случае  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3$  оказалось  $\approx 23\%$ . Распределение пор после образования МНЧ не меняется.

Изучение магнитных свойств носителей проводилось с помощью метода вибрационного магнитометра, благодаря которому выяснилось, что МНЧ независимо от способа получения обладают суперпарамагнитными свойствами, а намагниченность  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2$  и  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3$  одинаковая и составляет 3.4 ( $\text{Am}^2/\text{кг}$ ).

Относительная активность иммобилизованной глюкозооксидазы составила 94% от нативной для  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-GOx}$ . По изменению оптической плотности анализировали протекание реакции окисления D-глюкозы кислородом воздуха в присутствии ABTS с нативным и иммобилизованным ферментом. Максимальное значение оптической плотности в этом случае достигалось за 770 с. В случае  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-GOx}$  относительная активность составила 87% от свободного фермента, а максимальное значение оптической плотности достигалось за – 850 с, что уступало другому биокатализатору.

### Список литературы

1. X. Lyu, R. Gonzalez, A. Horton, T. Li // Catalysts. 2021. V. 11. No. 10. 1211.

УДК 664.286

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КРАХМАЛА С АМИНОУКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

**Супоня С.А., Батвинова А.А., Протопопов А.В.**

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова  
656038, г. Барнаул, просп. Ленина, 46; email: protopopovav@altgtu.ru*

*Исследован процесс получения сложных эфиров крахмала с аминоксусной кислотой. Модифицированный крахмал отличается небольшой степенью замещения. Полученные продукты изучены методом ИК-спектроскопии.*

*Ключевые слова: модифицированный крахмал, сложные эфиры крахмала.*

Нами проведены исследования по получению продуктов крахмала, модифицированного аминоксусной кислотой. Синтезы проводили в водной среде с использованием в качестве катализатора оксида кальция или серной кислоты при температурах 25 и 45 °С.

### Степень замещения в продуктах реакции

Используемый катализатор и соотношение компонентов	Температура синтеза	
	25 °С	45 °С
CaO, 1:1	0.07	0.13
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 1:0.5	0.15	0.17
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 1:1	0.18	0.19

Степень замещения в полученных продуктах крахмала закономерно возрастает с увеличением температуры синтеза, при этом не наблюдается побочных процессов деструкции полисахарида крахмала. Полученные продукты модифицированного крахмала обладают низкой степенью замещения по отношению к кислоте, что благоприятствует их использованию в пищевой промышленности в случае улучшения их реологических свойств. Использование серной кислоты в качестве катализатора оказалось предпочтительнее по сравнению с оксидом кальция. Изменение концентрации аминоксусной кислоты оказало меньшее влияние на степень замещения в модифицированном крахмале.

Исследование полученных продуктов методом ИК-спектроскопии показало образование сложноэфирных связей, при этом в продукте взаимодействия наблюдается уменьшение полосы поглощения в области 3600 см<sup>-1</sup> в результате уменьшения количества свободных гидроксильных групп и увеличение полосы поглощения в области 1740 см<sup>-1</sup>, характерной для колебаний сложноэфирной группы, что также свидетельствует о протекающем взаимодействии.

Полученные продукты взаимодействия крахмала с аминоксусной кислотой обладают низкой степенью замещения, что сохраняет структуру и химические свойства крахмала, однако могут обладать лучшей растворимостью по сравнению с нативным крахмалом, что требует дальнейших исследований реологических свойств полученных продуктов.

УДК 544.7

## ГИБРИДНЫЕ НЕОРГАНО-ОРГАНИЧЕСКИЕ НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ БИОПОЛИМЕРОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ

**Сухов Б.Г.<sup>1</sup>, Трофимов Б.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН  
630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3; email: boris\_sukhov@mail.ru*

<sup>2</sup>*Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН  
664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1*

*Развиваются подходы к синтезу неорганно-органических наноконпозитов с востребованным необычным комплексом физико-химических и биологических свойств, обусловленных природой входящих в состав конпозитов как биополимерной, так и неорганической нанопаз.*

*Ключевые слова: синтез, биополимеры, наноконпозиты, бионацеливание, тераностика.*

Разработана [1] и успешно развивается методология получения водорастворимых, агрегативно высокоустойчивых, биосовместимых наноконпозитов, представляющих собой инкапсулированные в макромолекулы синтетических [2–5] и природных [6–23] полимеров наночастицы нульвалентных металлов, халькогенов, металлохалькогенидов, других химических элементов и их соединений, а также органических веществ.

В докладе будет обсуждаться синтез, строение, физико-химические, биологические свойства новых нанобиоконпозитов и их перспективные области применения в качестве востребованных магнитных, оптических, каталитических материалов, а также бионацеленных средств параллельной многоканальной терапии и диагностики (тераностики).

### **Список литературы**

1. Г.П. Александрова, Л.А. Грищенко, С.А. Медведева, А.В. Тьков, Л.П. Феоктистова, А.Н. Сапожников, Т.И. Вакульская, В.В. Тирский, А.Л. Семенов, Е.Ф. Мартынович, Б.Г. Сухов, Б.А. Трофимов // Физическая мезомеханика. 2004. Т. 7. № S 1-2. С.139.
2. Я.А. Костыро, Т.В. Ганенко, С.А. Медведева, Б.Г. Сухов, Б.А. Трофимов // Патент РФ № 2319707. 2008.
3. Г.Ф. Мячина, С.А. Коржова, Т.Г. Ермакова, Т.В. Конькова, А.С. Поздняков, Б.Г. Сухов, Б.А. Трофимов // ДАН. 2009. Т. 427. № 6. С. 790.
4. Г.Ф. Мячина, Т.В. Конькова, С.А. Коржова, Т.Г. Ермакова, А.С. Поздняков, Б.Г. Сухов, К.Ю. Арсентьев, Е.В. Лихошвай, Б.А. Трофимов // ДАН. 2010. Т. 431. № 1. С. 50.
5. Г.Ф. Прозорова, С.А. Коржова, Т.В. Конькова, Т.Г. Ермакова, А.С. Поздняков, Б.Г. Сухов, К.Ю. Арсентьев, Е.В. Лихошвай, Б.А. Трофимов // ДАН. 2011. Т. 437. № 1. С. 50.
6. Г.П. Александрова, Л.А. Грищенко, А.С. Богомяков, Б.Г. Сухов, В.И. Овчаренко, Б.А. Трофимов // Изв. АН. Сер. хим. 2010. № 12. С. 2261.
7. M.V. Petrova, A.S. Kiryutin, A.A. Savelov, N.N. Lukzen, H.-M. Vieth, A.V. Yurkovskaya, A.S. Bogomyakov, G.P. Aleksandrova, B.G. Sukhov, V.A. Trofimov, V.I. Ovcharenko // Appl. Magn. Res. 2011. V. 41. No. 2-4. P. 525.
8. Я.А. Костыро, Б.Г. Сухов, Б.А. Трофимов, Т.В. Фадеева, С.А. Верещагина, Л.Б. Корякина // Патент РФ № 2462254. 2012.
9. E.R. Gasilova, G.N. Matveeva, G.P. Aleksandrova, B.G. Sukhov, V.A. Trofimov // J. Phys. Chem. B. 2013. V. 117. No. 7. P. 2134.
10. М.В. Лесничая, Г.П. Александрова, Г. Долмаа, А.Н. Сапожников, Б.Г. Сухов, Д. Рэгдэл, Б.А. Трофимов // ДАН. 2014. Т. 456. № 1. С. 56.

11. А.В. Папкина, А.И. Перфильева, М.А. Живетьев, Г.Б. Боровский, И.А. Граскова, М.В. Лесничая, И.В. Клименков, Б.Г. Сухов, Б.А. Трофимов // ДАН. 2015. Т. 461. № 2. С. 239.
12. Г.П. Александрова, А.С. Боймирзаев, М.В. Лесничая, Б.Г. Сухов, Б.А. Трофимов // Журн. общ. хим. 2015. Т. 85. № 2. С. 317.
13. Л.И. Колесникова, Е.А. Карпова, Б.Я. Власов, Б.Г. Сухов, Б.А. Трофимов // Бюл. эксп. биол. мед. 2015. Т. 159. № 2. С. 183.
14. Л.В. Родионова, И.А. Шурыгина, Б.Г. Сухов, Л.Г. Попова, М.Г. Шурыгин, А.В. Артемьев, Н.Н. Погодаева, С.В. Кузнецов, Н.К. Гусарова, Б.А. Трофимов // Журн. общ. хим. 2015. Т. 85. № 2. С. 314.
15. Б.Г. Сухов, Т.В. Ганенко, Н.Н. Погодаева, С.В. Кузнецов, И.И. Силкин, Е.А. Лозовская, М.Г. Шурыгин, И.А. Шурыгина, Б.А. Трофимов // Патент РФ № 2614363. 2017.
16. M.V. Lesnichaya, B.G. Sukhov, G.P. Aleksandrova, E.R. Gasilova, T.I. Vakul'skaya, S.S. Khutsishvili, A.N. Sapozhnikov, I.V. Klimenkov, B.A. Trofimov // Carbohydr. Polym. 2017. V. 175. P. 18.
17. M.V. Lesnichaya, R.Y. Shendrik, B.G. Sukhov // J. Luminescence. 2019. V. 211. P. 305.
18. M.V. Lesnichaya, B.G. Sukhov, E.A. Karpova // Coll. Surf. B: Biointerface. 2021. V. 197. 111381.
19. A.I. Perfileva, O.A. Nozhkina, T.V. Ganenko, I.A. Graskova, B.G. Sukhov, A.V. Artem'ev, B.A. Trofimov, K.V. Krutovsky // Int. J. Mol. Sci. 2021. V. 22. No. 9. 4576.
20. A.I. Perfileva, O.M. Tsvileva, O.A. Nozhkina, M.S. Karepova, I.A. Graskova, T.V. Ganenko, B.G. Sukhov, K.V. Krutovsky // Nanomaterials. 2021. V. 11. No. 9. 2274.
21. K.A. Abzaeva, B.G. Sukhov, S.S. Khutsishvili, E.B. Tarabukina, L.E. Zelenkov, A.V. Nevezhina, T.V. Fadeeva // Int. J. Mol. Sci. 2022. V. 23. No. 18. 10963.
22. A.I. Perfileva, I.A. Graskova, B.G. Sukhov, K.V. Krutovsky // Agronomy. 2022. V. 12. No. 6. 1281.
23. S.S. Khutsishvili, A.I. Perfileva, T.V. Kon'kova, N.A. Lobanova, E.K. Sadykov, B.G. Sukhov // Polymers. 2024. V. 16. No. 5. 716.

УДК 547.992.3; 543.544

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОНОМЕРНОГО СОСТАВА ЛИГНИНОВ ПРИ ПИРОЛИТИЧЕСКОМ РАЗЛОЖЕНИИ

**Сыпалова Ю.А., Покрышкин С.А., Кожевников А.Ю.**

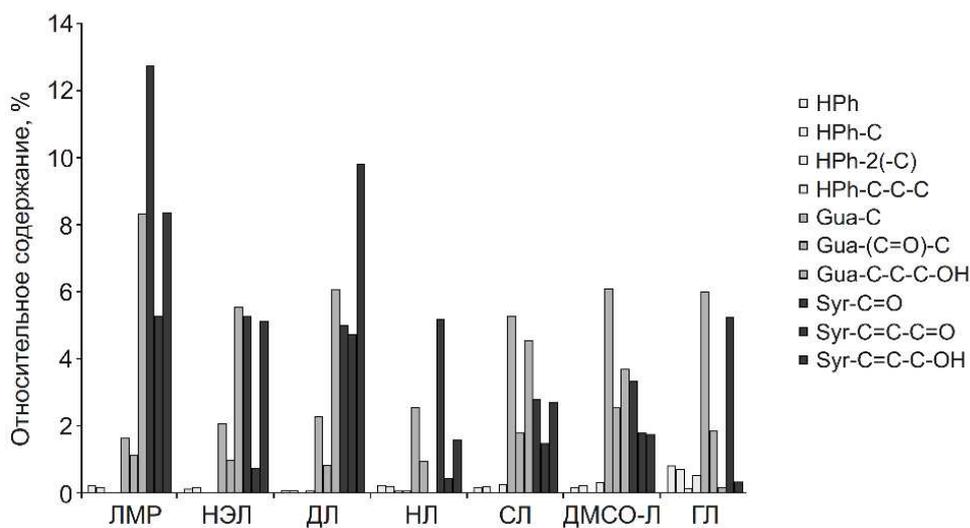
*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова,  
Центр коллективного пользования научным оборудованием «Арктика»  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17; email: yuliya.porova01@mail.ru*

*Установлена зависимость мономерного состава продуктов пиролиза от жесткости процесса делигнификации.*

*Ключевые слова: лигнин, пиролиз, газовая хроматография, анализ растительного сырья.*

Для сравнения мономерного состава были исследованы следующие препараты лигнина: лигнин механического размола (ЛМР), диоксанлигнин (ДЛ), натронно-этанольный лигнин (НЭЛ), диметилсульфоксидный лигнин (ДМСО-Л), натронный лигнин (НЛ), сульфатный лигнин (СЛ), гидролизный лигнин (ГЛ), выделенные из ксилемы березы. Пиролиз выполняли на основе результатов предыдущей работы [1].

Проанализирован вклад основных индивидуальных компонентов в содержание структурных единиц лигнина, формирующих соотношение S/G/H (рисунок).



Относительное содержание выбранных продуктов пиролиза.

Сильноизмененные препараты лигнина (НЛ, ДМСО-Л, СЛ, ГЛ) выделяют значительно меньше летучих продуктов пиролиза. Так, ГЛ выделял в 7 раз меньше летучих продуктов по сравнению с ЛМР. Состав продуктов разложения малоизмененных лигнинов (ЛМР, ДЛ, НЭЛ) характеризуется повышенным содержанием алкенов, альдегидов, спиртов и меньшим количеством безрадикальных производных, алканов и кетонов. Сильноизмененные препараты склонны выделять безрадикальные продукты, алканы и кетоны, несклонны – альдегиды.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 22-13-20015) с использованием оборудования ЦКП НО «Арктика».*

### Список литературы

1. S. Pokryshkin, Y. Syalova, A. Ivahnov, A. Kozhevnikov // Polymers. 2023. V. 15. No. 13. 2861.

УДК 547.92:664.161

## ТЕХНОЛОГИЯ ВОДОРАСТВОРИМОЙ СУБСТАНЦИИ ЭКДИСТЕРОНА

**Темиргазиев Б.С., Кожанова А.М., Тулеуов Б.И., Адекенов С.М.**

*АО «Научно-производственный центр “Фитохимия”»*

*Республика Казахстан, 100009, г. Караганда, ул. М. Газалиева, 4; email: info@phyto.kz*

*Впервые разработана технология получения 20-гидроксиэкдизона – субстанции и водорастворимой формы – на основе растения смолевки волжской.*

*Ключевые слова: смолевка волжская, 20-гидроксиэкдизон, технология, водорастворимая субстанция.*

Согласно данным международной базы Ecdybase.org [1] в настоящее время разработано и создано более 335 фармакологических субстанций на основе экдистерона (20-гидроксиэкдизон) и экдистероидов.

Препарат «Экдифит» анаболического и адаптогенного действия, разработанный в АО «НПЦ “Фитохимия”», представляет собой сумму экстрактивных веществ растения *Serratula coronata* L., содержащий в качестве основного действующего компонента 20-гидроксиэкдизон (20E), ряд минорных экдистероидов с содержанием 20E 1.5%.

В настоящее время в качестве альтернативного и перспективного промышленно-значимого источника биологически активных веществ, прежде всего экдистерона (1.76%), особый интерес вызывает и другое растение-сверхконцентратор – смолевка волжская (*Silene wolgensis* (Hornem.) Bess. ex. Spreng), широко распространенное в Центральном Казахстане.

Однако, одной из причин недостаточного применения экдистерона и фитоэкдистероидов и препаратов на их основе в фармацевтике является их низкая растворимость в воде.

В этой связи, нами впервые разработана технология получения водорастворимой формы экдистерона – субстанции и рабочего стандартного образца – из смолевки волжской.

Для оптимизации методов и технологии выделения фитоэкдизонов, в частности мажорного их представителя экдистерона, из растительного сырья проведена экстракция надземной части смолевки волжской с варьированием методов (экстракция, мацерация) и концентрации экстрагента 70%-ного, 96%-ного этанола. Установлено, что при экстракции надземной части смолевки волжской 96%-ным этанолом при температуре 78 °С в течение 3 ч, выход 20E из данного растения составляет 4.11% в расчете на сумму экстрактивных веществ и является оптимальным.

Разработан опытно-промышленный технологический регламент получения экдистерон-субстанции и водорастворимой формы на ее основе с  $\beta$ -циклодекстрином (ОПР-ФД65005037Р-01-23), который внедрен в производство на ТОО «Карагандинский фармацевтический завод».

### **Список литературы**

1. <https://ecdybase.org/>
2. Б.И.Тулеуов // Технология фитостероидных препаратов. Караганда: Гласир. 2017. 112 с.

УДК 547.92

**ФИТОЭКДИЗОНЫ *SILENE WOLGENSIS* (HORNEM.) BESS.****Темиргазиев Б.С., Кожанова А.М., Тулеуов Б.И., Адекенов С.М.***АО «Научно-производственный центр “Фитохимия”»**Республика Казахстан, 100009, г. Караганда, ул. М. Газалиева, 4; email: info@phyto.kz*

*Из казахстанской популяции растения *Silene wolgensis* (Hornem.) Bess. ex Spreng. кроме 20-гидроксиэкдизона (20E), 2-дезоксизэкдизона, впервые выделен 2-дезоксиз-20E и истинный гормон линьки  $\alpha$ -эксдизон.*

*Ключевые слова: смолевка волжская, фитоэксдизоны, 20-гидроксиэксдизон, 2-дезоксизэкдизон, 2-дезоксиз-20-гидроксиэксдизон.*

По ранее проведенным исследованиям установлено, что растение смолевка волжская *Silene wolgensis* (Hornem.) Bess. ex Spreng. является сверхпродуцентом и содержит 20E в количестве 1.76% в пересчете на воздушно-сухое сырье [1, 2].

В этой связи, проводя поиск новых фитоэксдистероидов, из смолевки волжской нами дополнительно выделены два компонента 2-дезоксизэкдизон (**1**) и 2-дезоксиз-20-гидроксиэксдизон (**2**) по разработанной методике [2].

Для выделения фитоэксдистероидов была выбрана надземная часть смолевки волжской, произрастающая в окрестностях поселка Кызыл кайын Бухар-Жырауского района Карагандинской области Республики Казахстан и собранная в фазе цветения в 2021 г.

2-Дезоксизэкдизон (**1**),  $C_{27}H_{43}O_5$ , белый кристаллический порошок, т.пл. 207 °С, EI-MS,  $m/z$  448 [ $H^+$ ], УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{max}$ , нм: 243 (lg $\epsilon$ ), ИК-спектр (KBr,  $\nu_{max}$ ,  $cm^{-1}$ ): 1030, 1165, 1647, 2357, 2932, 3445. Спектр ЯМР  $^1H$  (400 МГц, DMSO- $d_6$ ,  $\delta$ , м.д., J/Гц): 3.81 (2H, с, H-3), 1.64 (2H, с, H-4), 5.58 (1H, с, H-7), 3.06 (1H, м, H-9), 2.21 (1H, м, H-17), 0.72 (3H, с, H-18), 0.81 (3H, с, C-19), 1.02 (3H, H-21), 3.55 (1H, H-22), 1.21 (2H, H-24), 1.00 (3H, с, H-26), 1.03 (3H, с, H-27). Спектр ЯМР  $^{13}C$  (100 МГц, DMSO- $d_6$ ,  $\delta$ , м.д.): 29.52 (C-1), 28.52 (C-2), 63.63 (C-3), 32.59 (C-4), 51.13 (C-5), 203.15 (C-6), 121.29 (C-7), 166.17 (C-8), 36.56 (C-9), 38.42 (C-10), 20.82 (C-11), 31.60 (C-12), 49.22 (C-13), 83.64 (C-14), 31.56 (C-15), 21.48 (C-16), 49.83 (C-17), 17.67 (C-18), 24.99 (C-19), 42.40 (C-20), 13.16 (C-21), 76.20 (C-22), 26.60 (C-23), 42.23 (C-24), 69.22 (C-25), 30.10 (C-26), 31.20 (C-27).

2-Дезоксиз-20-гидроксиэксдизон (**2**),  $C_{27}H_{44}O_6$ , белый кристаллический порошок, т.пл. 251–253 °С, EI-MS,  $m/z$  465 [ $H^+$ ], УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{max}$ , нм: 244 (lg $\epsilon$ ), ИК-спектр (KBr,  $\nu_{max}$ ,  $cm^{-1}$ ): 426, 469, 535, 589, 614, 688, 751, 800, 818, 844, 879, 909, 932, 953, 996, 1025, 1056, 1145, 1228, 1265, 1318, 1381, 1446, 1640, 2962, 3382. Спектр ЯМР  $^1H$  (400 МГц, DMSO- $d_6$ ,  $\delta$ , м.д., J/Гц): 5.58 (1H, H-7), 3.06 (1H, м, H-9), 2.22 (1H, м, H-17), 0.71 (3H, с, H-18), 0.80 (3H, с, H-19), 1.03 (3H, с, H-21), 1.00 (3H, с, H-26), 1.00 (3H, с, H-27). Спектр ЯМР  $^{13}C$  (100 МГц, DMSO- $d_6$ ,  $\delta$ , м.д.): 28.56 (C-1), 28.56 (C-2), 63.15 (C-3), 29.51 (C-4), 51.40 (C-5), 210.97 (C-6), 120.85 (C-7), 166.19 (C-8), 36.10 (C-9), 36.56 (C-10), 21.49 (C-11), 31.30 (C-12), 48.56 (C-13), 83.63 (C-14), 32.56 (C-15), 21.49 (C-16), 49.21 (C-17), 17.68 (C-18), 24.05 (C-19), 76.19 (C-20), 22.11 (C-21), 76.68 (C-22), 26.60 (C-23), 41.92 (C-24), 69.21 (C-25), 30.55 (C-26), 30.55 (C-27).

**Список литературы**

1. Н.Ш. Рамазонов, И.Д. Бобаев, В.Н. Сыров, Ш.Ш. Сагдуллаев, А.У. Маматханов // Химия, биология и технология получения фитоэксдистероидов. Ташкент: Fan va texnologiya, 2016. 260 с.
2. Б.И. Тулеуов // Технология фитостероидных препаратов. Караганда: Гласир. 2017. 112 с.

УДК 661.124+574.45+547.92

**ВЛИЯНИЕ ОТЧУЖДЕНИЯ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ НА НАКОПЛЕНИЕ ЭКДИСТЕРОНА В ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНАХ *RHAPONTICUM CARTHAMOIDES*****Тимофеев Н.П., Биндасова Т.Н.**

КХ «БИО»

165650, г. Коряжма; email: sciens@leuzea.ru

На плантациях фармакопейного растения левзеи сафлоровидной было найдено, что при ранних сроках укоса экдистерон не накапливается в лекарственном сырье из корней с корневищами в достаточном количестве (в 2 раза ниже норматива).

*Ключевые слова:* левзея сафлоровидная, фармстатья, экдистерон, сроки укоса.

Изучали накопление действующего вещества экдистерона (20-гидроксиэкдизона) в растительном сырье из подземной части плантации *Rhaponticum carthamoides* (левзея сафлоровидная, шестой год жизни) [1], являющегося сырьем для фармпромышленности [2]. Культивировали методом органического растениеводства (без применения пестицидов и агрохимикатов) на Европейском Северо-Востоке. Отчуждение надземной массы полное, на высоте 5–7 см, по двум вариантам – в начале фазы бутонизации (июнь) и после фазы плодоношения (в конце июля). При отборе образцов после завершения вегетации (октябрь), экдистерон в них определяли официальным методом ВЭЖХ-анализа [3].

*Результаты.* После завершения вегетации осенью при сравнении величин массы подземных органов было обнаружено, что при ранних сроках отчуждения надземной части она оказалась на 23.3% меньше, чем в варианте с поздним сроком (274.7 против 338.7 г). Еще более значительным оказалось падение уровня концентрации экдистерона – она почти в два раза меньше при отчуждении в ранние сроки (0.063 против 0.120%) и не укладывается в норматив качества для корней с корневищами (норма 0.10%) [3].

*Выводы.* Полученные данные можно объяснить следующим образом: 1) Полное отчуждение надземной фитомассы в ранние сроки приводит к изъятию органических веществ из надземной сферы и, как следствие, недостаточному снабжению корневой системы продуктами фотосинтеза, что отражается на величине подземных органов. 2) Ранее накопленные в подземной части ассимиляты используются растениями для отрастания отавы из почек возобновления, расположенных на корневище, и формирования вторичной фитомассы, состоящей из новых вегетативных побегов. 3) Поскольку экдистерон находится в соке растений в высокоподвижной транспортной форме, он перераспределяется в первую очередь между акцепторами, которыми являются молодые и растущие листовые органы, и лишь в последнюю очередь уходит в запасующие подземные органы [4]. Поэтому содержание экдистерона в корнях после полного раннего укоса оказалось в два раза ниже, чем при поздних сроках отчуждения – когда после фазы репродукции (созревания семян) физиологическая роль экдистерона для надземных органов растений снижается и он там не удерживается.

Опережающее снижение концентрации экдистерона в корневище по сравнению с величиной фитомассы (1.9 раза против 1.2) свидетельствует о необходимости подробного исследования пределов изъятия (сроки, величина и интенсивность укосов), не влияющих отрицательно на биосинтез и накопление экдистерона в *R. carthamoides*.

**Список литературы**

1. Н.П. Тимофеев // Растительные ресурсы. 2005. Т. 41. № 3. С. 1.
2. A.N. Shikov, I.A. Narkevich, E.V. Flisyuk, V.G. Luzhanin, O.N. Pozharitskaya // J. Ethnopharmacol. 2021. V. 268. 113685.
3. Фармстатья 2.5.0091.18. Госфармакопей РФ, 14 изд. М.: ФЭМБ, 2018. Т. 4. С. 6360.
4. Н.П. Тимофеев // Сельскохозяйственная биология. 2009. Т. 44. № 1. С. 106.

УДК: 661.124+574.45+547.92

## ВЛИЯНИЕ КРАТНОСТИ УКОСОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ЭКДИСТЕРОНА В ЛИСТОВЫХ ОРГАНАХ ЛЕВЗЕИ САФЛОРОВИДНОЙ

Тимофеев Н.П., Биндасова Т.Н.

КХ «БИО»

165650, г. Коряжма; email: sciens@leuzea.ru

*Исследовали режимы изъятия листовой массы из культивируемой плантации левзеи сафлоровидной исходя из содержания экдистерона в сырье.*

*Ключевые слова: экдистерон, левзея сафлоровидная, листовые органы, укосы.*

Биосинтез и накопление действующего вещества экдистерона (20E) и длительность хозяйственной эксплуатации у растений левзеи сафлоровидной, используемых для изготовления кормовых добавок для животных, спортпрепаратов и лекарственных начал для фармацевтики (*экстракт левзеи, Экдистен, ВЮ-101*) [1, 2], прямо связано с интенсивностью и величиной нарастания вегетативных побегов с розеточными листьями (коэффициент детерминации около 80% за 32 года;  $R^2 = 0.77$ ) [3]. Вид в природе занесен в Красную книгу, где отнесен к числу редких и уязвимых, а режим заготовки в горах сводится к ограниченному изъятию надземной массы – 1 раз в 4 года [4].

Нашей задачей было определение режимов безопасного уровня изъятия надземной фитомассы в условиях промышленно эксплуатируемой плантации (из культивируемого агроценоза) левзеи на 5–6 годы жизни (Архангельская область, РФ), совпадающего с интенсивным периодом роста и развития вида в онтогенезе [3]. Кратность укосов с учетом двух лет развития подряд: 1+0 раз; 1+1 раз; 1+2 раза, 2+2 раза. Отчуждение: а) 50% в фазе стеблевания и бутонизации; б) 100% после репродукции семян. Экдистерон из образцов определяли методом ОФ-ВЭЖХ (использовали 98% стандарт 20E).

Полученные результаты свидетельствуют, что наиболее насыщены экдистероном отрастающие молодые побеги – через 20 суток вегетации содержание 20E у них наибольшее в режиме: 1 укос за 2 года (0.47%); затем 1 укос ежегодно (0.29%) и 1+2 укоса (0.26%). Режим ежегодного двукратного укоса (2+2) приводил к резкому (четырёхкратному) истощению пула экдистерона (0.13% 20E), а также вырождению побегов. При оставлении же посевов без укоса (нулевой режим), уровень концентрации 20E был наивысшим – 0.75 и 0.60–0.43% для фаз стеблевания и бутонизации.

На 35-й день вегетации относительное содержание 20E снижается во всех вариантах, что связано с опережающим развитием массы побегов перед пулом синтеза экдистерона (эффект разбавления в фитомассе). Для режима одноразового ежегодного укоса оно составляет 0.29% 20E, для режима 1+2 укоса – 0.23%. К началу зацветания на 41-й день вегетации экдистерон в листовых органах начинает резко снижаться (0.19 и 0.16%), что связано с оттоком 20E в акцепторы соцветий генеративных побегов.

Следует отметить, что норматив содержания экдистерона для листовых органов составляет 0.10% и рассмотренные выше первые три режима эксплуатации плантации в этот период позволяют укладываться в качественные показатели фармстатьи по 20E [5].

### Список литературы

1. Н.П. Тимофеев // В сборнике: Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты. М.: РАЕН, 2002. С. 115.
2. В.В. Володин, Н.П. Тимофеев, Н. Колегова. Межд. совещ. по фитоэкдистер. Сыктывкар, 1996. С. 138.
3. Н.П. Тимофеев // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58. № 1. С. 114.
4. С.А. Кубентаев, А.Н. Данилова // Вестник Томского гос. университета. 2017. Т. 37. С. 31.
5. Левзеи сафлоровидной листья – *Leuzea leaf*. ГФ РБ. Том. II. Минск: Минздрав, 2007. С. 368.

УДК 581.192+615.322+547.92+641.1/3

**ЩЕЛОЧНО-КИСЛОТНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКДИСТЕРОНА****Тимофеев Н.П.<sup>1</sup>, Биндасова Т.Н.<sup>1</sup>, Пунегов В.В.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>КХ «БИО»

165650, г. Коряжма; email: sciens@leuzea.ru

<sup>2</sup>Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28

Проведено исследование химической устойчивости действующего вещества экдистерона из листовой части левзеи для пищевых и кормовых субстанций.

Ключевые слова: экдистерон, левзея сафлоровидная, химическая устойчивость.

Экдистерон (ecdysterone, 20E) является нетрадиционным анаболическим агентом, который может помочь значительно увеличить мышечную массу и оказывает общее физиологическое действие на организм и его функции. Экдистерон контролирует процесс образования и расхода энергии, а также адаптирует организм к сильным раздражителям при стрессе, обеспечивая выживание в экстремальных условиях. Пищевые добавки с экдистероном часто включаются в рацион питания спортсменов, а фитобиотики – в рацион кормления различных видов животных.

Фоновое поступление 20E очень небольшое – менее 1 мг в сутки, желательное – на порядок выше, т.е. десятки миллиграмм. Проблема – биодоступность экдистерона крайне низкая (менее 1%) при пероральном приеме (через рот вместе с пищей у человека или с кормом у животных) [1, 2]. Поэтому, для достижения гарантированного эффекта используются крайне высокие дозировки очищенной формы 97% экдистерона в опытах у здорового человека (700–1400 мг/сутки или 10–20 мг на 1 кг массы тела).

Ранее было найдено, что одной из причин низкой доступности химически изолированного 20E является его разрушение в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ), где предполагают активную роль микрофлоры в загрязненной среде (контаминация) [1, 3]. Другой же причиной может быть неисследованная до настоящего времени химическая, щелочно-кислотная неустойчивость во время нахождения в разных отделах ЖКТ, где состав среды может колебаться у разных видов животных от pH 1.2 до 8–9 и выше.

В связи с чем нами исследована сохранность 20E в экстракте из биологически активной листовой части левзеи *Rhaponticum carthamoides* из агроценоза [4, 5] при воздействии водных растворов кислот и оснований (pH 2–12). Для этого сухой образец (порошок) с уже известным содержанием 20E (4500 мг/кг) в соотношении 1:10 был разбавлен дистиллированной водой и доведен до испытываемых концентраций соляной кислотой (HCl) и гидроксидом натрия (NaOH). Время экспозиции – 24 ч, t = 25 °C. Содержание 20E определяли ОФ-ВЭЖХ методом в Институте биологии Коми НЦ [6].

Результаты опыта свидетельствуют о довольно высокой устойчивости экдистерона к воздействию кислот и оснований. Сохранность 20E средняя – 93.7% для pH 2–12 (при C<sub>v</sub> = 4.1%). Потери целевого вещества при изменении pH от 4 до 10 единиц составили 4.5–6.7%. Более жесткие воздействия приводят к возрастанию потерь 20E, но не до критических значений – соответственно до 11.1% при pH 2 и 8.9% при pH 12.

**Список литературы**

1. L. Dinan, C. Balducci, L. Guibout et al. // J. Steroid Biochem. Mol. Biol. 2021. V. 212. 105896.
2. А.В. Удинцев, А.А. Ихалайнен, В.А. Максимов // Фармакология. 2014. Т. 15. С. 250.
3. В.В. Пунегов, В.П. Мишуков, Е.Н. Никитина // Патент РФ №2138509; опубл. 27.09.1999.
4. В.Н. Зеленков, Н.П. Тимофеев, О.П. Колесникова, О.Т. Кудаева // Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами и создания функц. продуктов. М.: РАЕН, 2001. С. 59.
5. Н.П. Тимофеев // Сельскохозяйственная биология. 2009. Т. 44. № 1. С. 106.
6. В.В. Пунегов, Н.С. Савиновская // Растительные ресурсы. 2001. Т. 37. № 1. С. 97.

УДК 641.3:613.26+615.322:547.92+661.124:582.998+614.31:63

**РАЗРАБОТКА СТАНДАРТА «ДОБАВКИ ПИЩЕВЫЕ С ЭКДИСТЕРОНОМ:  
ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ». ТУ 10.89.19-001-29673837-2024****Тимофеев Н.П.<sup>1</sup>, Пунегов В.В.<sup>2</sup>, Биндасова Т.Н.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>КХ «БИО»

165650, г. Коряжма; email: sciens@leuzea.ru

<sup>2</sup>Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28

Разработаны технические условия производства и контроля пищевой продукции, содержащей целевое вещество экдистерон (20-гидроксиэкдизон).

Ключевые слова: пищевые продукты, пищевые добавки, химический состав, экдистерон, экдистероиды, растительное сырье, технические условия, требования к сырью, упаковка, маркировка, хранение, безопасность, санитарный контроль, надзор.

Разработаны технические условия (ТУ 10.89.19-001-29673837-2024) производства и пищевого состава, упаковки и хранения, безопасности, санитарного надзора и контроля продукции, содержащей целевое вещество экдистерон и их аналоги экдистероиды [1]. Работа является завершающим этапом внедрения в производственную практику в масштабе агропопуляций результатов 35-летних (1989–2024 гг.) оригинальных фундаментальных исследований и экспериментально-практических работ, проведенных в КХ «БИО» в содружестве с Институтом биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН [2].

Добавки пищевые с экдистероном вырабатываются из культивируемых многолетних растений-адаптогенов в сухом виде (фитопродукция) на основе листовых частей растения левзея сафлоровидная (*Leuzea / Stemmacthal/Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjin.), апикальных частей стеблей растения серпуха венценосная (*Serratula coronata* L.) [3].

Область применения продукции: компоненты пищевых, спортивных и кормовых добавок, премиксы, БАД, фитобиотики, чай зеленый (неферментированный); в виде водных и спиртовых экстрактов; в составе алкогольных и безалкогольных напитков; для изготовления фармацевтических субстанций, лекарственных и ветеринарных препаратов; для извлечения, очистки и получения индивидуальных экдистероидов. Характеризуется высокой растворимостью и активностью экдистерона в экстракте [4].

В ТУ заложен ассортимент продукции с многократно более высокими значениями содержания экдистерона (2500–5000 мг/кг для субстанций левзеи и 15000–47000 мг/кг из серпухи) – вместо 1000 мг/кг по существующему стандарту двух Фармстатей [5, 6]. Показатели контроля содержания экдистерона в готовой продукции регулируются стандартом, устанавливающим метод обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ОФ-ВЭЖХ) с использованием внутреннего стандарта [5].

ТУ предусматривают применение инновационной, наукоемкой технологии вместо принятой в РФ одноразовой технологии из выкапываемых подземных частей левзеи *Rhaponticum carthamoides* [6], при которой плантация перестает существовать, а заготовленные корни низкого качества и быстро теряют экдистерон при хранении [2].

**Список литературы**

1. Добавки пищевые с экдистероном: Технические условия. ТУ 10.89.19-001-29673837-2024. 2024. 24 с.
2. Н.П. Тимофеев // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58. № 1. С. 1141.
3. Н.П. Тимофеев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23. № 4. С. 480.
4. Н.П. Тимофеев // Растительные ресурсы. 2005. Т. 41. № 3. С. 1.
5. В.Н. Зеленков, Н.П. Тимофеев, О.П. Колесникова, О.Т. Кудяева // Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами и создания функц. продуктов. М.: РАЕН, 2001. С. 59.
6. Левзея сафлоровидной листья – *Leuzea leaf*. ГФ РБ. Том. II. Минск: Минздрав, 2007. С. 368.
7. Фармстатья 2.5.0091.18. Госфармакопеея РФ, 14 изд. М.: ФЭМБ, 2018. Т. 4. С. 6360.

УДК 641.3:613.26+615.322:547.92+614.31:63

## НОРМИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ В ПРОДУКЦИИ «ДОБАВКИ ПИЩЕВЫЕ С ЭКДИСТЕРОНОМ»

Тимофеев Н.П.<sup>1</sup>, Пунегов В.В.<sup>2</sup>, Биндасова Т.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>КХ «БИО»

165650, г. Коряжма; email: sciens@leuzea.ru

<sup>2</sup>Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28

Приведены параметры ассортимента пищевой продукции, исходя из требований химического состава по содержанию экдистерона и токсических веществ.

Ключевые слова: пищевые добавки, растительное сырье, левзея сафлоровидная, серпуха венценосная, химический состав, экдистерон, тяжелые металлы, пестициды.

При большой востребованности экдистерон/экдистероид содержащих субстанций в народном хозяйстве [1], до настоящего времени не было технического регламента по показателям их качественного состава для пищевой продукции. Поэтому коммерческий рынок забит фальсификатом. Согласно исследованиям, до 98% субстанций из стран Европы, США, Китая и России сфальсифицированы: в 50% случаев это пустышки; 25–33% добавок содержат запрещенные допинговые и иные токсичные вещества; в остальных случаях в них содержится экдистерона до 700 раз меньше от заявленного. Кроме того, такие БАДы с экдистероном вырабатываются из запрещенных к свободной продаже токсичных растений (видов рода *Pfaffia*, *Cyanotis*, *Achyranthes*) [2, 3].

Исходя из практической необходимости, нами были впервые разработаны нормируемые показатели качества и безопасности пищевой продукции, получаемой из растений левзеи сафлоровидной и серпухи венценосной, касающиеся содержания экдистерона, тяжелых металлов и пестицидов [4]. Ассортимент продукции по экдистерону должен соответствовать данным таблицы, полученным методом ВЭЖХ анализа; по токсичным элементам и пестицидам – единым требованиям ТР ТС 021/2011 [5].

Физико-химические показатели пищевой продукции с экдистероном из левзеи и серпухи

Наименование показателя		Норма
Экдистерон в ассортименте продукции, мг/кг (%):		
✓ Левзея порошок: чай зеленый, фитобиотик		≥ 2500.0 (0.25%)
✓ Серпуха порошок: чай зеленый, фитобиотик		≥ 15000.0 (1.5%)
✓ Левзея экдистерон: фитобиотик с экдистероидами		≥ 2500.0 (0.25%)
✓ Экдистерон 5000 мг: адаптоген левзея порошок		≥ 5000.0 (0.50%)
✓ Экдистерон 47000 мг: адаптоген серпуха порошок		≥ 47000.0 (4.7%)
Влажность, %		≤ 12.0
Сумма экстрактивных веществ (после водной и спиртовой экстракции), %		≥ 30.0
Токсичные элементы:	свинец	≤ 5.0
	мышьяк	≤ 3.0
	кадмий	≤ 1.0
	ртуть	≤ 1.0
Пестициды:	ГХЦГ (α, β, γ – изомеры); ДДТ и метаболиты	≤ 0.1
	гептахлор, алдрин	не допускается (<0.002)

### Список литературы

1. В.В. Володин, Н.П. Тимофеев, Н. Колегова // Межд. совещ. по фитозекдистер. Сыктывкар, 1996. С. 138.
2. A. Hunyadi, I. Herke, K. Lengyel, M. Báthori, Z. Kele, A. Simon, G. Tóth, K. Szendrei // Sci. Rep. 2016. V. 6. 37322.
3. S. Kraiem, M.Y. Al-Jaber, H. Al-Mohammed // Drug Testing and Analysis. 2021. V. 13. No. 7. P. 1341.
4. Добавки пищевые с экдистероном: Технические условия. ТУ 10.89.19-001-29673837-2024. 2024. 24 с.
5. ТР ТС № 021/2011. Астана, Казахстан. URL: <https://www.alta.ru/tamdoc/11sr0880/#reglam>

УДК 547.576+547.326

## ВАНИЛИНОВАЯ КИСЛОТА В НАПРАВЛЕННОМ СИНТЕЗЕ ФОСФОНИЕВЫХ СОЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ ФРАГМЕНТЫ ТЕРПЕНОИДОВ

**Титов Е.А.<sup>1,2</sup>, Немтарев А.В.<sup>1,2</sup>, Миронов В.Ф.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Химический институт им. А.М. Бутлерова КФУ  
420008, г. Казань, ул. Кремлёвская, 29/1

<sup>2</sup>Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН  
420088, г. Казань, ул. ак. Арбузова, 8; email: EvATitov@kpfu.ru

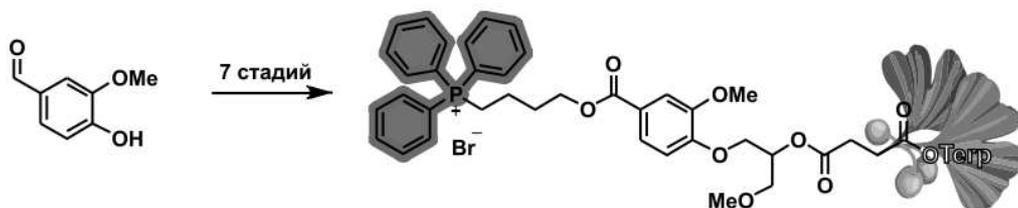
В работе описан оптимальный подход к синтезу биологически активных фосфониевых солей, несущих фрагменты терпеноидов, используя ванилин или эфиры ванилиновой кислоты в качестве исходных субстратов.

Ключевые слова: фосфониевые соли, терпеноиды, противоопухолевая активность, направленная доставка, глицеролипиды.

Значительное число известных в настоящее время терпеноидов обладают широким спектром биологической активности. Структурное разнообразие и доступность делает их перспективной платформой для дизайна лекарственных препаратов. Многообещающим подходом к повышению эффективности противоопухолевой терапии является модификация природных соединений векторными фрагментами, нацеленными на опухолевые клетки, характеризующиеся повышенным трансмембранным потенциалом. Большое число работ [1–3] демонстрирует высокую эффективность трифенилфосфониевой группы (ТФФ) в качестве молекулярного вектора.

В силу высокой химической лабильности терпеноидов и их склонности к перегруппировкам, актуальной задачей современной органической химии является разработка мягких и эффективных путей их направленной химической модификации.

В работе обсуждаются экспериментальные данные по разработке подхода к синтезу ТФФ-конъюгатов, содержащих терпенильные фрагменты, в основе которого лежит пошаговая функционализация ванилиновой кислоты.



Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках субсидии, выделенной КФУ (FZSM-2023-0018) и ФИЦ КазНЦ РАН на выполнение государственного задания.

### Список литературы

- O.V. Tsepaeva, A.V. Nemtarev, T.N. Pashirova, M.V. Khokhlachev, A.P. Lyubina, S.K. Amerkhanova, A.D. Voloshina, V.F. Mironov // RCS Med.Chem. 2023. V. 14. P. 454.
- V.F. Mironov, A.V. Nemtarev, O.V. Tsepaeva, M.N. Dimukhametov, I.A. Litvinov, A.D. Voloshina, T.N. Pashirova, E.A. Titov, A.P. Lyubina, S.K. Amerkhanova, A.T. Gubaidullin, D.R. Islamov // Molecules. 2021. V. 26. No. 21. 6350.
- O.V. Tsepaeva, T.I. Salikhova, L.R. Grigor'eva, D.V. Ponomaryov, T. Dang, R.A. Ishkaeva, T.I. Abdullin, A.V. Nemtarev, V.F. Mironov // Med. Chem. Res. 2021. V. 30. No. 4. P. 925.

УДК 630\*861

## УТИЛИЗАЦИЯ ПОСЛЕСПИРТОВОГО ОСТАТКА ЗЕЛЕННЫХ ЛИСТЬЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ МЕТОДОМ БИОКОНВЕРСИИ БАЗИДИАЛЬНЫМИ ГРИБАМИ

Тихонова А.О., Исаева Е.В.

Сибирский государственный университет науки и технологий им. ак. М.Ф. Решетнева  
660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31;  
email: nastya00tix@mail.ru

В работе исследована возможность утилизации послеэкстракционного остатка зеленых листьев древесных растений, в частности, листьев березы, осины и тополя, базидиальными грибами.

Ключевые слова: утилизация, листья, береза, осина, тополь, *Pleurotus pulmonarius*, *Fomitopsis pinicola*.

Твердый остаток зеленых листьев остается как отход после выделения спирторастворимых веществ с целью получения препаратов, обладающих антимикробной активностью [1, 2]. Утилизация твердых отходов вегетативной части древесных растений с использованием метода биоконверсии позволит получить на их основе кормовую добавку. В качестве агента биоконверсии и продуцента белка можно использовать базидиальные грибы [3–5].

Чистые культуры грибов *Pleurotus pulmonarius* (штамм Р.р. 3.2) и *Fomitopsis pinicola* (штамм Fr5-15) высевали на субстраты из послеэкстракционного остатка (п.э.о.) зеленых листьев древесных растений: березы, осины и тополя.

Об эффективности воздействия ферментативного комплекса базидиальных грибов на субстраты судили по убыли их массы в процессе биодеструкции, которую определяли на 13-е сутки для *P. pulmonarius* и на 18-е сутки для *F. pinicola*.

После культивирования Р.р. 3.2 наибольшая убыль массы отмечалась на субстрате из п.э.о. листьев березы (27.5%), примерно равные показатели были на субстратах из п.э.о. зеленых листьев осины и тополя, 22.9 и 22.5% соответственно.

Убыль массы субстратов после культивирования штамма Fr5-15 на после экстракционных остатках можно расположить в следующей последовательности: листья осины (29.3%) → листья тополя (28.3%) → листья березы (23.1%).

Полученные данные свидетельствуют о возможности утилизации послеспиртового остатка зеленых листьев древесных растений базидиальными грибами. Для листьев березы лучшим биодеструктором является вешенка легочная, а для листьев осины и тополя – трутовик окаймленный.

### Список литературы

1. Н.С. Барина, А.О. Тихонова, Л.М. Сербина // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. 2023. С. 276.
2. Н.С. Барина, Е.В. Исаева // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России. 2023. С. 762.
3. А.О. Тихонова, Л.М. Сербина, О.О. Мамаева // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. 2022. С. 251.
4. Е.В. Исаева, О.О. Мамаева, А.О. Тихонова, Л.М. Сербина // Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды. 2022. С. 17.
5. Л.М. Сербина, О.О. Мамаева, А.О. Тихонова // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. 2022. С. 245.

УДК 547.597

## СИНТЕЗ И ТРАНСФОРМАЦИИ ПЕНТАЦИКЛИЧЕСКИХ А-СЕКОТРИТЕРПЕНОИДОВ

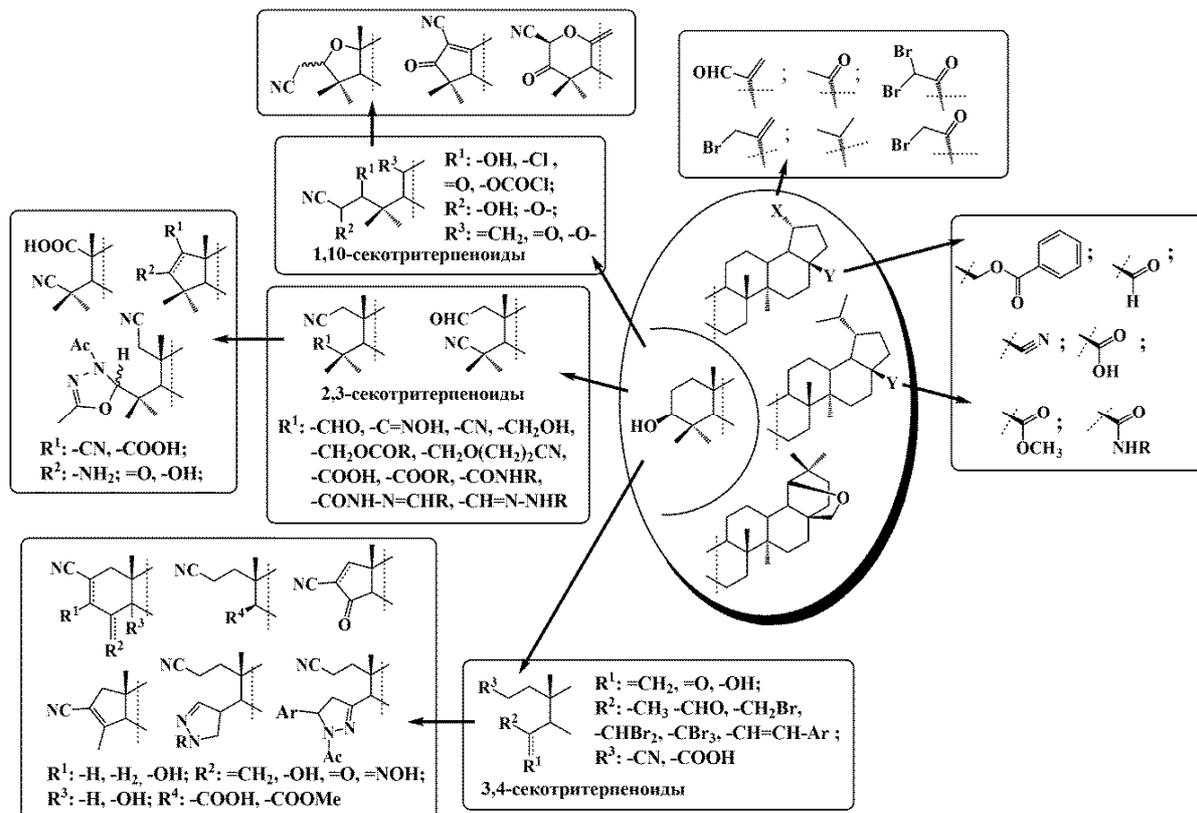
Толмачева И.А.

Институт технической химии УрО РАН  
614068, г. Пермь, ул. ак. Королева, 3; email: tolmail@gmail.com

Синтезированы тритерпеноиды с фрагментированным по связям C(1)–C(10), C(2)–C(3) и C(3)–C(4) кольцом А, химической модификацией которых получены линейные и циклические гетероатомные производные.

Ключевые слова: тритерпеноиды, бетулин, А-секотритерпеноиды, перегруппировка Бекмана, химическая модификация, внутримолекулярная циклизация.

Расщепление по Бекману тритерпеновых C(1), C(2), C(3) оксимов является ключевой реакцией в синтезе 1,10-, 2,3- и 3,4-секотритерпеноидов, на основе которых получен широкий спектр моно- и бифункционализированных А-секотритерпеновых производных с фрагментами гидразона, гидразида, эфира, амида, галогена, азола. Исследованы внутримолекулярные циклизации А-секотритерпеноидов, протекающие с формированием фуранового или пиранового А-кольца с участием атомов 1,10-секотритерпенового остова, а также в условиях основного катализа по нитрил-анионному типу с образованием структур с пяти- или шестичленным кольцом А, в том числе с редуцированной 4,4-гем-диметильной группой.



Работа выполнена в рамках Государственного задания; номер государственной регистрации темы 124021400012-1.

УДК 661.728+547.995.12

**БИОСОВМЕСТИМОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ МАТЕРИАЛОВ  
НА ОСНОВЕ ПОЛИСАХАРИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ****Торлопов М.А., Михайлов В.И., Ситников П.А.,  
Легкий Ф.В., Удоратина Е.В.***Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: tanlan799@gmail.com*

*Обсуждается биосовместимость нанокристаллов целлюлозы и хитина, формирование эмульсий, стабилизированных ими, и создание гемосовместимых пленок со свойством регуляции функциональной активности фибропластов.*

*Ключевые слова: нанокристаллы целлюлозы, нанокристаллы хитина, раневые покрытия, гемосовместимость, эмульсии Пикеринга.*

Нанокристаллы целлюлозы (НКЦ) и хитина (НКХ) представляют собой высокоупорядоченные анизотропные частицы со средними размерами 6×150 нм, в случае стержнеобразных, и диаметром до 60 нм, в случае частиц дисковидной морфологии, сочетающие гидрофильные и гидрофобные домены. Эти два типа нанокристаллов активно используются в технологиях создания материалов и конструирования управляемых систем, собранных из наноразмерных элементов с потенциалом биомедицинского применения.

Биосовместимость и, в том числе гемосовместимость, полисахаридных нанокристаллов исследована *in vivo*, *in vitro*. Сделан вывод о низкой острой и хронической токсичности, а также высокой гемосовместимости частиц с разной морфологией и функциональным составом поверхности.

НКЦ и НКХ применены для стабилизации дисперсий типа масло-в-воде с образованием устойчивых, нетоксичных эмульсий Пикеринга, размер капель которых составляет в среднем менее 3 мкм. Выявлены основные закономерности, влияющие на образование эмульсий и их стабильность в условиях желудочно-кишечного тракта, а также на транспорт жирорастворимых субстанций: тип и морфология частиц-стабилизаторов, гидрофильно-гидрофобный баланс частиц с модифицированной поверхностью, концентрации дисперсной фазы и фонового электролита. Капли эмульсии оптимизированного состава устойчивы в верхних отделах как модельной системы желудочно-кишечного тракта, так и *in vivo* (крысы), и без значимых потерь с высокой биодоступностью транспортируют, например, витамин D3 в тонкий кишечник.

Введение полисахаридных нанокристаллов с анизотропной морфологией в гелевые структуры открывает возможность управляемо влиять на микро- и наномасштабную структуру гидрогелевого биоматериала, его механические свойства, на способность взаимодействовать с клетками, а также регулировать их жизнеспособность и функциональную активность. Так, введение в состав альгинатных пленок НКХ или НКЦ повышает цитосовместимость материала с фибропластами. Полученные результаты открывают новые подходы для создания искусственных биоматериалов с потенциалом применения в составе раневых покрытий, имплантов и в аддитивных технологиях тканеинженерных конструкций.

*Работа выполнена в рамках госзадания Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (рег. номер 122040600027-6).*

УДК 544.478.1

## ГЛУБОКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ГЕМИЦЕЛЛЮЛОЗ В ПРОДУКТЫ С ВЫСОКОЙ ДОБАВЛЕННОЙ СТОИМОСТЬЮ; ГИДРОЛИЗ АРАБИНОГАЛАКТАНА НА ТВЕРДЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ Al-Zr-SBA-15

**Троцкий Ю.А.<sup>1</sup>, Еремина А.О.<sup>1</sup>, Новикова С.А.<sup>1</sup>, Сычев В.В.<sup>1,2</sup>, Таран О.П.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Институт химии и химической технологии СО РАН  
660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50/24; email: trockiy.ya@icct.krasn.ru

<sup>2</sup>Сибирский федеральный университет  
660041, г. Красноярск, Свободный просп., 79

*Разработан состав катализатора на мезопористом силикате SBA-15 допированном Al, Zr, обеспечивающий эффективную деполимеризацию арабиногалактана с получением арабинозы, галактозы, фурфурола и 5-ГМФ.*

*Ключевые слова: арабиногалактан, деполимеризация, арабиноза, галактоза, фурфурол, 5-гидроксиметилфурфурол, твердые катализаторы.*

Арабиногалактан (АГ) – это аморфный полимер, который получают из древесины лиственницы. Деполимеризация АГ позволяет получить ценные химические соединения, такие как мономерные сахара – арабиноза, галактоза, и производные фурана – фурфурол, 5-гидроксиметилфурфурол (5-ГМФ) [1].

Традиционно гидролиз полисахаридов проводят в присутствии растворимых катализаторов, таких как  $H_2SO_4$ ,  $HCl$ , однако использование коррозионноактивных реагентов противоречит принципам «зеленой» химии. Альтернативный подход – применение гетерогенных каталитических систем [2]. Мезопористый силикат SBA-15, морфология которого позволяет минимизировать диффузионные затруднения в жидкофазном процессе, является подходящей матрицей для создания твердого кислотного катализатора. Поскольку чистый SBA-15 не обладает выраженными кислотными свойствами, требуется его модификация с изменением состава материала. Допантами, позволяющими повысить кислотность силиката, являются Zr, Al. [2].

Цель работы – разработка твердого кислотного катализатора на основе модифицированного Al, Zr мезопористого силиката SBA-15 для глубокой переработки гемицеллюлоз в продукты с высокой добавленной стоимостью.

Для оценки эффекта допантов на кислотные свойства SBA-15 синтезирована серия катализаторов с разным соотношением Al/Zr (0.5; 1.0; 2.0). Методом  $pH_{ТНЗ}$  установлено, что соотношение Al/Zr 0.5 в составе SBA-15 обеспечивает максимальную кислотность катализатора ( $pH_{ТНЗ}$  2.43). Максимальный выход продуктов в присутствии Al-Zr-SBA-15 достигает 61 мас.% (4 ч). Среди продуктов: арабиноза – 4.55 мас.% (2 ч), галактоза – 45.16 мас.% (3 ч), 5-ГМФ – 16.16 мас.% и фурфурол – 3.02 мас.% (при 130 °C).

Разработанный катализатор Al-Zr-SBA-15 позволяет обеспечить эффективную деполимеризацию АГ до продуктов с высокой добавленной стоимостью. Данное исследование раскрывает некоторые закономерности дизайна твердых катализаторов и может стать основой для разработки новых технологий переработки биомассы.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 21-73-20269.*

### Список литературы

1. C. Dion, E. Chappuis, C. Ripoll // Nutrion & Metabolism. 2016. V. 13. 28.
2. V.N. Gromov, O.P. Taran, V.N. Parmon // The Royal Society of Chemistry. 2018. P. 69.

УДК 547.979.733

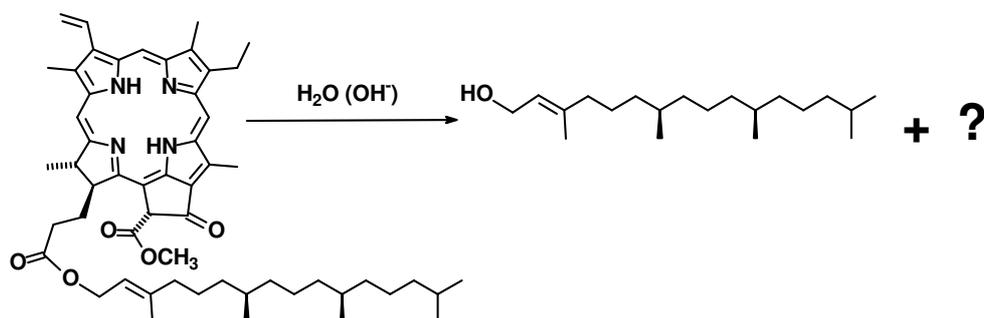
**ПОЛУЧЕНИЕ ФИТОЛА ИЗ ФЕОФИТИНА А****Тулаева Л.А., Кучин А.В., Белых Д.В.**

*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: tulaeva65@mail.ru*

*В настоящей работе изучен гидролиз фитилпропионатного заместителя феофитина-а в условиях основного катализа как возможный способ получения фитола.*

*Ключевые слова: фитол, феофитин, хлорофилл, гидролиз, фитилпропионатный заместитель.*

Фитол и изомерный ему изофитол – непредельные спирты терпенового ряда – представляют интерес как исходные соединения в синтезе витаминов Е и К1, которые находят широкое применение в медицинской практике. Феофитин а с чистотой >90% может быть получен из биомассы цианобактерии спирулины без применения хроматографии и может быть использован для получения фитола. В настоящей работе изучен способ получения фитола из феофитина а путем щелочного гидролиза фитилпропионатного заместителя феофитина. Гидролиз осуществляли при кипячении феофитина а в спиртовом растворе гидроксида калия в течение 30 мин. Полученный фитол выделяли методом колоночной хроматографии. Фитол идентифицирован на основании данных ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ .



УДК 547.98+547.918

## ЭКСТРАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА РЕВЕНЯ *RHEUM TATARICUM* L. И ПРЕВРАЩЕНИЯ 1-О-[3-ГИДРОКСИБУТИЛ)ФЕНИЛ]- β-D-ГЛЮКОПИРАНОЗИДА

**Тургунбаева А.А.<sup>1</sup>, Шульц Э.Э.<sup>2</sup>, Савельев В.А.<sup>2</sup>, Султанова Н.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева  
Республика Казахстан, 010008, г. Астана, ул. Сатпаева, 2; email: ayman\_88@mail.ru

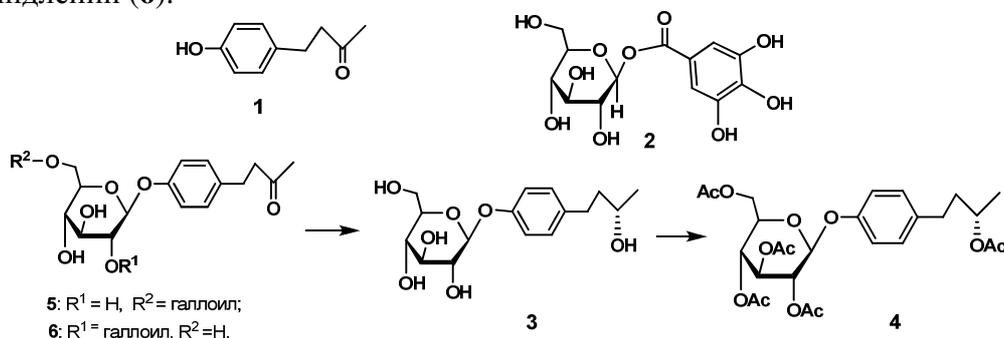
<sup>2</sup>Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН  
630090, г. Новосибирск, просп. ак. Лаврентьева, 9

Из подземной части *Rheum tataricum* выделены β-глюкогаллин (его циннамоильные и кумароильные производные) и 1-О-[(3-гидроксибутил)фенил]-β-D-глюкопиранозид, на основе которого получен ряд соединений.

Ключевые слова: экстракция, галловая кислота, β-глюкогаллин, линдлейин, *Rheum tataricum*.

Род (ревень) *Rheum* (*Polygonaceae*) отличается высоким содержанием фенольных гликозидов и дубильных веществ, как конденсированного (протоцианидины), так и гидролизуемого типа (производные галловой и эллаговой кислот). Данные по составу полифенольных соединений, в том числе их гликозидов *Rheum tataricum* L., в литературе отсутствуют [1].

Нами исследован химический состав корней *Rheum tataricum* L., заготовленных в Алматинской области Республики Казахстан. Последовательная экстракция корней растворителями возрастающей полярности позволила идентифицировать циннамоильные и кумароильные производные 1-О-галлоил-β-D-глюкопиранозид (выход 1.2% от веса экстракта и 0.06% от веса в.с. сырья), а также выделить 4-(*n*-гидроксифенил)-2-бутанон (**1**) (выход 0.15% от веса в.с. сырья) при экстракции трет-бутилметиловым эфиром. 1-О-Галлоил-β-D-глюкопиранозид (β-глюкогаллин) (**2**) выделен при экстракции сырья этилацетатом. Основным экстрагируемым соединением обоих экстрактов является 1-О-[(*S*)-3-гидроксибутил)фенил]-β-D-глюкопиранозид (**3**) (выделено с выходом 1.08% от веса в.с. сырья), которое образует пентаацетат (**4**) при обработке уксусным ангидридом в пиридине. Соединение **3** образуется в результате гидролиза и восстановления фенольных гликозидов растения линдлейин (**5**) и изолиндлейин (**6**).



Известно, что вторичные метаболиты ревеня **5** и **6** обуславливают противовоспалительное действие экстрактов некоторых видов ревеня. Изучены способы функционализации соединений **3** и **4**.

### Список литературы

1. N. Golubkina, V. Kharchenko, M. Bogachuk, A. Koshevarov, S. Sheshnitsan, O. Kosheleva, N. Pirogov, G. Caruso // Int. J. Plant Biol. 2022. V. 13. P. 368.

УДК 634.1.634.743:581.

## ВИТАМИНЫ *TRIBULUS TERRESTRIS* L., *MELISSA OFFICINALIS* L., ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЕ

Турдалиева П.К.<sup>1</sup>, Аскарлов И.Р.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ферганский государственный университет  
Республика Узбекистан, 150100, г. Фергана, ул. Мураббийлар, 19;  
email: parizod70@mail.ru

<sup>2</sup>Андижанский государственный университет  
Республика Узбекистан, 170100, г. Андижан, ул. Университетская, 129

Методом ВЭЖХ в составе надземной части растений *Tribulus terrestris* L. и *Melissa officinalis* L. изучено количественное содержание водорастворимых витаминов: С, В1, В2, В6, В9, РР (В3). *Tribulus terrestris* L. является концентратом витаминов В2 (45.6 мг/г) и В9 (34.4 мг/г), а *Melissa officinalis* L. – концентратом витаминов В2 (34.1 мг/г), С (28.8 мг/г) и В6 (21.5 мг/г).

Ключевые слова: витамины, ВЭЖХ, растения, *Tribulus terrestris* L., *Melissa officinalis* L.

*Tribulus terrestris* L. содержит в большом количестве сапонины, алкалоиды, смолистые вещества, жирное масло, кумарины и красящие вещества [1]. Выявлено высокое содержание фруктозы (24%) и глюкозы (25.2%), а также Mg (6210 мг/кг) и Se (0.69 мг/кг) [2]. По содержанию флавоноидов *Melissa officinalis* L. является концентратом рутина (54.2 мг/г), кверцетина (45.50 мг/г), дигидрокверцетина (35.6 мг/г), лютеолина (9.74 мг/г) и салидрозида (3.41 мг/г), а *Tribulus terrestris* L. является источником розавина (21.41 мг/г) [3].

В настоящей работе исследовано содержание водорастворимых витаминов в указанных растениях. Результаты анализа представлены в таблице.

Количественное содержание витаминов в надземной части *Tribulus terrestris* L.  
и *Melissa officinalis* L., произрастающих в Ферганской долине

Водорастворимые витамины	Концентрация витаминов в составе растений (мг/г)	
	<i>Tribulus terrestris</i> L.	<i>Melissa officinalis</i> L.
С (аскорбиновая кислота)	7.1	28.8
В1 (тиамин)	0	8.6
В2 (рибофлавин)	45.6	34.1
В6 (пиридоксин)	19.8	21.5
В9 (фолиевая кислота)	34.4	0
РР(В3) (никотиновая кислота)	8.3	11.2

Результаты показывают, что надземная часть растений *Tribulus terrestris* L. является источником витамина В2 и В9, содержащих в своей структуре азотсодержащие гетероциклы, такие как пиримидин и пиразин. В составе надземной части растений *Melissa officinalis* L. преобладают витамины В2, С, а также В6, содержащий пиридиновое основание. Витамин В9 в надземной части растений *Melissa officinalis* L. не обнаружилось. Количественное соотношение водорастворимых витаминов в составе исследуемых растений следующее: *Tribulus terrestris* L.: В2 > В9 > В6 > РР(В3) > С; *Melissa officinalis* L.: В2 > С > В6 > РР(В3) > В1.

### Список литературы

1. П.К. Игамбердиева // Журнал Доктор Ахборотномаси. 2014. № 2. С. 22.
2. П.К. Турдалиева // Universum: химия и биология. 2024. № 2(116). С. 58.
3. П.К. Турдалиева, И.Р. Аскарлов, А.А. Ибрагимов // Universum: химия и биология. 2024. № 3(117). С. 63.

УДК 547.576+547.326

## ФОСФОНИЕВЫЕ СОЛИ НА ОСНОВЕ СЕСКВИТЕРПЕНОВЫХ ЛАКТОНОВ ЭУДЕСМАНОВОГО РЯДА

**Урубкова У.П.<sup>1</sup>, Шемахина М.Э.<sup>1,2</sup>, Немтарев А.В.<sup>1,2</sup>,  
Семаков А.В.<sup>3</sup>, Пухов С.А.<sup>3</sup>, Миронов В.Ф.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет  
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18

<sup>2</sup>Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН  
420088, г. Казань, ул. ак. Арбузова, 8

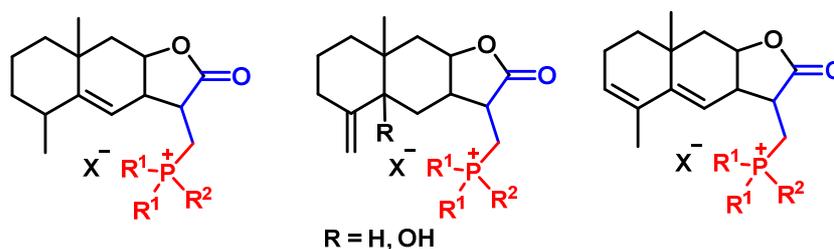
<sup>3</sup>Институт физиологически активных соединений  
ФИЦ Проблем химической физики и медицинской химии  
142432, г. Черноголовка, Северный проезд, 1

*В работе обсуждается оптимальный подход к синтезу фосфониевых солей, содержащих фрагменты циклических сесквитерпеноидов эудесманового ряда.*

*Ключевые слова: фосфониевые соли, сесквитерпеновые лактоны, эудесман, алантолактон, изоалантолактон, телекин, алантодиен.*

Сесквитерпеновые лактоны привлекают значительное внимание в последние десятилетия ввиду наличия широкого спектра биологической активности. Они проявляют противовоспалительные, антимикробные, антиоксидантные, противопаразитарные и цитотоксические свойства [1]. Направленная химическая модификация способна существенно улучшить профиль биологической активности и биодоступности природных соединений. Так, введение векторных (в т.ч. фосфониевых) фрагментов в структуру природных соединений может повысить цитотоксичность в отношении раковых клеток благодаря способности фосфониевых солей проникать через клеточные и митохондриальные мембраны [2].

В работе приведены данные по синтезу триарилфосфониевых конъюгатов, полученных на основе сесквитерпеновых лактонов эудесманового ряда – алантолактона, изоалантолактона, телекина и алантодиена.



*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках субсидий, выделенных КФУ (FZSM-2023-0018) и ФИЦ КазНЦ РАН на выполнение государственного задания.*

### Список литературы

1. B.M. Fraga // J. Nat. Prod. Rep. 2012. V. 29. P. 1334.
2. J. Zielonka, J. Joseph, A. Sikora, M. Hardy, O. Ouari, J. Vasquez-Vivar, B. Kalyanaraman // Chem. Rev. 2017. V. 117. No. 15. P. 10043.

УДК 544.722.3

## ГИДРОФОБИЗИРОВАННЫЕ ПОРОШКИ ИЗ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ

**Ушаков Н.В., Удортина Е.В., Кучин А.В.**

*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: ushakov-nv@chemi.komisc.ru*

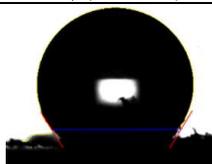
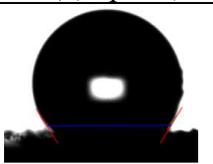
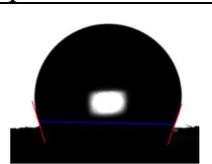
*Проведено сравнение краевых углов смачивания лигноцеллюлозных порошков, полученных из макулатурного сырья, с синтезированным эфиром целлюлозы и жирной кислоты (каприлатом целлюлозы).*

*Ключевые слова: лигноцеллюлоза, гидрофобизация, краевой угол смачивания.*

Материалы на основе гидрофобизированных целлюлозных материалов нашли применение в производстве противобледенительных материалов, непромокаемой ткани, противомикробных и антикоррозионных материалов, сорбентов нефтепродуктов и пр. [1].

Получение производных целлюлозы с высокими показателями гидрофобности, в особенности ее жирнокислотных эфиров, требует применения дорогостоящих и/или токсичных реагентов. При этом существуют трудности с выделением и очисткой целевого продукта. Вследствие этого, в последнее время ведутся исследования в области разработок более дешевых и неопасных методов гидрофобизации [2].

В настоящей работе проведено сравнение результатов измерения степени гидрофобности полученных лигноцеллюлозных порошков (ПЦ) из макулатурного сырья (газетная и картонная масса) и синтезированного эфира целлюлозы. Гидрофобизация проводилась в растворе стеарата натрия (2.5 г/л), с последующим осаждением соли на поверхность ПЦ эквимольным количеством алюмокалиевых квасцов. Каприлат целлюлозы со степенью замещения 0.44 был синтезирован в гомогенных условиях (в системе ДМАА–LiCl) в результате реакции с октаноил хлоридом (2 моль на одну OH-группу целлюлозы). Степень гидрофобности оценивалась по значениям краевых углов смачивания ( $\theta$ ), измеренных на приборном комплексе SEO Phoenix MT с программным обеспечением Surfaceware 9.

ПЦ (газета)	ПЦ (картон)	Каприлат целлюлозы
		
$\theta = 123^\circ$	$\theta = 123^\circ$	$\theta = 110^\circ$

Полученные гидрофобизированные порошки целлюлозы обладают большей степенью гидрофобности, чем синтезированный эфир. Таким образом, гидрофобизация методом осаждения алюминиевых солей жирных кислот является более эффективной по сравнению с реакцией этерификации.

*Работа выполнена в соответствии с ГЗ Минобрнауки России, рег. № 122040600027-6.*

### Список литературы

1. H. Teisala, M. Tuominen, J. Kuusipalo // Adv. Mat. Interfaces. 2014. V. 1. No. 1. 1300026.
2. T. Heinze, O.A. El Seoud, A. Koschella // Cellulose derivatives: synthesis, structure, and properties. Berlin: Springer, 2018. P. 531.

УДК 543.061

## ВЫДЕЛЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛИГНАНОВ БАГУЛЬНИКА БОЛОТНОГО (*RHODODENDRON TOMENTOSUM*)

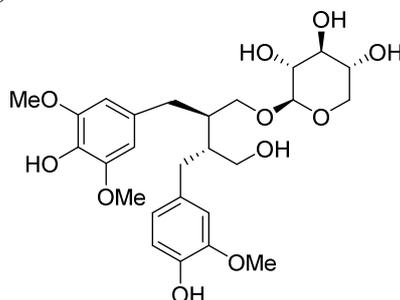
**Фалёв Д.И., Фалёва А.В., Онучина А.А., Косяков Д.С., Ульяновский Н.В.**

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17; email: d.falev@narfu.ru*

*Выделены и идентифицированы лигнаны багульника болотного (*Rhododendron tomentosum*) методами препаративной ВЭЖХ, ВЭЖХ-МСВР и 2D-ЯМР спектроскопии. Ключевые слова: багульник болотный, *Rhododendron tomentosum*, *Ledum palustre*, препаративная ВЭЖХ, ВЭЖХ-МСВР, 2D-ЯМР, лигнаны.*

Багульник болотный (*Rhododendron tomentosum*) – небольшой вечнозеленый кустарник, который до 1990 г. имел название *Ledum palustre*. Растение содержит различные эфирные масла, пентациклические тритерпеноиды и низкомолекулярные полифенолы, большинство из которых относятся к флавоноидам и кумаринам. Однако есть предположения, что в стеблях багульника также могут содержаться и биологически активные лигнаны, так как многие виды рода *Rhododendron* (*R. mariae*, *R. minutiflorum*, *R. alutaceum* и другие) в стеблях и листьях содержат лигнаны различного строения. Таким образом, цель работы – выделение и идентификация лигнанов в стеблях багульника методами препаративной ВЭЖХ, ВЭЖХ-МСВР и 2D-ЯМР. Предложенные методы ранее успешно применялись для выделения и идентификации лигнанов хвойных пород древесины [1, 2].

Экстракцию стеблей багульника проводили в аппарате Сокслета ацетоном в течение 12 ч. Полученный экстракт упаривали в вакууме досуха. Выход экстракта составил 8.3%. Далее из экстракта выделяли отдельные фракции методом препаративной ОФ-ВЭЖХ. Для идентификации лигнанов в четырех полученных фракциях (F1–F4) использовали комплекс методов ВЭЖХ-МСВР и 2D-ЯМР. Фракция F1 представляла собой лионизид (C<sub>27</sub>H<sub>36</sub>O<sub>12</sub>), F2 – ссиорисид (C<sub>27</sub>H<sub>38</sub>O<sub>12</sub>), F4 состояла из двух лигнанов – (8*S*,8'*S*)-секоизоларицирезинол 9-ксилозид (C<sub>25</sub>H<sub>34</sub>O<sub>10</sub>) и прупасид (C<sub>27</sub>H<sub>36</sub>O<sub>12</sub>). Данные лигнаны ранее находили в других растениях. Фракция F3 являлась новым, ранее не встречающимся лигнаном – 3'-метоксисекоизоларицирезинол ксилозидом с брутто-формулой C<sub>26</sub>H<sub>36</sub>O<sub>11</sub> (рисунок).



*Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП НО «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 22-13-20071).*

### Список литературы

1. N.V. Ul'yanovskii, A.A. Onuchina, A.V. Faleva, N.S. Gorbova, D.S. Kosyakov // *Antioxidants*. 2022. V. 11. 2338.
2. D.I. Falev, I.S. Voronov, A.A. Onuchina, A.V. Faleva, N.V. Ul'yanovskii, D.S. Kosyakov // *Molecules*. 2023. V. 28. 8114.

УДК 543.061

**ДИГИДРОКОРИЧНЫЙ БИБЕНЗИЛ – НОВЫЙ ТИП СОЕДИНЕНИЙ,  
ВЫДЕЛЕННЫЙ ИЗ МХА *POLYTRICHUM COMMUNE*****Фалёва А.В., Фалёв Д.И., Будаев Н.А., Онучина А.А.,  
Ульяновский Н.В., Косяков Д.С.**

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17; email: a.bezumova@narfu.ru*

*Димер дигидрокоричного бибензила был выделен из надземной части мха *Polytrichum commune*. Химическая структура нового соединения была идентифицирована по данным ЯМР-спектроскопии и ВЭЖХ-МС ВР.*

*Ключевые слова: бриофиты, *Polytrichum commune*, вторичные растительные метаболиты, полифенолы, антиоксидантная активность.*

**Polytrichum commune*, известный также как кукушкин лен, относится к классу листостебельных мхов и имеет этнофармакологическое значение, особенно в китайской медицине [1]. Исследования экстрактов и чистых соединений, выделенных из *P. commune*, подтвердили антимикробные, противовирусные и другие свойства, что делает его ценным сырьем для фармацевтической промышленности. Однако исследования химического состава полифенольных соединений в *P. commune* все еще приводят к новым открытиям [2, 3], что указывает на низкий уровень знаний об этом виде мха.*

*Обзорная характеристика химического состава этилацетатной фракции (EtOAc), выполненная по данным двумерной (2D) спектроскопии ЯМР позволила нам выявить присутствие в образце ранее не идентифицированного соединения.*

*Для препаративного извлечения была выбрана обращенно-фазовая ВЭЖХ. Соединение получило название Поликоммунин-А и представляет собой порошок бледно-желтого цвета с молекулярной формулой  $C_{46}H_{34}O_{16}$  и  $m/z$  841.1779 [M-H]<sup>-</sup>. Выход составил 15% от фракции EtOAc или 0.04% от исходного растительного сырья.*

*Последующий анализ 2D ЯМР спектров показал, что исследуемое соединение представляет собой тетрамерный полифенол, состоящий из двух звеньев дигидрокоричной кислоты, чередующихся с двумя звеньями бибензила. Тандемные масс-спектры высокого разрешения как в положительном, так и в отрицательном режимах демонстрируют сходные пути фрагментации, подтверждая идентифицированную структуру. Два независимых метода показали, что новое соединение обладает значительной антиоксидантной активностью: 521±18 мг экв. FeSO<sub>4</sub> и 465±13 мг экв. троллокса на грамм образца.*

*Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП НО «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 23-73-01078).*

**Список литературы**

1. S. Chandra, D. Chandra, A. Barh, R.K. Pankaj Pandey, I.P. Sharma // Journal of Traditional and Complementary Medicine. 2017. V. 7. P. 94.
2. A.V. Faleva, N.V. Ulyanovskii, D.I. Falev, A.A. Onuchina, N.A. Budaev, D.S. Kosyakov // Metabolites. 2022. V. 12. 974.
3. P. Fu, S. Lin, L. Shan, M. Lu, Y.H. Shen, J. Tang, R.H. Liu, X. Zhang, R.L. Zhu, W.D. Zhang // Journal of Natural Products. 2009. V. 72. P. 1335.

УДК 544.04.032.7

## ВЛИЯНИЕ ТИПА НОСИТЕЛЯ КАТАЛИЗАТОРА НА ПРОТЕКАНИЕ ПРОЦЕССА КОНВЕРСИИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

**Филатова А.Е.<sup>1,2</sup>, Сульман А.М.<sup>1</sup>, Шиманская Е.И.<sup>1</sup>, Гребенникова О.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет»  
170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22; email: afilatowa@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»  
170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33

*Особое внимание в химической промышленности уделяется поиску и разработке эффективных способов каталитической переработки растительной биомассы в сырье для химической и топливной промышленности.*

*Ключевые слова: многоатомные спирты, растительная биомасса, конверсия, сверхсшитый полистирол, рутений.*

Использование в качестве носителя полимерной матрицы из сверхсшитого полистирола позволяет повысить эффективность катализатора путем контролируемого формирования частиц активной фазы. На основании этого актуальной проблемой современной химии является поиск и разработка катализаторов с контролируемым формированием металлических частиц, стабилизацией частиц активной фазы, а так же проведение физико-химических исследований синтезированных катализаторов. Применение благородных металлов в качестве активной фазы позволяет получить высокие значения конверсии и селективности промышленных процессов. Одним из наиболее важных каталитических процессов является переработка растительной биомассы в присутствии катализаторов в сырье для химической и топливной промышленности, в частности для производства многоатомных спиртов. Данные вещества являются сырьем для производства лекарственных препаратов, жидкого топлива, эмульгаторов, ПАВ, антифризов, полиэфирных волокон и смол. Большинство используемых катализаторов в настоящее время не позволяют обеспечить высокую селективность и конверсию растительной биомассы. В качестве матрицы для полимерных металлосодержащих катализаторов был выбран сверхсшитый полистирол (СПС). В качестве носителя активной фазы катализатора использовали три различных типа СПС: СПС, не имеющий функциональных групп (MN 270); СПС, содержащий сульфогруппы (MN 500); СПС, функционализированный аминогруппами (MN 100). В работе было проведено термогравиметрическое исследование этих типов носителей. Для исследования влияния типа носителя катализатора на процесс конверсии растительной биомассы были проведены эксперименты с различными видами СПС. Их эффективность оценивали по конверсии, суммарной селективности и выходу целевых продуктов – сорбиту и манниту. В ходе проведенного термогравиметрического анализа было показано, что СПС MN 270 является наиболее устойчивым носителем активной фазы используемого катализатора и эффективным для конверсии растительной биомассы.

УДК 547.99

## СИНТЕЗ 1,3,4-ТИАДИАЗИНОВ НА ОСНОВЕ УСНИНОВОЙ КИСЛОТЫ

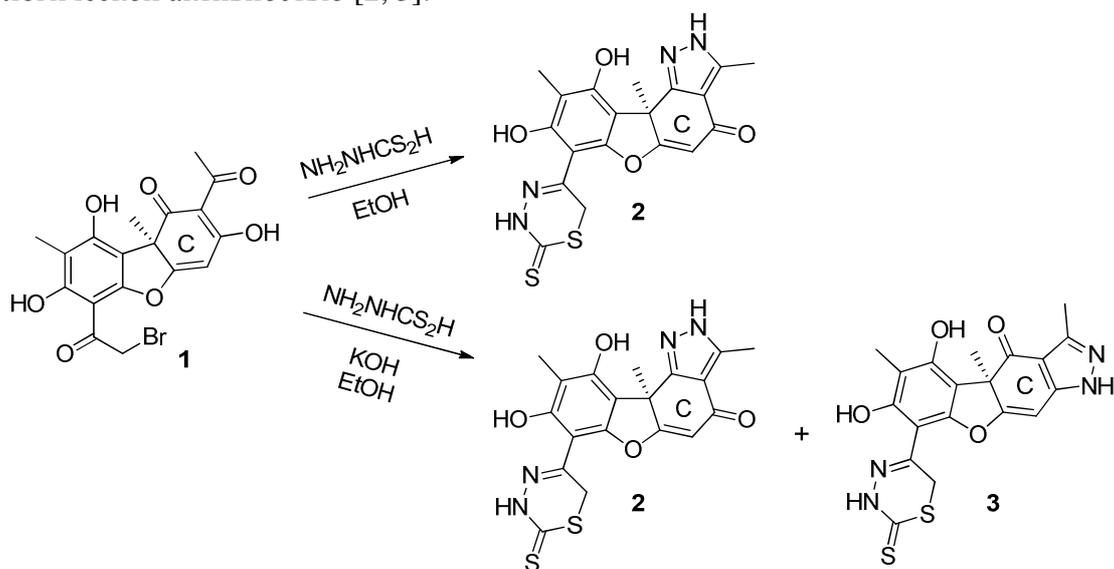
**Филимонов А.С.<sup>1</sup>, Зернов С.П.<sup>1,2</sup>, Лузина О.А.<sup>1</sup>, Салахутдинов Н.Ф.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН  
630090, г. Новосибирск, просп. Лаврентьева, 9; email: alfil@nioch.nsc.ru<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет  
630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1

Разработана методика синтеза 1,3,4-тиадиазинов на основе усниновой кислоты. Показано, что в зависимости от условий реакции, может меняться направление замыкания побочно образующегося пиразольного цикла.

Ключевые слова: вторичные метаболиты лишайников, 1,3,4-тиадиазин, усниновая кислота, пиразолы.

Усниновая кислота является вторичным метаболитом лишайников родов *Usnea*, *Cladonia* и других. Она обладает широким спектром биологической активности: противомикробной, противоопухолевой, противовоспалительной и противовирусной [1].

Бромусниновая кислота (**1**) является удобным стартовым соединением для синтеза широкого ряда гетероциклических производных, обладающих более выраженной биологической активностью [2, 3].



В ходе настоящей работы были синтезированы 1,3,4-тиадиазины **2** и **3** на основе усниновой кислоты. Показано, что в ходе реакции соединения **1** с гидразиндителикарбонатом помимо образования целевого гетероциклического фрагмента происходит замыкание пиразольного цикла, конденсированного с кольцом С усниновой кислоты. Подобраны условия реакции, способствующие региоселективному замыканию пиразольного цикла.

**Список литературы**

1. O.A. Luzina, N.F. Salakhutdinov // Bioorg. Chem. 2016. V. 42. P. 129.
2. A. Filimonov, O. Luzina, N. Salakhutdinov // Chem. Proc. 2021. V. 3. P. 66.
3. A.S. Filimonov, A.A. Chepanova, O.A. Luzina, A.L. Zakharenko, O.D. Zakharova, E.S. Ilina, N.S. Dyrkheeva, M.S. Kuprushkin, A.V. Kolotaev, D.S. Khachatryan, J. Patel, I.K.H. Leung, R. Chand, D.M. Ayine-Tora, J. Reynisson, K.P. Volcho, N.F. Salakhutdinov, O.I. Lavrik // Molecules. 2019. V. 24. 3711.

УДК 547.458.61

## ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ КРАХМАЛА И ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ

Филонова П.Д., Таганбекова З.К., Маркин В.И.

Алтайский государственный университет  
656049, г. Барнаул, просп. Ленина, 61; email: taganbekovaz1628@gmail.com

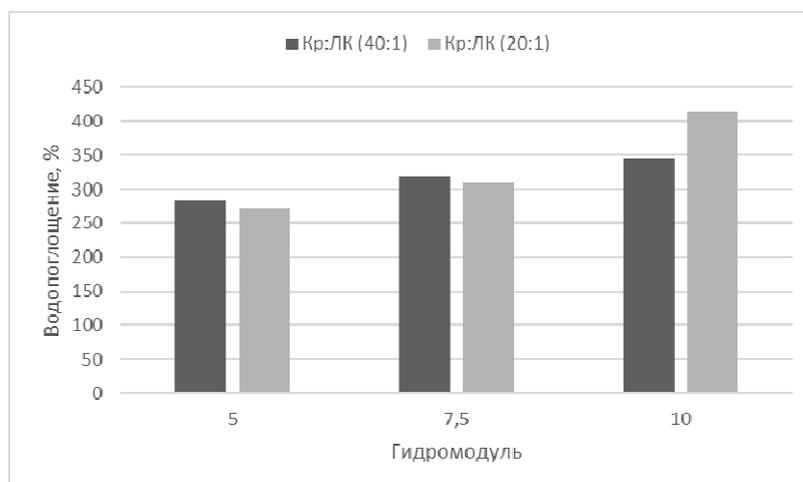
В работе представлены данные по получению и изучению гидрогелей на основе крахмала и лимонной кислоты в соотношении 40:1 и 20:1. Наибольшую водопоглощающую способность имеют гидрогели, полученные при гидромодуле 1:10 и количестве лимонной кислоты 20:1.

*Ключевые слова:* крахмал, гидрогель, сшивающий агент, водопоглощение, лимонная кислота.

В настоящее время свойства гидрогелей привлекают все большее внимание исследователей в различных сферах деятельности. Цель настоящей работы – синтез и изучение свойств полимерных гидрогелей на основе крахмала, поперечно сшитых лимонной кислотой.

Для синтеза крахмал желатинизировали. Затем, в полученный полимерный раствор добавляли сшивающий агент – лимонную кислоту (ЛК) – путем перемешивания при температуре 50 °С в течение 5 ч [1].

В полученных образцах изучена водопоглощающая способность. Результаты представлены на рисунке.



Водопоглощающая способность отвержденных образцов на основе крахмала (Кр) с различной концентрацией лимонной кислоты (ЛК) и гидромодулем.

Наилучшими показателями водопоглощения (310–414%) обладают образцы с гидромодулем 1:7.5 и 1:10. Установлено, что наибольшей водопоглощающей способностью обладают образцы, состоящие из крахмала и ЛК в соотношении 40:1 и 20:1 (гидромодуль 10) – 345 и 414% соответственно.

### Список литературы

1. Б.А. Холназаров, Х.Х. Тураев, А.А. Ахатов // Universum: химия и биология. 2020. № 10(76). С. 37.

УДК 662.71

## ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ БИОМАССЫ СОСНОВЫХ ОПИЛОК В СРЕДЕ ХЛОРИД ТРИЭТИЛАММОНИЯ/ЩАВЕЛЕВАЯ КИСЛОТА

Фомина Е.С., Евстафьев С.Н.

*Иркутский национальный исследовательский технический университет  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83; email: info@istu.edu*

*Приведены результаты изучения влияния температуры обработки в интервале 100–150 °С на эффективность фракционирования биомассы сосновых опилок в среде DES (хлорид триэтиламмония/щавелевая кислота).*

*Ключевые слова: сосновые опилки, глубокий эвтектический растворитель, целлюлоза, лигнин, гемицеллюлоза.*

Возможность использования глубоких эвтектических растворителей (DES) для очистки и подготовки целлюлозы для ферментативного гидролиза активно изучается в последнее десятилетие [1–3].

В работе выполнено исследование влияния температуры обработки на эффективность фракционирования биомассы сосновых опилок в среде хлорид триэтиламмония/щавелевая кислота. Компонентный состав опилок, в % на абсолютно сухую массу (а.с.м.): целлюлоза 52.8; лигнин 27.9; гемицеллюлоза 13.4. Зольность 1.1%, крупность менее 0.5 мм. DES готовили путем смешивания хлорида триэтиламмония и щавелевой кислоты в мольном соотношении 1:2. Смесь выдерживали при перемешивании в течение 5 ч при 80 °С до получения однородной, бесцветной жидкости.

Смесь опилок и DES (1:20 по массе) выдерживали при перемешивании в течение 7 ч при температуре 100, 120, 130, 140 и 150 °С. После охлаждения добавляли 200 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и оставляли на 12 ч. Осадок выделяли путем фильтрования через стеклянный фильтр, промывали дистиллированной водой до pH 6–7 и обрабатывали 3%-ным NaOH (35 см<sup>3</sup> на 1 г) при 50 °С в течение 45 мин. После обработки смесь фильтровали, на фильтре получали фракцию технической целлюлозы. Фильтрат и промывные воды упаривали до 30 см<sup>3</sup>, нейтрализовали 1 М HCl и добавляли 90 см<sup>3</sup> этанола. Полученный осадок гемицеллюлозы отделяли центрифугированием. Из фильтрата отгоняли этанол, остаток подкисляли 1 М HCl до pH 2 и выдерживали в течение 30 мин при 70 °С. Образовавшийся осадок (лигнин) выделяли фильтрованием.

Об эффективности термообработки судили по выходу и изменениям на ИК-спектрах фракций. Установлено, что повышение температуры обработки способствует процессам делигнификации и удаления гемицеллюлозы путем нарушения водородных связей между основными компонентами биомассы опилок и кислотного гидролиза эфирных связей, что подтверждено результатами анализа ИК-спектров. В результате обработки при 150 °С суммарный выход фракций лигнина и гемицеллюлозы составил 27.2% а.с.м. Было выделено 56.9% лигнина и 84.3% гемицеллюлозы от исходного их содержания. При этом наблюдается снижение выхода фракции технической целлюлозы до 62% а.с.м. с увеличением в ее составе доли целлюлозы и повышение выхода газов до 10% а.с.м.

### Список литературы

1. S. Zulkefli, E. Abdulmalek, M.B.A. Rahman // Renewable Energy. 2017. V. 107. P. 36.
2. M. Francisco, A. Bruinhorst, M.C. Kroon // Green Chem. 2012. V. 14. P. 2153.
3. J.T. Gorke, F. Srienc, R.J. Kazlauskas // Chem. Comm. 2008. P. 1235.

УДК 615.076.7

## ПРОСТОЙ И ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА (–)-НОПИНОНА ИЗ (+)-МИРТЕНАЛЯ

Фролова Л.Л., Попов А.В., Ипатов Е.У., Кучин А.В.

Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

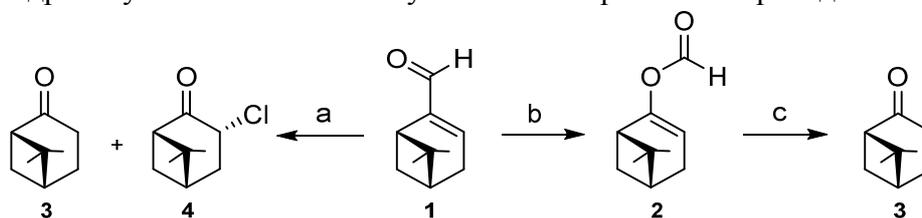
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: frolova-ll@chemi.komisc.ru

Предложен простой и эффективный метод синтеза (–)-нопинона путем окисления (+)-миртеняля «Оксоном» в ДМФА, в результате которого образуется формиат. Последующий гидролиз формиата в щелочных условиях приводит к образованию нопинона с препаративным выходом 60–67%.

Ключевые слова: нопинон, β-пинен, миртеняль, оксон, окисление, перегруппировка Байера-Виллигера, формиат, гидролиз.

Нопинон применяется в качестве хирального стартового соединения для получения биологически активных веществ. Синтез (+)-нопинона из (–)-β-пинена, широко распространенного в природе, не представляет проблем. Но получение (–)-нопинона, затруднено из-за малой доступности (+)-β-пинена в природных источниках.

Неожиданно мы нашли новый метод синтеза (–)-нопинона из (+)-миртеняля (**1**) [1], который легко получается из (+)-α-пинена окислением системой *t*-BuOOH–SeO<sub>2</sub>. Оказалось, что при окислении миртеняля (**1**) оксоном (2KHSO<sub>5</sub>·KHSO<sub>4</sub>·K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) в ДМФА основным продуктом является формиат **2** (схема), который в щелочных условиях гидролизуется в нопинон. Результаты экспериментов приведены в таблице.



Условия: а) оксон; затем HCl; б) оксон, затем H<sub>2</sub>O; с) NaOH, EtOH.

[S]:[O]	Время, ч	Конверсия, %	Селективность образования 2+3, %	Содержание по ГЖХ, %		Выход 3, %
				2	3	
1:0.75	3–4	54–57	74–80	38–44	2–3	
	6	74	82	57	3	
	20–24	96–98	82–90	68–75	10–13	61–67
1:1	3–4	71–75	80–90	54–67	2–3	
	5–6	88–93	90–93	73–80	9–10	60–62
1:1.5	3	87	84	70	3	
	6	98–100	80–84	71–74	5–9	64

Формиат **2**, выделенный колоночной хроматографией на SiO<sub>2</sub> в виде бесцветного масла, оказался достаточно устойчивым соединением при хранении при комнатной температуре. Полученные образцы (–)-нопинона имели в среднем  $[\alpha]_D -29 \pm 1$  (MeOH). Повысить химическую и энантиомерную чистоту соединения **3** можно через получение кристаллического *цис*-нопинола. В результате этого процесса был получен нопинон с  $[\alpha]_D -36.5$  (с, 1.1 MeOH).

### Список литературы

1. B. Travis, M. Sivakumar, G. Hollist, B. Borhan // Org. Lett. 2003. V. 5. P. 1031.

УДК 615.322

## ФАРМАКОГНОСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И АНТИМИКРОБНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОПЛОДИЙ ХМЕЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО (*HUMULUS LUPULUS* L.)

Халиуллина А.С.<sup>1</sup>, Колесникова А.И.<sup>1</sup>, Фархутдинов А.А.<sup>1</sup>, Патов С.А.<sup>2</sup>, Некрасова П.С.<sup>2</sup>, Куркин В.А.<sup>3</sup>, Тризна Е.Ю.<sup>1</sup>, Каюмов А.Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
Институт фундаментальной медицины и биологии  
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18; email: public.mail@kpfu.ru

<sup>2</sup>Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: info@chemi.komisc.ru

<sup>3</sup>Институт фармации Самарского государственного медицинского университета  
443079, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; email: studmfc@samsmu.ru

*Изучен химический состав и антимикробная активность экстракта хмеля как перспективного вида растительного сырья для разработки технологий получения противомикробных фитосубстанций.*

*Ключевые слова: соплодия хмеля, антимикробная активность, ВЭТСХ, ЖХ-МС.*

Антимикробные свойства хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.) хорошо известны в фармацевтической науке. Однако до сих пор данный вид сырья не использовался в качестве источника получения противомикробных фитосубстанций.

Цель работы – фармакогностическое изучение и оценка антимикробного потенциала экстракта из соплодий хмеля обыкновенного.

Материалом исследования являлись соплодия хмеля обыкновенного, заготовленные в 2023 году в Ютазинском районе Республики Татарстан. Экстракты хмеля получали с использованием различных растворителей (ацетон, гексан, 95%-ный этанол, 70%-ный этанол, хлороформ) экстрагированием на водяной бане при температуре кипения растворителя. Фитохимический анализ экстрактов проводили с помощью хроматографических методов исследования: высокоэффективная тонкослойная хроматография (ВЭТСХ) и высокоэффективная жидкостная хроматография с масс-спектрометрией (ЖХ-МС). Антимикробное действие экстракта *H. lupulus* было протестировано на метициллин-чувствительном *S. aureus* ATCC 29213 и шести клинических изолятах *S. aureus* (три MSSA и три MRSA), а также на четырех различных штаммах стрептококков (*S. mutans*, *S. sobrinus*, *S. salivarius* и *S. gordonii*) методом двухкратных серийных микроразведений.

ВЭТСХ-анализ экстрактов хмеля продемонстрировал, что преимущественно образцы содержат пренилированные флавоноиды (ксантогумол) и флавонолы (кверцетин). По результатам ЖХ-МС в ацетоновом экстракте из соплодий хмеля были обнаружены пренилированные флавоноиды (2',4',6',4-тетрагидрокси-3'-геранилхалкон) и ацилфлороглюциды (когумулон, колупулон, гумулон, лупулон и др.).

Экстракт из соплодий хмеля продемонстрировал высокую антимикробную активность по отношению ко всем изученным штаммам *S. aureus* и умеренную активность в отношении *S. mutans*, *S. sobrinus*, *S. salivarius* и *S. gordonii*. Минимальная подавляющая концентрация (МПК) для штаммов *S. aureus* варьировала в пределах 10–40 мкг/мл экстракта и не зависела от чувствительности бактерий к метициллину. МПК для всех стрептококков составила 625 мкг/мл.

*Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности. Проект № FZSM-2022-0017.*

УДК 62-757.73

**АНТИОБРАСТАЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ  
НЕКОТОРЫХ ТРОПИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ****Харченко У.В.<sup>1</sup>, Беленева И.А.<sup>2</sup>, Нгуен Д.А.<sup>3</sup>, Ле Т.М.Х.<sup>3</sup>, Егоркин В.С.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>*Институт химии ДВО РАН**690022, г. Владивосток, просп. 100-лет Владивостоку, 159; email: uyuana-kchar@mail.ru*<sup>2</sup>*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН  
690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17*<sup>3</sup>*Приморское отделение Совместного Российско-Вьетнамского  
Тропического научно-исследовательского центра  
Вьетнам, г. Нячанг, ул. Нгуен Тхьен Тхуат, 30*

*В работе представлены результаты оценки антиобрастающего потенциала спиртовых экстрактов некоторых растений, произрастающих на территории Вьетнама и обладающих известными антимикробными свойствами.*

*Ключевые слова: биообрастание, растительные экстракты, противообрастающие покрытия, морские испытания.*

В настоящее время широко известна практика использования растительных экстрактов в качестве ингибиторов коррозии металлов и сплавов в агрессивных средах [1], поскольку они являются экономически эффективными, легкодоступными, биоразлагаемыми, биосовместимыми, высокоэффективными и экологически безопасными. Кроме того, известны исследования, посвященные применению растительных компонентов в покрытиях в качестве антиобрастающих добавок [2, 3].

В ходе научно-исследовательских работ по проекту Эколан Т-1.4 мы провели оценку противообрастающего потенциала экстрактов некоторых тропических растений, обладающих антимикробными свойствами: листьев и коры мангровых растений (*Rhizophora apiculata*, *Sonneratia alba*, *Avicennia marina*), листьев зеленого чая (*Camellia sinensis*), бетеля (*Piper betle*), а также корневища имбиря (*Zingiber officinale*) и корня куркумы (*Curcuma longa*). На основе растительных экстрактов были получены экспериментальные полимерные покрытия, образцы которых выставлены на натурные испытания на морском испытательном стенде (МНИИС Дамбай), расположенном в заливе Нячанг (Вьетнам). Результаты экспозиции образцов экспериментальных покрытий в морской воде показали, что экстракты листьев *Camellia sinensis*, *Sonneratia alba* и корня *Curcuma longa* эффективно сдерживают процесс биообрастания в тропических условиях и перспективны для разработки экологически безопасных противообрастающих покрытий.

*Работа выполнена в рамках темы Плана НИР Тропического центра на 2023 Эколан Т-1.4 «Разработка физико-химических подходов к созданию эффективных покрытий с антиобрастающими свойствами на основе биологически активных метаболитов морских микроорганизмов».*

**Список литературы**

1. K. Khanari, M. Finšgar, M.K. Hrnčič, U. Maver, Ž. Knez, B. Seiti // RSC Adv. 2017. V. 7. P. 27299.
2. G. Ong, R. Kasi, R. Subramaniam // Prog. Org. Coat. 2021. Vol. 151. 106091.
3. H. Liu, S.-Y. Chen, J.-Y. Guo, P. Su, Y.-K. Qiu, C.-H. Ke, D.-Q. Feng // Int. Biodeter. Biodegrad. 2018. V. 127. P. 170.

УДК 581.192

**СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АРАБИНОГАЛАКТАНА И ПЕКТИНА  
ИЗ КРАПИВЫ КОНОПЛЕВОЙ *URTICA CANNABINA L.*****Хлопин В.А., Головченко В.В.***ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН**167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 50; email: victor1998khlopin@mail.ru*

*Рамногалактуронан-I и арабиногалактан-II идентифицированы в составе крапивы коноплевой.  $\beta$ -1,6-Galp формируют главную углеводную цепь AG-II.*

*Ключевые слова: арабиногалактаны, арабиногалактановые белки, рамногалактуронан, полисахариды, пектины.*

Арабиногалактаны (AG) по строению углеводных цепей делят на две группы. AG-I, главную углеводную цепь формируют 1,4- $\beta$ -связанные D-Galp, боковые цепи присоединены по O-3 и представлены одиночными или 1,5-связанными  $\alpha$ -L-Araf. Главную углеводную цепь AG-II формируют 1,3- $\beta$ -связанные Galp, боковые цепи 1,6- $\beta$ -Galp. Боковые цепи в AG-II замещают остатки главной углеводной цепи в положении O-6. Боковые цепи дополнительно включают  $\alpha$ -Araf,  $\beta$ -GlcA. Эта структура оказывается стабильной и обнаружена в AG-II разных видов растений. AG-II обычно встречается в виде углеводных фрагментов арабиногалактановых белков (AGP) [1].

Последовательной экстракцией из листьев крапивы коноплевой были получены водорастворимые компоненты растительных клеток, компоненты, растворимые в растворе хелатирующего агента, компоненты, растворимые в растворе карбоната натрия и компоненты, растворимые в растворе гидроксида натрия. Присутствие в полученных образцах значительного количества белковых компонентов, которые не удалялись ионообменной и гелепроникающей хроматографиями, указывает на то, что идентифицированные AG являются компонентами AGP.

Методом спектроскопии ЯМР в составе полисахаридов, экстрагированных раствором карбоната натрия, идентифицированы AG-II и пектин. При фракционировании на ДЭАЭ-целлюлозе было получено три фракции полисахаридов с различными молекулярно-массовыми характеристиками. В составе фракции с Mw 84.5 кДа, идентифицирован RG-I с боковыми цепями, образованными t- $\beta$ -D-Galp и AG-II, главная углеводная цепь которого образована  $\beta$ -1,6-Galp, к которым в положение O-3 присоединены единичные и  $\alpha$ -1,5-связанные Araf, в O-6 к Galp главной цепи присоединены 4-O-Me- $\beta$ -GlcA. В составе фракции с Mw 84.5 кДа, идентифицирован только RG-I.

В составе полисахаридов, экстрагированных водой, идентифицирован AG-II, аналогичный по структуре экстрагированному раствором карбоната натрия, но в его спектрах присутствуют сигналы для остатков Galp, замещенных по O-6 положению, расположенных на восстанавливающих концах  $\rightarrow$ 6)- $\alpha/\beta$ -Galp-OH, что подтверждает формирование главной углеводной цепи  $\beta$ -1,6-, а не  $\beta$ -1,3-связанными Galp.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 21-73-20005.*

**Список литературы**

1. K. Ghosh, D. Takahashi, T. Kotake // Carbohydrate Research. 2023. V. 529. No. 4. 108828.

УДК 544.723

## ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОЙ КОМПОНЕНТЫ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АЛЮМОСИЛИКАТОВ ИЗ СОЛОМЫ РИСА

**Холомейдик А.Н., Панасенко А.Е.**

*Институт химии ДВО РАН*

*690022, г. Владивосток, просп. 100-летия Владивостока, 159д; email: anik@ich.dvo.ru*

*Исследовано влияние органической компоненты, которая образуется при осаждении алюмосиликатов из гидролизатов соломы риса, на их сорбционную емкость по отношению к ионам свинца.*

*Ключевые слова: алюмосиликаты, органическая компонента, солома риса, свинец, сорбция.*

Алюмосиликаты, полученные путем гидролитического осаждения из соломы риса, показали высокую сорбционную емкость по отношению к ионам свинца (199–550 мг/г) в сравнении с аналогами. Так, например, в работе [1] сорбционная емкость образцов цеолита составила 175 мг/г. Наибольшая известная величина составляет 250 мг/г для материала на основе синтетического цеолита [2].

Существенным отличием полученных образцов от аналогичных материалов является наличие в алюмосиликате органической компоненты, которая попутно включается в состав при синтезе. В ИК-спектре органического остатка наблюдается набор полос поглощения, характерный для целлюлозы и гемицеллюлозы: колебаниям связей O–H отвечает широкая полоса поглощения с максимумом при  $3423\text{ см}^{-1}$ , колебаниям связей C–H – полосы при  $2930\text{ (}v_s\text{)}$ ,  $2855\text{ (}v_s\text{)}$ ,  $1462\text{ (}\delta\text{)}$  и  $729\text{ (}\delta_r\text{)}$   $\text{см}^{-1}$ . Полоса средней интенсивности при  $1514\text{ см}^{-1}$  соответствует валентным колебаниям связи C=C в ароматическом кольце, что свидетельствует о наличии небольшого количества лигнина в образце. Для ароматических соединений, в частности анизол (метилфениловый эфир), который является основным структурным мотивом в лигнине, характерны и другие полосы поглощения, соответствующие внеплоскостным деформационным колебаниям в ароматическом кольце связей C–H ( $784$ ,  $761\text{ см}^{-1}$ ) и C–C ( $699\text{ см}^{-1}$ ), но они перекрываются с полосой поглощения связей C–H и приводят к ее уширению ( $729\text{ см}^{-1}$ ). Связям C–O, которые имеются в структуре как полисахаридов в составе углеводной цепи, так и в лигнине в группах Ar–O–R и R–O–R, соответствуют полосы при  $1265\text{ (}v_{as},\text{ C–O–C)}$ ,  $1423\text{ (OC–OH)}$ ,  $1123\text{ (}v_{as},\text{ C–OH)}$  и  $1034\text{ (}v_s,\text{ C–O–C)}$   $\text{см}^{-1}$ . Полосы при  $1719$ ,  $1611$  и  $1211\text{ см}^{-1}$  отвечают колебаниям связей C=O карбонильной группы, которая не содержится в полисахаридах и лигнине и, по-видимому, образуется путем частичного окисления органической компоненты растительного гидролизата в процессе получения силикатных материалов.

Однако сорбционные свойства органической компоненты (без алюмосиликата) по отношению к ионам свинца невысоки (не более 70 мг/г). Также следует отметить, что удаление органической составляющей путем прокаливании приводит к увеличению сорбционной емкости по отношению к ионам свинца в 1.3 раза.

Таким образом, высокие значения сорбционной емкости исследованных материалов объясняются не присутствием органической компоненты и ее природой, а влиянием на структуру алюмосиликатной фазы и функциональные группы на ее поверхности.

*Исследование выполнено в рамках государственного задания Института химии ДВО РАН № FWFN(0205)-2022-0002.*

### **Список литературы**

1. S. Babel, T.A. Kurniawan // J. Hazard. Mater. 2003. V. 97. P. 219.
2. D. Smrzova, L. Szatmary, P. Ecorchard, A. Machalkova, M. Marikova, P. Salacova, M. Straka // Heliyon. 2022. V. 8. e12293.

УДК 615.322

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНО-ЭТАНОЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ КОРНЕЙ  
*FERULA FOETIDA* (BUNGE) REGEL И *FERULA SONGORICA* PALL. EX SCHULT.****Хоснутдинова Т.С.<sup>1</sup>, Гемеджиева Н.Г.<sup>2</sup>, Мизамова А.М.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> НАО «Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева»  
Республика Казахстан, 010008, г. Астана, ул. Сатпаева, 2;  
email: khosnutdinovat@gmail.com

<sup>2</sup> Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения  
«Институт ботаники и фитоинтродукции» Комитета лесного хозяйства и  
животного мира Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан  
Республика Казахстан, 050040 г. Алматы, ул. Тимирязева, 36д

Работа включает результаты сравнительного качественного и количественного компонентного состава водно-этанольных экстрактов корней *Ferula foetida* (Bunge.) Regel и *F. songorica* Pall. ex Schult.

Ключевые слова: *Ferula foetida* (Bunge) Regel, *Ferula songorica* Pall. ex Schult., корни, флавоноиды, аминокислоты, фенолоксиклоты, спектрофотометрия.

Род *Ferula* L. относится к семейству *Apiaceae* Lindl., который широко распространен по всем миру (около 180 видов) [1], а во флоре Казахстана встречается около 50 видов [2].

Объектом данного исследования являются корни *Ferula foetida* (Bunge.) Regel и *Ferula songorica* Pall. ex Schult., заготовленные в фазу цветения. По методикам ГФ РК определены показатели доброкачественности растительного сырья [3]. Потеря в массе при высушивании корней *Ferula foetida* (Bunge.) Regel и *Ferula songorica* Pall. ex Schult. составила 4.01 и 9.46%, общая зола – 5.53 и 4.99%, зола не растворимая в HCl – 1.60 и 1.96% соответственно.

На основании стандартных методик ГФ РК провели химический анализ биологически активных веществ водно-этанольных экстрактов корней, используя специфичные реагенты. В результате выявили, что 30, 50 и 70%-ные водно-спиртовые экстракты корней *Ferula foetida* (Bunge.) Regel и *Ferula songorica* Pall. ex Schult. содержат флавоноиды, кумарины, тритерпеновые сапонины, аминокислоты, углеводы и фенолоксиклоты. Количественное содержание действующих биологически активных веществ определили спектрофотометрическим методом. Установили, что сумма флавоноидов (в пересчете на кверцетин) экстрактов корней *Ferula foetida* (Bunge.) Regel и *Ferula songorica* Pall. ex Schult. составляет 2.04 и 0.93%, аминокислот (в пересчете на глутаминовую кислоту) – 2.29 и 2.41%, оксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую кислоту) – 15.39 и 18.0% соответственно.

**Список литературы**

1. M. Mohammadhosseini, A. Venditti, S.D. Sarker, L. Nahar, A. Akbarzadeh // *Industrial Crops and Products*. 2018. Vol. 129. P. 350.
2. М.С. Байтенов // Флора Казахстана в 2-х т. Т. 2. Родовой комплекс флоры. Алматы: Гылым, 2001. 156 с.
3. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. Т. 1. Алматы: Жибек Жолы, 2008. С. 592.

УДК 613.263; 612.311

**ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЖЕВАНИЯ КРАХМАЛСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ, ОБОГАЩЕННЫХ ПИЩЕВЫМИ ВОЛОКНАМИ, КОТОРЫЕ ОПРЕДЕЛЯЮТ ИХ ГИПОГЛИКЕМИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ****Храмова Д.С., Витязев Ф.В., Зуева Н.В., Чистякова Е.А.***ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН**167082, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 50; email: dkhratova@gmail.com*

*Работа направлена на выявление особенностей жевания, влияющих на высвобождение глюкозы в ротовую полость из крахмалсодержащих продуктов, обогащенных пищевыми волокнами.*

*Ключевые слова: гликемия, пищевые волокна, жевание, слюноотделение, крахмал.*

Пищевые волокна (ПВ), проявляющие гипогликемическую активность [1], могут успешно применяться для профилактики и терапии сахарного диабета. Для того, чтобы понимать механизмы гипогликемической активности ПВ и повысить их эффективность, важно изучить особенности жевания крахмалсодержащих продуктов, обогащенных ПВ, которые определяют свойства пищевого комка, гидролиз крахмала и высвобождение глюкозы. Несмотря на широкий спектр «режимов жевания» из литературы известно лишь то, как можно снизить гликемический индекс продуктов, уменьшая длительность жевания [2, 3]. Поэтому цель работы – оценка параметров жевания картофельных продуктов, обогащенных ПВ, которые испытываются жевали до состояния удобного для глотания в режиме привычного жевания (P1) или с детерминированной частотой (P2).

Продукты, обогащенные ПВ, получали на основе картофельного пюре, содержащего к-каррагенан в качестве загустителя, или его смеси с пектином или ксантаном. С помощью инструментального текстурного анализа показано, что твердость продуктов, обогащенных ПВ, на 22–30% ниже, а адгезивность, напротив, в 2 и 1.5 раза выше, чем у контрольных продуктов. Модуляция текстуры продуктов обуславливает изменение параметров их жевания. С помощью электромиографии установлено, что участники дегустации (n=20) на 11 и 18% быстрее пережевывают продукты, содержащие пектин и ксантан, соответственно. Добавление ксантана способствует формированию более когезивного и менее фрагментированного пищевого комка, что очевидно должно ингибировать высвобождение глюкозы. Добавление пектина стимулирует слюноотделение вследствие закисления продукта, что усиливает его фрагментацию. Это, в свою очередь, может повысить гидролиз крахмала. Поиск оптимального режима жевания, показал, что в режиме P1 участники жуют продукты с частотой 1.5 жевательных движения в секунду. Снижение частоты жевания до 1.0 (P2) приводит к увеличению длительности жевания на 22–32%. При этом существенно снижается фрагментация пищевого комка и его твердость. Другие параметры жевания и свойства пищевого комка не изменяются.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-25-00143, <http://rscf.ru/project/24-25-00143/>.*

**Список литературы**

1. E. Bistriche Giuntini, F.A. Hoffmann Sardá, E.W. de Menezes // Foods. 2022. V. 11. No. 23. 3934.
2. V. Ranawana, C.J.K. Henry, M. Pratt // Nutr. Res. 2010. V. 30. No. 6. P. 382.
3. V. Ranawana, M.K.-S. Leow, C.J.K. Henry // Eur. J. Clin. Nutr. 2014. V. 68. No. 1. P. 137.

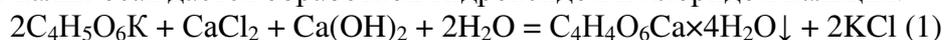
УДК 661.746.3; 663.269; 546.722; 546.723

**ПРОБЛЕМЫ ВЫДЕЛЕНИЯ L-(+)-ВИННОЙ КИСЛОТЫ ИЗ ВИНОГРАДА****Хромов А.В.<sup>1</sup>, Корчагин В.В.<sup>1</sup>, Колеснов А.Ю.<sup>1</sup>, Ламердонова Ф.Х.<sup>1</sup>,  
Цымбалаев С.Р.<sup>1</sup>, Чупрыненко И.В.<sup>2</sup>, Ямалиев Е.Г.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы  
117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6; email: khromov\_av@pfur.ru<sup>2</sup>ООО «Кемикал Лидерс»  
123112, г. Москва, Пресненская наб., 12

*Технология выделения винной кислоты из винограда. Экстрагирование L-(+)-винной кислоты и ее осаждение в виде тартрата кальция. Реакция тартрата кальция с серной кислотой и очистка от железа.*

*Ключевые слова: виноград, L-(+)-винная кислота, тартрат кальция, гипс, тартраты железа, берлинская лазурь.*

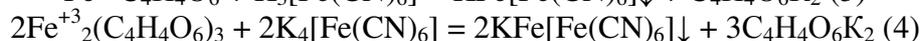
Растительная L-(+)-винная кислота и ее соли являются ценным сырьем для фармацевтической и пищевой промышленности. Данное соединение применяется в виде пищевой добавки – подкислителя Е334. Отечественное производство L-(+)-винной кислоты в настоящее время отсутствует. Работа посвящена разработке способа получения и исследованию свойств L-(+)-винной кислоты из винограда (*Vitis vinifera*), который является промышленным сырьем для производства целого ряда пищевых продуктов. L-(+)-Винная кислота локализована в гребнях, кожице и семенах винограда, где присутствует в виде битартрата калия, который можно выделить экстракцией. Полученный экстракт содержит битартрат калия и различные растворимые примеси. Битартрат калия осаждается обработкой гидроксидом и хлоридом кальция:



В ходе реакции образуется осадок тартрата кальция тетрагидрата – так называемая «виннокислая известь» (ВКИ), содержащая органические примеси и тартраты железа, устойчивые в щелочной среде. Содержание L-(+)-винной кислоты в ВКИ составляет от 40 до 50%. ВКИ отделяют фильтрованием, затем действием серной кислоты выделяют из нее L-(+)-винную кислоту:



Для связывания железа используются желтая и красная кровяные соли:



Особенностью указанных реакций является их гетерогенность. При этом суспензия тартрата кальция преобразуется в суспензию гипса, на котором сорбируется образующаяся при осаждении железа берлинская лазурь. В этой связи реакция выделения L-(+)-винной кислоты идет медленно с образованием кислых и нейтральных кальциевых солей. На кривой титрования тартрата кальция серной кислотой насчитывается целых пять буферных участков с постоянными значениями pH [1]. Полученный отфильтрованный раствор подвергается концентрированию. L-(+)-Винная кислота выделяется из раствора в ходе кристаллизации.

**Список литературы**

1. А.В. Хромов, А.Ю. Колеснов, С.Р. Цымбалаев, В.В. Корчагин, В.Г. Васильев, И.В. Чупрыненко, Е.Г. Ямалиев // Симпозиум «Физико-химические методы в междисциплинарных экологических исследованиях». Сб. трудов. М.: ИФХЭ РАН, 2023. С. 73.

УДК 547.979.733

## СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНОГО ХЛОРИНА e<sub>6</sub> С ДИГИДРООКСАЗОЛЬНЫМ ФРАГМЕНТОМ В ПОЛОЖЕНИИ 13

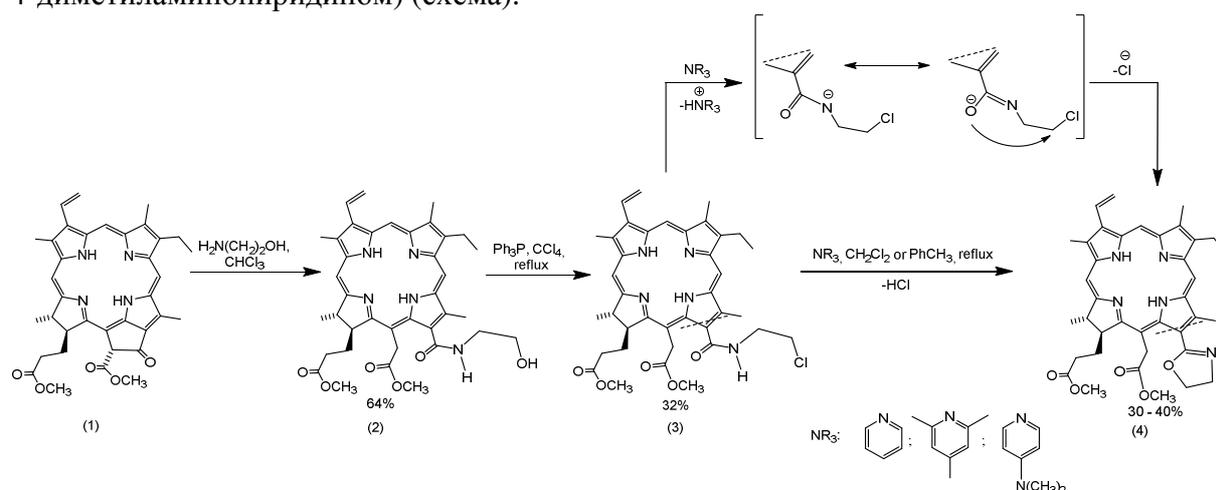
**Худяева И.С., Белых Д.В.**

*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: khudyaeva\_is@mail.ru*

*Показано, что при взаимодействии 13-амидного производного хлорина e<sub>6</sub> с 2-хлорэтильным заместителем при амидном атоме азота с рядом третичных аминов происходит циклизация с формированием дигидрооксазольного заместителя.*

*Ключевые слова: производные хлорина e<sub>6</sub>, циклизация, дигидрооксазольный заместитель, третичные амины, хлорэтильный заместитель.*

Внедрение гетероциклических заместителей на периферию хлоринового макроцикла является одним из способов изменения свойств этих соединений как фотосенсибилизаторов медицинского назначения. В настоящей работе изучено взаимодействие амидного производного хлорина e<sub>6</sub> с 2-хлорэтильным заместителем в амидной группе в положении 13 с рядом третичных аминов (2,4,6-коллидином, пиридином или 4-диметиламинопиридином) (схема).



Реакцию проводили при кипячении исходного 2-хлорэтильного производного хлорина e<sub>6</sub> (3), синтезированного исходя из метилфеофорбида a (1) в хлористом метиле или толуоле с соответствующим амином (2,4,6-коллидином, пиридином или 4-диметиламинопиридином). В результате происходит циклизация 2-хлорэтиламидного заместителя в положении 13 производного хлорина e<sub>6</sub> с образованием дигидрооксазольного фрагмента (схема). Строение хлорина с дигидрооксазольным фрагментом 4 установлено на основании данных спектроскопии ЯМР и масс-спектрометрии.

Таким образом, в настоящей работе синтезировано производное хлорина e<sub>6</sub> с дигидрооксазольным фрагментом в положении 13.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственное задание № 122040600073-3).*

УДК 542.61

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМУЛЬСИОННОГО ЭКСТРАКТА СОСНЫ МИКРОСКОПИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Хуршкайнен Т.В., Никонова Н.Н., Легкий Ф.В., Кучин А.В.

*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: hurshkainen@mail.ru*

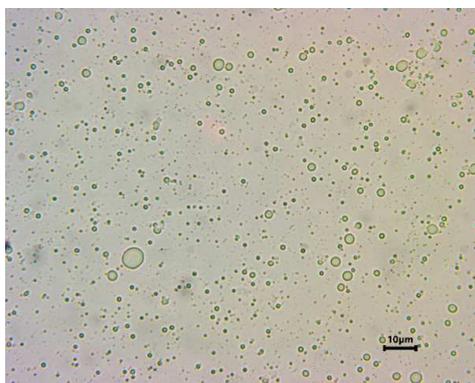
*С целью повышения эффективности извлечения экстрактивных веществ, с применением метода микроскопии выполнен анализ эмульсионных экстрактов, полученных из древесной зелени сосны.*

*Ключевые слова: древесная зелень, экстракт, микроскопический метод, эмульсия, поверхность раздела фаз, низкомолекулярные компоненты.*

Хвойная древесная зелень является богатым источником соединений, которые обладают поверхностно-активными свойствами (соли смоляных и жирных кислот, фосфолипиды, глицериды и т. д.), влияющими на образование эмульсии в процессе экстракции сырья. Задача данной работы заключалась в повышении эффективности извлечения экстрактивных веществ за счет подбора технологических условий, влияющих на формирование эмульсии.

Нами изучено действие концентрации водного раствора щелочи, гидромодуля и продолжительности экстракции на формирование эмульсии и ее качество (размер частиц дисперсионной фазы и их распределение). Для оценки влияния технологических параметров на формирование эмульсии проведен анализ экстракта микроскопическим методом с определением среднего диаметра микрокапель дисперсной фазы, а также распределения микрокапель по диаметру в дисперсионной среде.

Установлено, что в оптимальных условиях образуется эмульсия типа «масло в воде» со средним размером частиц дисперсной фазы 2.5 мкм, равномерно распределенных по всему объему дисперсионной среды (рисунок). Частицы дисперсной фазы представляют собой липофильную фракцию компонентов древесной зелени сосны, дисперсионная среда – водно-щелочной раствор с содержанием водорастворимых компонентов сырья. Выход экстрактивных веществ составил 9.5% от массы сухого сырья.



Микрофотография эмульсионного экстракта древесной зелени сосны.

*Работа выполнена при поддержке НОЦ «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования», а также при финансировании Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание № 122040600073-3).*

УДК 579.222, 581.144

**ФИТОСТИМУЛИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ БИОПОЛИМЕРОВ ВЫСШИХ ГРИБОВ-КСИЛОТРОФОВ В ОТНОШЕНИИ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ****Цивилева О.М.<sup>1</sup>, Ткаченко О.В.<sup>2</sup>, Шатерников А.Н.<sup>1</sup>, Евсеева Н.В.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов,  
ФИЦ «Саратовский научный центр РАН» (ИБФРМ РАН)

410049, г. Саратов, просп. Энтузиастов, 13; email: tsivileva\_o@ibppm.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии  
и инженерии им. Н.И. Вавилова» (ФГБОУ ВО Вавиловский университет)

410012, г. Саратов, просп. им. Петра Столыпина, 4; email: oktkachenko@yandex.ru

Выделены биополимерные препараты из монокультур ксилотрофных макромицетов и их бинарных культур с ростостимулирующими бактериями, выявлено положительное действие на физиолого-морфологические показатели растений картофеля.

Ключевые слова: высшие грибы, ксилотрофные базидиомицеты, бактериально-грибные культуры, биополимеры, биосинтез, фитостимулирующая активность, растения картофеля.

Высшие грибы, в том числе ксилотрофные базидиомицеты, известны как продуценты разнообразных биологически активных веществ. Биополимеры грибного происхождения могли бы составить значительную часть природных регуляторов роста растений. Однако потенциальный вклад исследования ксилотрофных макромицетов в расширение спектра и повышение эффективности использования фитостимуляторов не соответствует состоянию изученности вопроса, и данные о биостимуляторах на основе базидиомицетов в литературе практически отсутствуют. Цель работы – выделение биопрепаратов из монокультур ксилотрофных макромицетов и их бинарных культур с ростостимулирующими бактериями, выявление положительного действия на морфофизиологические показатели растений картофеля. Первоначально осуществлена физиолого-биохимическая характеристика двойных культур ксилотрофных базидиомицетов *Flammulina velutipes*, *Ganoderma lucidum*, *Laetiporus sulphureus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus* с бактериями. Изучены параметры, характеризующие видовые и штаммовые особенности физиологии роста макромицетов на питательных средах с бактериальными микросимбионтами родов *Bradyrhizobium*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, в отношении погруженных культур.

Осуществляли микрклональное размножение растений с помощью черенкования с целью последующего изучения ответных реакций растений картофеля на действие тридцати препаратов. Анализ данных показывает, что достоверного отрицательного влияния изучаемых биообразцов на признаки микрорастений не наблюдалось ни в одном варианте опыта. Положительное влияние препаратов установлено в большинстве вариантов опыта: длина побега увеличивалась на 16–42%, количество узлов на побеге возрастало на 16–75%. Максимальный положительный эффект по признаку длины побега обнаружен в варианте с биополимерным препаратом на основе (*F. velutipes*+*B. japonicum* M8), а по количеству узлов на побеге – (*G. lucidum*+*P. fluorescens*). Увеличение массы побегов и корней под действием биополимеров из бинарных культур *F. velutipes* и *G. lucidum* с бактериями может косвенно означать лучшую способность к адаптации растений к условиям *ex vitro*.

Полученные результаты дают основание рекомендовать биополимерные препараты из грибных и бактериально-грибных культур базидиомицетов в качестве средства, стимулирующего рост и развитие растений картофеля при микрклональном размножении.

УДК 547.94:834.2

## АЛКАЛОИДЫ *THERMOPSIS*: СИНТЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

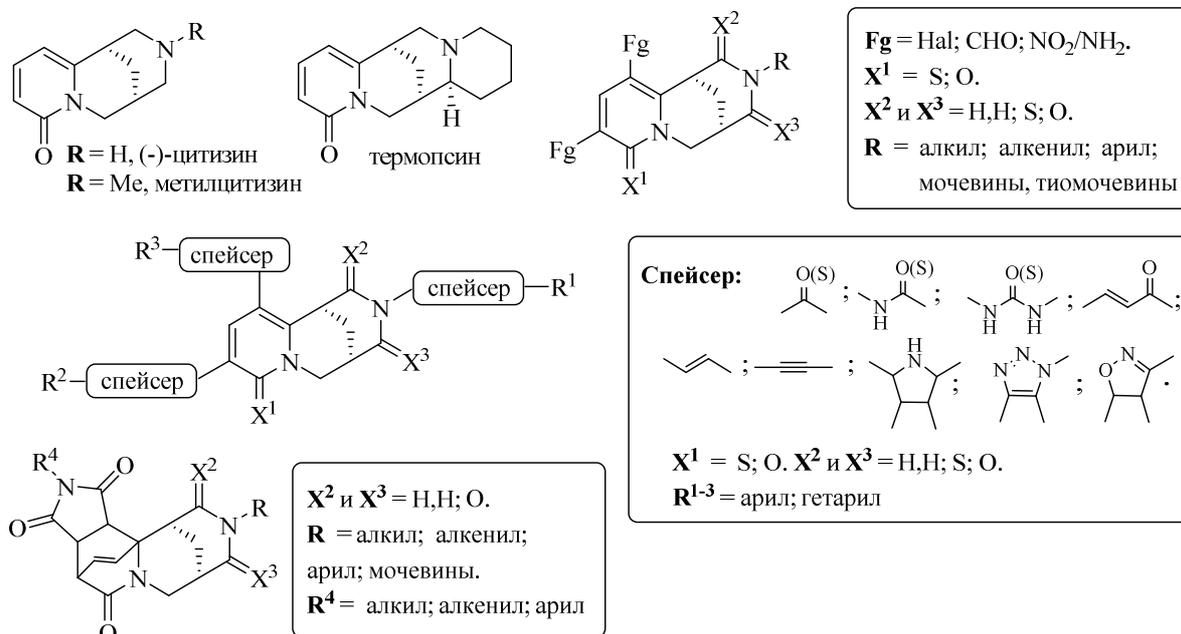
Цыпышева И.П.

Уфимский институт химии – обособленное структурное подразделение  
Федерального государственного бюджетного научного учреждения  
Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук  
450054, г. Уфа, просп. Октября, 71; email: tsypysheva.ip@gmail.com

Синтезированы новые производные алкалоидов *Thermopsis* (*Fabaceae*), изучена их биологическая активность, выявлены перспективные противовирусные, противоопухолевые, гипогликемические и ноотропные агенты.

Ключевые слова: хинолизидиновые алкалоиды, электрофильное замещение, кросс-сочетание, циклоприсоединение, биологическая активность.

В докладе обсуждаются синтетические трансформации хинолизидиновых алкалоидов (–)-цитизина, метилцитизина, термопсина, выделенных из *Thermopsis lanceolata* и *Th. schischkinii* (*Fabaceae*) – реакции электрофильного замещения, кросс-сочетания, 1,3-диполярного циклоприсоединения, Дильса-Альдера и тионирования, в направлении к новым производным (рисунок) с доказанными антиаритмическими, антидиабетическими, антигипоксическими, антивирусными, ноотропными, противовоспалительными и противоопухолевыми свойствами.



Новые производные хинолизидиновых алкалоидов.

Работа выполнена в рамках Государственного задания УФИХ УФИЦ РАН «Синтез биологически активных веществ на основе природных соединений. Создание экологически чистых материалов и технологий» № 122031400260-7.

УДК 577.182.24; 547.598; 547.599; 547.596

## СИНТЕЗ КОНЬЮГАТОВ, СОДЕРЖАЩИХ ФРАГМЕНТЫ ТИОМОНОТЕРПЕНОВЫХ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ И ФРАГМЕНТ ЦЕФАЛОСПОРИНОВЫХ АНТИБИОТИКОВ

**Чащина Е.В.<sup>1,2</sup>, Судариков Д.В.<sup>1</sup>, Рубцова С.А.<sup>1</sup>, Кучин А.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

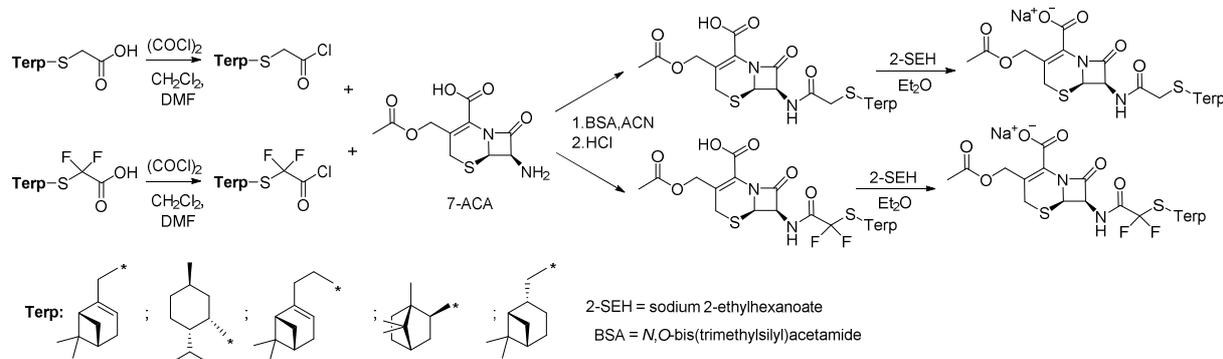
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: chashina.ekaterina.01@gmail.com

<sup>2</sup>Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина  
167001, г. Сыктывкар, Октябрьский просп., 55

Были синтезированы новые конъюгаты тиомонотерпеновых кислот (с варьированием монотерпенового фрагмента) и 7-аминоцефалоспориновой кислоты (7-АСА), основного остова цефалоспориновых антибиотиков, с выходами 64–90%. Все полученные конъюгаты показали высокую активность к метициллин-чувствительным и метициллин-резистентным штаммам *S. aureus*.

**Ключевые слова:** монотерпеновые тиолы, сульфиды, цефалоспорины, фторсодержащие соединения, биологическая активность.

Цефалоспорины – класс β-лактамных антибиотиков, в основе химической структуры которых лежит 7-аминоцефалоспориновая кислота (7-АСА). Основными особенностями цефалоспоринов по сравнению с пенициллинами являются их большая устойчивость к действию β-лактамаз [1]. Присутствие неполярного терпенового фрагмента в структуре биологически активных молекул увеличивает их мембранотропность, которая в некоторых случаях может оказывать значительное влияние на нарушение целостности клеточной стенки патогенных организмов [2].



Таким образом, все полученные конъюгаты, включая соли, показали высокую активность к метициллин-чувствительным и метициллин-резистентным штаммам *S. aureus*, превосходя по активности цефалоспориновый антибиотик 4 поколения – цефепим.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственное задание № 122040600073-3) с использованием оборудования ЦКП «Химия» Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

### Список литературы

1. X. Lin, U. Kück // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2022. V. 106. P. 8007.
2. M. Zielińska-Błajet, J. Feder-Kubis // Int. J. Mol. Sci. 2020. V. 21. 7078.

УДК 577.11

## ЦЕЛЛЮЛОЗА КАК БИОПОЛИМЕР

**Чванова Д.О., Разуваева А.В., Шипаева Т.А.**

*Волгоградский государственный университет  
400062, г. Волгоград, просп. Университетский, 100;  
email: dasha.chvanova01@mail.ru; shipaevat@mail.ru*

*В работе описана целлюлоза, так же имеющая название клетчатка, как один из ярких представителей биополимеров, широко распространенный в природе, даны ее характеристики. Представлены условия выделения целлюлозы различными методами. Ключевые слова: целлюлоза, биополимер, клетчатка, перспективное сырье.*

Целлюлоза – один из наиболее распространенных природных полимеров. Она содержится в любом растении и обнаружена даже в организмах низших беспозвоночных. Ежегодный естественный прирост этого соединения составляет около 100 млрд т. Основными источниками целлюлозы являются хвойные и лиственные деревья (древесная целлюлоза) и хлопчатник. Альтернативные источники – пшеничная, ржаная и рисовая солома; тростник, багасса (жом), одревесневшие стебли бамбука, льна и конопли; луб абаки (манильской пеньки) и сизаль. И с каждым годом количество продуцентов увеличивается, составляя около 100 млрд т. Самым распространенным источником целлюлозы являются хлопок и древесина.

Условия выделения целлюлозы различаются природой используемых реагентов, режимом и аппаратурой технологического процесса в зависимости от вида исходного растительного сырья, а также от конечного назначения очищенной целлюлозы [1].

Выделение целлюлозы происходит при ее варке. Основные методы варки целлюлозы:

1. *Сульфитный* – при обработке древесины разбавленным раствором бисульфита кальция –  $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ , содержащим свободную двуокись серы, при температуре 120–150 °С и давлении около 4 атм. Это самый распространенный метод получения технической сульфитной целлюлозы. Недостатком этого метода является трудность переработки древесины, содержащей повышенное количество смол.

2. *Сульфатный* – очень перспективен, особенно для хвойных пород древесины, метод обработки раствором, содержащим смесь  $\text{NaOH}:\text{Na}_2\text{S} = 75:25$ , при температуре 160–170 °С и давлении 6–7 атм. Существуют и другие методы варки целлюлозы.

Выделенная целлюлоза представляет собой бесцветный волокнистый материал с плотностью 1.52–1.54 г/см<sup>3</sup> (при 20 °С) и длиной волокон 20 мм. Она является перспективным сырьем лигноцеллюлозной биомассы, наряду с лигнином и гемицеллюлозой, и составляет 35–50% биомассы.

### ***Список литературы***

1. Н. Байклда, Л. Сегала (ред.) // Целлюлоза и ее производные. М.: Мир, 1974. Т. 1. 499 с. Т. 2. 510 с.

УДК 631.811.9

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФЛАВОНОИДОВ В ШРОТАХ  
УГЛЕКИСЛОТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ *SOLIDAGO CANADENSIS* L.****Черепанов И.С., Ярмухаметова А.Ю., Шакирова И.И.***ФГБОУ ВО Удмуртский государственный университет  
426011, г. Ижевск, ул. Университетская, 1; email: cherchem@mail.ru*

*В работе представлены результаты исследований по изучению компонентного состава золотарника канадского (*Solidago canadensis* L.) Удмуртской Республики. Методами молекулярной спектроскопии идентифицирован ряд флавоноидов, проведена оценка их суммарного содержания в листьях и соцветиях.*

*Ключевые слова: углекислотная экстракция, золотарник канадский, молекулярная спектроскопия, флавоноиды, шроты.*

Современные методы анализа растительного сырья предполагают модернизацию подходов к идентификации вторичных метаболитов в поликомпонентных системах, в том числе безэталонных методов [1]. Перспективные возможности открываются для методов молекулярной спектроскопии, которые позволяют на основании сопоставления экспериментальных и теоретических спектральных параметров проводить анализ многокомпонентных объектов, в том числе таких как растительные экстракты [2].

В качестве источника полифенолов исследовали листья и соцветия золотарника канадского (*Solidago canadensis* L.) Удмуртской Республики, подвергнутые последовательной обработке жидким CO<sub>2</sub> в докритическом режиме с последующей экстракцией вторичных метаболитов: 1) 80%-ным этанолом; 2) водой; 3) ацетоном в течение 0.5–1.5 ч при нагревании. Предварительное исследование выполняли посредством фитохимического анализа и тонкослойной хроматографии. Групповой и компонентный составы полученных вытяжек в виде растворов изучали методом электронной спектроскопии и в виде высушенных твердых фаз методом колебательной спектроскопии, количественное определение суммарного содержания флавоноидов проводили экстракционно-фотометрическим методом.

Наиболее информативными в отношении идентификации полифенольных структур определены водно-спиртовые экстракты, компонентный состав листьев и соцветий золотарника достаточно близок: основными компонентами идентифицированы рутин, кверцетин и его гликозиды, некоторые различия наблюдаются в спектральной области 1650–1600 см<sup>-1</sup> водных вытяжек. Последнее обусловлено различным соотношением метоксифлавоноидов и фенологликозидов в водных экстрактах листьев (1630 см<sup>-1</sup>) и соцветий (1610 см<sup>-1</sup>) [2]. Можно предположить, что отличия могут быть также обусловлены различными конформационными состояниями [3], определяющими строение системы Н-связей: указанные выше полосы согласно вычислениям в рамках теории функционала плотности можно охарактеризовать (без учета дескрипторов нормальных колебаний ароматических колец) как  $\nu_{C=O} + \delta_{OH}$  (1630±5 см<sup>-1</sup>, листья) и  $\nu_{C_2=C_3} + \nu_{C=O} + \delta_{OH}$  (1610±5 см<sup>-1</sup>, соцветия).

**Список литературы**

1. Л.А. Грибов, В.А. Дементьев // Журн. аналит. химии. 2012. Т. 67. № 5. С. 469.
2. G. Baranovic, S. Segota // Spectrochim. Acta Part A: Mol. Biomol. Spectrosc. 2018. V. 192. P. 473.
3. N. Machado, L. Batista de Carvalho, J. Otero, M. Marques // Spectrochim. Acta Part A: Mol. Biomol. Spectrosc. 2013. V. 109. P. 116.

УДК 543.645

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА СТИЛЬБЕНОВ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ В ЭКСТРАКТЕ ФЛОЭМЫ ЕЛИ МЕТОДОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ ПАЛДИ

**Чернобельская С.А., Фалёва А.В., Аникеенко Е.А., Ульяновский Н.В.**

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17; email: s.chernobelskaya@narfu.ru*

*Предложен подход к быстрому скринингу стильбенов и их гликозилированных производных в растительных экстрактах методом масс-спектрометрии с поверхностно-активированной лазерной десорбцией/ионизацией.*

*Ключевые слова: вторичные метаболиты растений, флоэма, стильбены, масс-спектрометрия, ПАЛДИ, углеродные нанопокртия.*

Стильбены представляют собой класс вторичных метаболитов с характерной структурой  $C_6-C_2-C_6$ , повсеместно встречающихся в царстве растений. Данные соединения характеризуются разнообразной биологической активностью, включая противоопухолевое, антимикробное, а также нейропротекторное и кардиопротекторное действие [1], что обуславливает актуальность проблемы разработки новых эффективных методов скрининга и идентификации стильбенов в растительном сырье.

Новые возможности для исследования данного класса вторичных метаболитов растений открывает метод масс-спектрометрии с поверхностно-активированной лазерной десорбцией/ионизацией (ПАЛДИ) при использовании в качестве матрицы углеродного нанопокртия, позволяющего регистрировать сигналы в области низких масс и исключая мешающее влияние матричных ионов.

Объектом исследования в данной работе выступал экстракт флоэмы ели обыкновенной (*Picea abies*), предварительно охарактеризованный методом двумерной спектроскопии ЯМР. Были оптимизированы условия подготовки образцов путем сравнения эффективности ионизации аналитов при ЛДИ и ПАЛДИ с катионированием литием, а также в его отсутствие. Установлено, что наиболее эффективная генерация целевых ионов достигается при предварительном нанесении углеродного нанопокртия на мишень в сочетании с добавкой трифторацетата лития [2]. Внесение катионирующего агента обеспечивает образование целевых ионов  $[M+Li]^+$  для всех аналитов, характеризующихся интенсивностью, достаточной для последующего получения качественных тандемных масс-спектров и идентификации соединений. В результате применения разработанного подхода в исследуемом экстракте обнаружены и идентифицированы гликозилированные производные питеатаннола, изорганоптигенина и ресвератрола, содержащие моносахаридные остатки, в состав которых входят гексозные сахара. Полученные результаты согласуются с литературными данными [3].

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № FSRU-2024-0004).*

### Список литературы

1. B. de Filippis, A. Ammazalorso, R. Amoroso, L. Giampietro // Drug Dev. Res. 2019. V. 80. P. 285.
2. D.S. Kosyakov, E.A. Sorokina, N.V. Ul'yanovskii, E.A. Varakin, D.G. Chukhchin, N.S. Gorbova // J. Anal. Chem. 2016. V. 71. P. 1221.
3. H. Latva-Mäenpää, T. Laakso, T. Sarjala, K. Wähälä, P. Saranpää // Trees. 2013. V. 27. P. 131.

УДК 663.2/.3:502.171; 663.2/.3-027.32/.33; 663.2/.3:658.567; 663.26

## АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТА ПОЛИФЕНОЛОВ ЛОЗЫ ВИНОГРАДА

Черноусова И.В.<sup>1</sup>, Фомочкина И.И.<sup>2</sup>, Сатаева Т.П.<sup>2</sup>, Зайцев Г.П.<sup>1</sup>, Таримов К.О.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное учреждение науки  
«Всероссийский национальный научно-исследовательский институт “Магагач” РАН»  
298600, г. Ялта, ул. Кирова, 31; email: priemnaya@magarach-institut.ru

<sup>2</sup>Ордена трудового Красного Знамени медицинский институт им. С.И. Георгиевского  
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»  
295051, г. Симферополь, б-р Ленина, 5/7; email: mi-office@mail.ru

На экспериментальном уровне установлены антимикробные свойства безалкогольного пищевого концентрата полифенолов лозы винограда (БКЛВ) по отношению к тест-штаммам патогенных микроорганизмов.

Ключевые слова: лоза, виноград, полифенолы, концентрат, микроорганизмы.

Проведено исследование антимикробной активности безалкогольного пищевого концентрата полифенолов лозы винограда (БКЛВ) методом диффузии в агар (раздел 1.2), в соответствии ОФС.1.2.4.0010.15 [1]. Способ получения БКЛВ с массовой концентрацией суммарных полифенолов 9.2 г/дм<sup>3</sup>, в том числе 0.7 г/дм<sup>3</sup> транс-ресвератрола описан в патенте [2]. Для оценки антимикробной активности БКЛВ использовали тест-штаммы патогенных микроорганизмов: *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Proteus vulgaris* ATCC 4636, *Candida albicans* ATCC 885/653. При оценке антимикробной активности образца БКЛВ применяли следующие критерии: отсутствие зон задержки роста микроорганизмов вокруг лунки, а также зоны задержки до 10 мм указывает на устойчивость микроорганизмов к исследуемому концентрату; зоны задержки роста диаметром 10–15 мм – показатель низкой чувствительности культуры к концентрату; зоны задержки роста диаметром 15–25 мм – показатель чувствительности микроорганизма к испытываемому препарату; зоны задержки роста, диаметр которых превышает 25 мм – показатель высокой чувствительности микроорганизмов к испытываемому препарату. Чувствительность патогенной бактериальной микрофлоры к концентрату полифенолов лозы винограда представлена в таблице.

Антимикробная активность исследуемого образца БКЛВ

Препарат	Диаметры зон задержки роста, мм, число повторов опыта n = 3					
БКЛВ без разведения	<i>S. aureus</i> ATCC 25923	<i>E. coli</i> ATCC 25922	<i>P. vulgaris</i> ATCC 4636	<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853	<i>B. subtilis</i> ATCC 6633	<i>C. albicans</i> ATCC 653/885
	35, 35, 35	35, 35, 35	27, 28, 28	28, 27, 28	35, 35, 35	24, 25, 25

Зона задержки роста тест-штаммов патогенных микроорганизмов равна или превышает 25 мм, что свидетельствует о высокой чувствительности исследуемых микроорганизмов к испытываемому концентрату полифенолов лозы винограда.

### Список литературы

- Общая фармакопейная статья ОФС.1.2.4.0010.15. Определение антимикробной активности антибиотиков, взамен ст. ГФ XII, ч. 1, методом диффузии в агар. ОФС 42–0068–07.
- Патент РФ 2748227 С1, опубл. 21.05.2021 г.

УДК 634.0.813.2

## СОСТАВЫ ЖИРНЫХ КИСЛОТ И ТЕРПЕНОИДОВ ХВОИ ЛИСТВЕННИЦЫ И СОСНЫ – ВОЗМОЖНЫХ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ НЕПАРНОГО ШЕЛКОПРЯДА

**Черняк Е.И.<sup>1</sup>, Лопатков А.Ю.<sup>1</sup>, Субботина А.О.<sup>2,3</sup>, Морозов С.В.<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН  
630090, г. Новосибирск, просп. ак. Лаврентьева, 9; email: chernyak@nioch.nsc.ru

<sup>2</sup>Институт систематики и экологии животных СО РАН  
630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 11

<sup>3</sup>Новосибирский государственный университет  
630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2

*Изучены составы липидных композиций хвои лиственницы и сосны, которые могут являться кормовой базой непарного шелкопряда и определять адаптивные возможности вредителя при его экспансии с юга на север.*

*Ключевые слова: непарный шелкопряд, лиственница, сосна, жирные кислоты, терпеноиды.*

В связи с глобальным изменением климата и экспансией непарного шелкопряда (*Lymantria dispar*) на север актуальным становится оценка его адаптивных возможностей к хвойным деревьям и возможности формирования очагов поражения хвойных лесов. Лиственница сибирская (*Larix sibirica*) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) – одни из основных пород хвойных деревьев, которые могут стать кормовыми растениями непарного шелкопряда при движении на север.

Методом ГХ/МС в липидных экстрактах хвои лиственницы и сосны идентифицированы основные группы вторичных растительных метаболитов: насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты C14÷C32, дитерпеновые кислоты, спирты, и фитостерины. В группе дитерпеновых соединений идентифицированы дитерпеновые кислоты с остовами абиетана и изопимарана; в хвое сосны, кроме того, идентифицированы кислоты с имбрикатоловым и дигидроагатовым остовами.

Установлено, что при движении с юга на север в Новосибирской и Томской областях в хвое лиственницы существенно уменьшается содержание дитерпеновых кислот и увеличивается содержание жирных кислот. Высокое содержание жирных кислот в хвое северных популяций лиственницы может вносить вклад в формирование конститутивной энтоморезистентности.

При анализе составов липидных экстрактов взрослой и молодой хвои сосны выявлено, что качественные составы исследуемых образцов практически не меняются. Содержание жирных кислот и бициклических дитерпеноидов с лабдановым остовом во взрослой хвое увеличивается, а трициклических дитерпеновых кислот уменьшается по сравнению с хвоей первого года. Таким образом, количественный состав вторичных метаболитов молодой и взрослой хвои существенно различается, и это может быть одним из фитохимических факторов резистентности сосны против непарного шелкопряда.

Полученные данные могут быть использованы для оценки возможностей распространения непарного шелкопряда в северном направлении и формирования очагов поражения хвойных лесов.

*Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (ГЗ 122040400029-2).*

УДК 547.56+547.597

## ТЕРПЕНОФЕНОЛЫ – ОСНОВА СИНТЕЗА ЦЕННЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

**Чукичева И.Ю., Попова С.А., Павлова Е.В., Крылова М.В., Кучин А.В.**

*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: chukichevaiy@mail.ru*

*Синтезированы кумарины, халконы, флавоны, отличающиеся положением изоборнильного фрагмента в ароматических кольцах. Установлено, что наличие, количество и положение функциональных групп в кольцах А и В имеет важное значение для реализации биологических свойств аналогов природных фенольных соединений.*

*Ключевые слова: фенолы, кумарины, халконы, флавоны, терпеноиды, биологическая активность.*

Большинство природных антиоксидантов являются фенольными соединениями, к которым относятся функционально замещенные фенолы и полифенолы, флавоноиды, токоферолы, производные оксикоричных кислот и т.д. Фармакологическая и биологическая активность природных ароматических соединений с терпеновыми заместителями стимулирует разработку стратегий для синтеза их аналогов и новых производных.

Конденсацией Пехмана терпенофенолов с ацетоуксусным эфиром синтезированы кумарины, которые по антиоксидантной активности превосходят *трет*-бутильные аналоги [1]. Кумарин[1,3]оксазиновые производные терпенофенолов показали себя более эффективными антиоксидантами, чем тролокс [2]. Карбонильные производные терпенофенолов, участвуя в конденсации Кляйзена-Шмидта, позволили получить библиотеку халконов и флавонов, отличающихся положением изоборнильного фрагмента в ароматических кольцах [3–6]. Варьирование функциональных групп и положения заместителей приводит к изменению антиоксидантных свойств молекул. Так, среди синтезированных изоборнилхалконов с галоген-, нитро-, метокси- и диметиламино- заместителями, высокую АОА проявляли соединения с 4-NMe<sub>2</sub> и 3,4-OMe заместителями в кольце В. Эта закономерность сохраняется и для полученных на основе халконов пиразолинов и флавонов [5, 6].

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России и за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-73-20091, <https://rscf.ru/project/21-73-20091/>, синтез замещенных халконов и флавонов (ссылки 4–6)).*

### Список литературы

1. S.A. Popova, O.G. Shevchenko, I.Yu. Chukicheva, A.V. Kutchin // Chem. Biodiversity. 2019. V. 16. e1800317.
2. S.A. Popova, O.G. Shevchenko, I.Yu. Chukicheva // Chem. Biol. Drug Des. 2022. V. 100. P. 994.
3. С.А. Попова, Е.В. Павлова, И.Ю. Чукичева // Изв. АН. Сер. хим. 2020. № 11. С. 2198.
4. С.А. Попова, Е.В. Павлова, И.Ю. Чукичева // Изв. АН. Сер. хим. 2022. № 11. С. 2383.
5. S.A. Popova, E.V. Pavlova, O.G. Shevchenko, I.Yu. Chukicheva, A.V. Kutchin // Molecules. 2021. V. 26. 3579.
6. С.А. Попова, М.В. Крылова, Е.В. Павлова, О.Г. Шевченко, И.Ю. Чукичева // Изв. АН. Сер. хим. 2024. № 6.

УДК 547.816.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФУРОКУМАРИНОВ В ЭКСТРАКТАХ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО И БОРЩЕВИКА СИБИРСКОГО МЕТОДОМ СВЕРХКРИТИЧЕСКОЙ ФЛЮИДНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

**Чуркин М.И., Базарнова Н.Г., Микушина И.В.**

*Алтайский государственный университет,  
Институт химии и химико-фармацевтических технологий  
656049, г. Барнаул, просп. Красноармейский, 90; email: mad\_max99@icloud.com*

*Методом субкритической экстракции извлечены фурукумарины из биомассы *Heracleum L.* Методом сверхкритической флюидной хроматографии проведен анализ их суммы, найдены оптимальные условия разделения.*

*Ключевые слова: сверхкритическая флюидная хроматография, фурукумарины, метоксипсоралены, субкритическая экстракция, борщевик Сосновского, борщевик Сибирский, *Heracleum L.**

Фурукумарины – вещества, которые используются в препаратах с фотосенсибилизирующим действием для лечения кожных заболеваний, содержащие смесь 5-, 8-метоксипсораленов и 5,8-диметоксипсораленов.

Борщевики Сосновского и Сибирский содержат данные фурукумарины, извлекаемые из биомассы в виде смеси. Для получения препаратов с заданным содержанием индивидуальных веществ необходима разработка эффективного и быстрого способа их разделения.

Экстракты из биомассы борщевиков Сосновского и Сибирского получены в традиционных и в субкритических условиях [1]. Установлено, что наибольшее количество фурукумаринов достигается субкритическим экстрагированием 95%-ным этанолом. Методом УФ-спектрофотометрии установлено, что содержание суммы фурукумаринов в пересчете на СО кумарина варьируется от 1.62 до 1.83%.

Полученные экстракты анализировали методом сверхкритической флюидной хроматографии (СФХ), в качестве раствора-эталоны использовали сумму фурукумаринов, извлеченную из препарата «Аммифурин» производства ЗАО «Вилар». На данном этапе найдены условия хроматографического анализа, позволяющие определить сумму фурукумаринов в составе экстрактов. СФХ-анализ проводили на силикагелевом сорбенте с привитыми октадецильными группами в следующих условиях: давление – 120 бар, температура – 45 °С, скорость потока – 1 мл/мин, содержание соразстворителя изопропанола – 10%. Время удерживания суммы фурукумаринов:  $t_r = 2.7\text{--}3.1$  мин.

Для СФХ-разделения метоксипсораленов ранее нами разработаны условия [2], использование которых может позволить добиться разделения суммы фурукумаринов, входящей в состав полученных экстрактов борщевика Сосновского и Сибирского.

### **Список литературы**

1. А.В. Ложкин, Е.И. Саканян // Химико-фармацевтический журнал. 2006. Т. 40. № 6. С. 47.
2. М.И. Чуркин, Д.В. Язовских // Труды молодых ученых Алтайского государственного университета. 2023. № 20. С. 200.

УДК 615.322

**АНТИОКСИДАНТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЭКСТРАКТОВ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ  
БАРХАТЦЕВ РАСПРОСТЕРТЫХ (*TAGETES PATULA*)****Шарипова А.А., Ахмадуллина Ф.Ю., Щербакова Ю.В.**

*Казанский национальный исследовательский технологический университет  
480015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68; email: arina.sharipova45@mail.ru*

*Методом мацерации получены водные и спиртовые экстракты на основе корней бархатцев распростертых сорта «Кармен». Методом кулонометрического титрования электрогенерированным бромом определена интегральная антиоксидантная активность полученных экстрактов и проведен их качественный анализ на содержание ряда биологически активных веществ.*

*Ключевые слова: фитоэкстракты, мацерация с перемешиванием, биохимическая ценность.*

Настоящее время характеризуется неблагоприятной экологической ситуацией и высокой психо-эмоциональной обстановкой, вследствие чего интенсифицируются свободнорадикальные процессы в организме человека. Поэтому в последнее время большое внимание уделяется биологически активным препаратам лечебно-профилактического назначения, в качестве которых чаще всего используются фитоэкстракты. В данной исследовательской работе были получены водные и спиртовые экстракты на основе корневой системы бархатцев (*Tagetes patula*). Фитоэкстракты получали методом однократной мацерации с перемешиванием, с учетом ранее установленных рациональных условий экстрагирования с целью исследования их антиоксидантной активности. Оценка биохимической значимости полученных экстрактов проводилась на основе кулонометрического титрования электрогенерированным бромом, позволяющим охватить максимально возможное количество антиокислителей, присутствующих в растительном сырье [1]. Результаты исследований противокислительной активности водных экстрактов корней бархатцев распростертых, полученных при экспериментально обоснованных условиях процесса экстрагирования (температура – 70 °С, интенсивность перемешивания – 500 об/мин, гидромодуль – 1:50, продолжительность – 90 мин) показали их антиоксидантную активность, равную в среднем  $55.26 \pm 0.56$  мг/100 мл (по рутину). В случае экстрагента 96%-ного спирта при аналогичных условиях экстрагирования, интегральная антиоксидантная активность экстрактов составила  $35.1174 \pm 0.50$  мг/100 мл (по рутину).

Для выявления индивидуальных компонентов изучаемых экстрактов, проведен качественный анализ полученных экстрактов на содержание белков, углеводов, флавоноидов и др. [2]. Анализ полученных результатов позволил определить направление дальнейших экспериментальных исследований: скрининг и выделение ключевого компонента фитоэкстрактов, который может быть использован в лечебно-профилактической практике.

**Список литературы**

1. И.Н. Дмитриевич, Г.Ф. Пругло, О.В. Фёдорова, А.А. Комиссаренков // Физико-химические методы анализа. Ч. I. Электрохимические методы анализа: учебное пособие для студентов заочной формы обучения. СПб: СПб ГТУРП, 2014. С. 38.
2. А.Н. Акулов, Ю.В. Щербакова // Учебно-методическое пособие «Основы биохимии и молекулярной биологии». Казань: КГТУ, 2022. С. 45, 66.

УДК 547.918

**ВТОРИЧНЫЕ МЕТАБОЛИТЫ ИЗ *SILENE TOMENTELLA*****Шарипова М.З., Хуррамов А.М., Юсупова У.Ю.**

*Институт химии растительных веществ им. ак. С.Ю. Юнусова АН РУз  
Республика Узбекистан, 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77;  
email: yusupovauyu@gmail.com*

*Из надземной части *Silene tomentella* семейства *Caryophyllaceae* методом колоночной хроматографии выделены пять соединений, два из них – впервые из этого растения.*

*Ключевые слова: *Caryophyllaceae*, *Silene tomentella*, фитостероиды, тритерпеновые соединения.*

Перспективными источниками фитостероидов являются виды семейства *Caryophyllaceae*. Среди представителей рода *Silene* к настоящему времени экистероиды обнаружены более чем в 100 видах смолевков.

С целью поиска новых источников экистероид содержащего сырья, мы изучали растение *Silene tomentella* из семейства Карамфиловых (*Caryophyllaceae*), которое является распространенным видом в Узбекистане. Его надземная часть содержит разнообразные химические компоненты, такие как фенолы, алкалоиды, флавоноиды и терпеноиды [1]. Исследования подтверждают биологические свойства *Silene tomentella* и его потенциал в качестве ценного лекарственного растения [2]. Это растение может служить естественным источником для разработки новых противомикробных средств [1] и терапевтических препаратов [3].

Высушенную и измельченную надземную часть *Silene tomentella* Schisch. экстрагировали 5 раз метанолом. Экстракт концентрировали до объема 0.1 л и разбавляли равным объемом воды. Водную часть последовательно экстрагировали хлороформом, затем бутанолом-1. После упаривания растворителей под вакуумом получили хлороформенную и бутанольную фракции. Бутанольную фракцию разделяли методом колоночной хроматографии на силикагеле (элюент – хлороформ–метанол, 9:1, 4:1 и хлороформ–метанол–вода, 70:23:3). Выделены известные экистероиды: витикостерон E (**1**) – 0.027%, полиподин B (**2**) – 0.047%, 20-гидроксиэкизон (**3**) – 0.21% и тритерпеновые соединения: сапонозид (**4**) – 0.034%, каулозид A (**5**) – 0.012%. Соединения **4** и **5** из этого растения выделены впервые.

**Список литературы**

1. U. Yusupova, A. Khurramov, Kh. Bobakulov, S. Sasmakov, Kh. Dolimov, A. Beyatli, D. Usmanov, N. Ramazonov // *Azerbaijan Chemical Journal*. 2023. № 3. С. 134.
2. Т.И. Ширшова, И.В. Бешлей, К.Г. Уфимцев // *Известия Коми научного центра УрО РАН*. 2021. № 5(51). С. 78.
3. U.Y. Yusupova, N.S. Ramazonov, K.M. Bobakulov, F.R. Egamova, V.N. Syrov, D.A. Usmanov // *Химия растительного сырья*. 2021. № 1. С. 197.

УДК 662.73

## ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ В СРЕДЕ ГЛУБОКОГО ЭВТЕКТИЧЕСКОГО РАСТВОРИТЕЛЯ

Шашкина С.С., Евстафьев С.Н.

*Иркутский национальный исследовательский технический университет  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83; email: chiffa19@mail.ru*

*Исследовано влияние продолжительности ультразвукового воздействия на выход технической целлюлозы при обработке соломы пшеницы в среде глубокого эвтектического растворителя.*

*Ключевые слова: ультразвуковая обработка, глубокий эвтектический растворитель, солома пшеницы.*

Современные тенденции перехода на природосберегающие – «зеленые» технологии – обусловили активное развитие в области применения новых типов растворителей для переработки различных видов отходов, в т.ч. лигноцеллюлозных. Относительно новый тип – глубокие эвтектические растворители (DES) – показали высокую эффективность удаления лигнина и гемицеллюлозы из растительных отходов [1]. Для оптимизации условий и повышения продуктивности обработки часто применяют комбинированные методы. Ультразвуковое (УЗ) воздействие – это один из методов, используемых при переработке лигноцеллюлозного сырья. За счет ультразвуковой кавитации достигается разрыв связей между биополимерами и, тем самым, повышается результативность делигнификации [2].

Для обработки соломы применялся DES состава хлорид холина–щавелевая кислота (мольное соотношение 0.75:1). Эксперимент выполнен в следующих условиях: а) без ультразвука: 80–110 °С, 3 ч; б) с ультразвуком: 100 °С, 10, 20, 30 мин. УЗ-обработку осуществляли на диспергаторе УЗДН-2Т, частота 44 кГц. По окончании обработки полученную смесь продуктов центрифугировали. Для очистки технической целлюлозы (ТЦ) нерастворившийся остаток обрабатывали 3%-ным раствором гидроксида натрия, отфильтровывали и промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции. Эффективность обработки оценивали по выходу ТЦ, содержанию в ней целлюлозы и степени делигнификации. Изменение в структуре лигноцеллюлозного комплекса соломы анализировали методом ИК-спектроскопии.

При термообработке в среде DES без ультразвука оптимальная по составу (наибольшее содержание целлюлозы, наименьшее – лигнина) ТЦ была получена при 100 °С и продолжительности 3 ч. При использовании УЗ-воздействия аналогичный результат по выходу ТЦ и содержанию в ней целлюлозы был получен при продолжительности 30 мин. Анализ ИК-спектров ТЦ позволил сделать вывод о нарушении межмолекулярных связей лигноуглеводного комплекса исследуемого сырья. Показано, что использование комбинации DES/УЗ-воздействие способствует сокращению продолжительности обработки.

### Список литературы

1. W. Wang, D.-J. Lee // Bioresource Technology. 2021. V. 339. 125587.
2. V. Sharma, P. Nargotra, S. Sharma, B.K. Bajaj // Renewable Energy. 2021. V. 163. P. 1910.

УДК 631.4

**ВЛИЯНИЕ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКОГО РАЗОГРЕВА НА СВОЙСТВА ПРОДУКТОВ  
ТВЕРДОФАЗНОЙ РЕАКЦИИ БУРОГО УГЛЯ СО ЩЕЛОЧЬЮ****Швецов С.Г.***ФГБУН Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН  
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 132*

*Твердофазная реакция бурого угля с гидроксидом калия сопровождалась повышением температуры в реакторе до 70 °С при исходной влажности угля 15% (вариант 1), а при 35%-ной влажности – до 110 °С (вариант 2). В последнем случае в продукте реакции увеличивалось, по сравнению с вариантом 1 и углем, содержание углерода гуминовых и фульвокислот, содержание кислых функциональных и окисленных групп в составе органического вещества и увеличение его фрагментарности. Во втором варианте улучшались также потребительские качества образовавшегося гуминового продукта – его водорастворимость и биологическая активность.*

*Ключевые слова: гуматы, бурый уголь, твердофазная реакция, экзотермический эффект.*

Важным фактором, влияющим на качество продукции, при твердофазном производстве гуматов является исходная влажность буроугольного сырья [1]. В связи с этим, в лабораторных условиях изучали характер протекания реакции и химические свойства образующихся продуктов при влажности угля 15% (продукт 1) и влажности 35% (продукт 2). В обоих случаях наблюдался экзотермический разогрев смеси реагентов: вариант 1 – до 70 °С, вариант 2 – до 110 °С [2].

Бурый уголь содержал 67.3% гуминовых веществ (в расчете на углерод). В продуктах реакции содержание гуминовых кислот в продукте 1 составляло 42.5%, в продукте 2 – 35.4%. Тем не менее, доля свободных гуминовых кислот (67.2%) и фульвокислот (6.6%) в продукте 2 оказалась в результате выше, чем в продукте 1 (43.4 и 3.5% соответственно). Элементный анализ показал, что в составе продукта 2 увеличивалось содержание кислых функциональных групп и количество окисленных групп ( $O/C = 0.514$ ), в продукте 1 и угле этот показатель был равен 0.508. Показатель бензоидности ( $H/C$ ) также становился выше в продукте 2 (0.036), по сравнению с углем (0.041) и продуктом 1 (0.038). В продукте 2 уменьшалась доля высокомолекулярных фрагментов выше 30000 и увеличивалась доля фрагментов с молекулярной массой ниже 10500. Биологическая активность продукта 2 оказалась на 40% выше, по сравнению с продуктом 1. Полученные данные могут быть использованы для целей оптимизации технологического процесса при масштабном производстве гуминовых препаратов улучшенного качества.

**Список литературы**

1. Г.В. Наумова, Р.В. Кособокова, Л.В. Косоногова, Г.И. Райцина, Н.А. Жмакова, Т.Ф. Овчинникова // Сборник «Гуминовые вещества в биосфере». М.: Наука, 1993. С. 178.
2. С.Г. Швецов // Высшая школа: научные исследования материалы Межвузовского международного конгресса. М.: Инфинити, 2022. С. 165.

УДК 547.562.4

## АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ОСНОВАНИЙ МАННИХА НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

**Шевченко О.Г.<sup>1</sup>, Буравлёв Е.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт биологии Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук  
167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28; email: shevchenko@ib.komisc.ru

<sup>2</sup>Институт химии Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48

*Проведен анализ «структура–антиоксидантная активность» оснований Манниха, синтезированных на основе природных и синтетических фенолов.*

*Ключевые слова: основания Манниха, фенолы, терпенофенолы, антиоксидантная активность, окислительный гемолиз.*

Введение в молекулу органического соединения аминотетильного заместителя активно применяется для создания гибридных молекул, сочетающих несколько фармакофорных фрагментов. В докладе обобщены данные по оценке антиоксидантной активности оснований Манниха, синтезированных на основе полусинтетических и природных фенолов, представлен анализ «структура–активность», рассмотрено влияние аминотетильных заместителей на эритротоксичность производных.

Показано, что высокая антиоксидантная и мембранопротекторная активность отдельных оснований Манниха, продемонстрированная на модели окислительного гемолиза эритроцитов млекопитающих, связана с присутствием *N*-алкильной группы или фрагмента (гетеро)циклического амина, влияющих на липофильность соединений и взаимодействие с клеточной мембраной.

Изложенный в настоящем сообщении материал подробно представлен в работе [1].

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственные задания № 122040600022-1 (исследование антиоксидантной активности) и № 122040600073-3 (синтез)).*

### **Список литературы**

1. О.Г. Шевченко, Е.В. Буравлев // Изв. АН. Сер. хим. 2023. Т. 72. № 9. С. 1972.

УДК 632.959:633.11

## ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭМУЛЬСИОННОГО ЭКСТРАКТА ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ СОСНЫ НА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕ

Шешегова Т.К.<sup>1</sup>, Щеклеина Л.М.<sup>1</sup>, Хуршкайнен Т.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока  
610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а

<sup>2</sup>Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48

*Представлено изучение биологической, фиторегуляторной и продукционной эффективности эмульсионного экстракта сосны при обработке семян и посевов яровой пшеницы, в т. ч. в условиях сочетанной инфекционной нагрузки.*

*Ключевые слова: экстракт сосны, доза, яровая пшеница, грибные болезни, инфекционный фон, степень поражения, урожайность, биологическая эффективность.*

Современная концепция защиты растений отдает предпочтение стратегии сдерживания возбудителей болезней за счет активизации использования биопрепаратов. Это обосновано негативным воздействием пестицидов не только на окружающую среду, но и на конечного потребителя – человека. Снижение пестицидной нагрузки за счет включения биопрепаратов в агротехнологии обеспечивает получение экологически безопасных продуктов.

На фитопатологическом участке лаборатории иммунитета и защиты растений ФАНЦ Северо-Востока изучена биологическая, фиторегуляторная и продукционная эффективность нового биопрепарата – эмульсионного экстракта древесной зелени сосны – при обработке семян и посевов яровой пшеницы сорта Баженка, в т. ч. в условиях сочетанной инфекционной нагрузки *Fusarium* spp., *Septoria* spp., *Helminthosporium* spp. Сравнение экспериментальных данных проведено с контролем (без обработки) и эталоном (регулятором роста растений Вэрва).

Результаты исследований показали избирательный характер действия эмульсионного экстракта сосны на растения пшеницы в зависимости от дозы, способа применения и инфекционной нагрузки. Установлено статистически достоверное положительное влияние экстракта на фитосанитарное состояние посевов и продукционный процесс. В защите от септориоза (при относительно невысоком его развитии в сортовых биоценозах – до 23%) наиболее эффективна обработка семян дозой 1 л/т. Для биоконтроля фузариозно-гельминтоспориозных корневых гнилей предпочтительна обработка семян дозой 0.7 л/т или посевов дозой 0.5 л/га.

Установлено, что под действием экстракта сосны наблюдается улучшение озерненности колоса и сохранности растений к уборке, что положительно влияет на продуктивность растений и урожайность тест-сорта. Прослеживается тенденция лучшего состояния большинства изучаемых селекционных и иммунологических признаков при обработке семян экстрактом сосны по сравнению с обработкой посевов.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-73-20091, <https://rscf.ru/project/21-73-20091/>).*

УДК 547.448

## СИНТЕЗ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ФОСФОНИЕВЫХ СОЛЕЙ НА ОСНОВЕ ДЕГИДРОНАФТОХИНОПИМАРОВОЙ КИСЛОТЫ, СОДЕРЖАЩИХ АНТРАХИНОННЫЙ ФРАГМЕНТ

**Шинкарева А.М.<sup>1,2</sup>, Немтарев А.В.<sup>1,2</sup>, Миронов В.Ф.<sup>1,2</sup>**

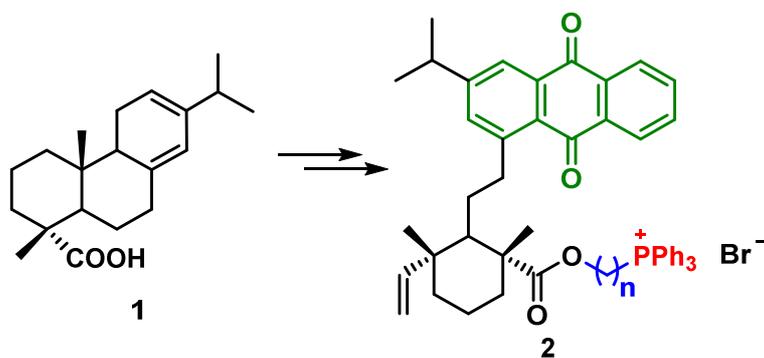
<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет  
420088, г. Казань, ул. Кремлевская, 18; email: 5-ht2ab@mail.ru

<sup>2</sup>Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН  
420008, г. Казань, ул. Арбузова, 8

Представлена схема синтеза четвертичных фосфониевых солей на основе дегидронафтохинопимаровой кислоты, содержащих антрахинонный фрагмент. Оценена цитотоксическая и бактерицидная активность полученных соединений.

Ключевые слова: хиноны, антрахиноны, дитерпеновые кислоты, левопимаровая кислота, четвертичные фосфониевые соли.

Известно, что антрахиноны проявляют цитотоксическое и антиоксидантное действие [1]. В целях повышения биологической активности в последние годы широко используется модификация молекул введением триарилфосфониевого вектора, который обеспечивает их направленный транспорт в митохондрии [2]. В представленной работе предложена удобная синтетическая схема, позволяющая получать производные антрахинона, содержащие четвертичный фосфониевый фрагмент, исходя из левопимаровой кислоты (ЛПК) **1**, производные которой, как известно, также обладают широким спектром биологической активности, в том числе антимикробной [3] и цитотоксической [4]. Для полученных соединений **2a–c** была оценена цитотоксическая и бактерицидная активность.



Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках субсидии, выделенной КФУ (FZSM-2023-0018) и ФИЦ КазНЦ РАН на выполнение государственного задания.

### Список литературы

1. D.W. Fry // Pharmacol. Ther. 1991. V. 52. No. 1. P. 109.
2. C.A. Kulkarni, B.D. Fink, B.E. Gibbs, P.R. Chheda, M. Wu, W.I. Sivitz, R.J. Kerns // J. Med. Chem. 2021. V. 64. P. 662.
3. E.V. Tretyakova, I.E. Smirnova, E.V. Salimova, T.M. Pashkova, O.L. Kartashova, V.N. Odnokov, L.V. Parfenova // Russ. J. Bioorg. Chem. 2017. V. 43. P. 317.
4. I.E. Smirnova, O.B. Kazakova, A. Loesche, S. Hoenke, R. Csuk // Med. Chem. Res. 2020. V. 29. P. 1478.

УДК 615.322

**ТЕРПЕНОИДЫ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ РАСТЕНИЙ РОДА *PINUS*****Ширеторова В.Г.<sup>1</sup>, Эрдынеева С.А.<sup>2</sup>, Раднаева Л.Д.<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup>*Байкальский институт природопользования СО РАН  
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6; email: vshiretorova@rambler.ru*<sup>2</sup>*Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова  
670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а*

*Проведен сравнительный анализ компонентного состава эфирных масел хвои, шишек, микростробилов *Pinus sylvestris*, *P. sibirica*, *P. pumila* и *P. koraiensis* флоры Сибири и Дальнего Востока России.*

*Ключевые слова: эфирное масло, терпеноиды, сосна обыкновенная, кедровые сосны, хвоя, шишка, почки, микростробилы.*

Представители рода *Pinus* L. (*Pinaceae*), насчитывающего 130 видов вечнозеленых деревьев, относятся к наиболее ценным лесообразующим деревьям Евразии и имеют большую хозяйственную ценность и огромное экологическое значение. При переработке лесных ресурсов накапливается большое количество различных отходов лесной биомассы, содержащих ценные биологически активные вещества. Хвоя, побеги, почки и шишки сосен являются ценным сырьем для производства лекарственных препаратов, широкого спектра продуктов лечебно-профилактического, парфюмерно-косметического и технического назначения. Летучие вещества лесообразующих хвойных деревьев рода *Pinus* выделяются в атмосферу в большом количестве и известны своим антимикробным, противовоспалительным, антифунгальным, антистрессовым и др. действием. Необходимо отметить, что компонентный состав летучих соединений одного и того же вида растения может значительно меняться в зависимости от климатических и географических условий произрастания, сезона заготовки, вегетативной части растения, антропогенной нагрузки, способа выделения, что в свою очередь, оказывает влияние на проявляемую эфирными маслами биологическую активность.

В результате исследований нами был определен компонентный состав и проведен сравнительный анализ эфирных масел, полученных методом гидродистилляции из различных вегетативных частей (хвои, обесхвоенных веток, шишек, почек, микростробилов) лесообразующих пород деревьев рода Сосна – *Pinus sylvestris*, *P. sibirica*, *P. pumila* и *P. koraiensis*, произрастающих на территории разных регионов Сибири и Дальнего Востока. Доминирующими компонентами являются монотерпены: альфа-пинен (13.7–55.5%), бета-пинен (2.2–11.8%), лимонен (2.2–20.6%), бета-фелландрен (5.2–17.4%) и сесквитерпены: гермакрен Д (0.9–8.5%) и дельта-кадинен (1.9–8.9%). Установлена изменчивость содержания и компонентного состава эфирных масел хвои сосен, произрастающих в Бурятии, в течение годового цикла. Выявлена взаимосвязь между индексом континентальности, количеством осадков и компонентным составом географически контрастных экотипов кедрового стланика. Показано сходство состава эфирного масла сосновых микростробилов (отходов после отделения пыльцы) с фармакопейным сырьем – почками сосны обыкновенной.

*Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН с использованием оборудования ЦКП БИП СО РАН.*

УДК 661.163

## ОЦЕНКА ФИТОСТИМУЛИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ЭКСТРАКТОВ ХВОЙНОЙ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ И МЕРОТЕРПЕНОИДОВ

Широких И.Г.<sup>1</sup>, Назарова Я.И.<sup>1</sup>, Чукичева И.Ю.<sup>2</sup>, Хуршкайнен Т.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока

610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а; email: irgenal@mail.ru

<sup>2</sup>Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48

*Изучено фитостимулирующее влияние экстрактов хвойной древесной зелени и меротерпеноидов в отношении пшеницы мягкой, клевера лугового и горчицы белой.*

*Ключевые слова: экстракты, меротерпеноиды, Triticum aestivum L., Trifolium pratense L., Sinapis alba L., стимуляция роста, токсичность алюминия, осмотический стресс, протективное действие.*

Высокая продуктивность сельскохозяйственных растений невозможна без использования средств химической защиты растений. Регуляторы роста, наряду с удобрениями и средствами защиты растений, занимают одно из приоритетных мест в системе химического обеспечения сельскохозяйственного производства. Поэтому совершенствование и расширение ассортимента химических полифункциональных средств имеет важное значение для растениеводства.

В представленной работе изучено влияние экстрактов хвойной древесной зелени и меротерпеноидов (терпенофенолов и терпениланилинов) на всхожесть семян и морфометрические показатели проростков сельскохозяйственных растений из разных таксономических семейств: зерновые злаки, бобовые, крестоцветные. В условиях водно-бумажной культуры семена замачивали в растворах испытуемых соединений и проращивали при температуре 25 °С, световом периоде 16 ч в течение 6 суток. Учитывали всхожесть, линейные размеры (длина корня и высота побега) и сухую биомассу проростков.

Обработка семян исследуемыми экстрактами и меротерпеноидами выявила различия в отзывчивости тест-культур из разных семейств. Установлены соединения-лидеры – суммы нейтральных компонентов ели и кислых компонентов сосны, 1,2-дигидрокси-6-изоборнил-4-метилбензол и смесь изомерных С-терпениланилинов с изоборнильным, изокамфильным и фенхильным фрагментами. Лидеры на ранних этапах онтогенеза стимулировали рост двух тест-культур одновременно по трем и более показателям. Определены оптимальные рабочие концентрации лидеров.

Соединения-лидеры в концентрациях  $10^{-3}$ – $10^{-4}$ % в условиях моделирования алюмокислого (20 и 30 мг/л  $Al^{3+}$ , рН 4.5) и осмотического (15% ПЭГ6000) стрессов оказали протекторное действие на проростки пшеницы.

Соединения-лидеры могут быть использованы для улучшения посевных качеств семян зерновых злаков, бобовых и крестоцветных культур, а также найти применение в качестве стрессопротекторов при возделывании яровой пшеницы в зонах рискованного земледелия.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-73-20091, <https://rscf.ru/project/21-73-20091/>).*

УДК 547.995.12:546.57

## ФУНГИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА В КАРБОКСИМЕТИЛХИТИНЕ

**Широкова Л.Н., Александрова В.А.**

*Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН  
119991, г. Москва, Ленинский просп., 29; email: shirokova@ips.ac.ru*

*Методом микроволнового гидротермального синтеза получены наночастицы серебра в матрице 6-О-карбоксиметилхитина (КМХ) в присутствии в качестве восстановителя D-глюкозы. По результатам просвечивающей электронной микроскопии наночастицы серебра имели сферическую форму размером в пределах 3–20 нм. Синтезированные наночастицы серебра проявляли выраженную фунгицидную активность в отношении *A. niger* INA 00760.*

*Ключевые слова: микроволновый гидротермальный синтез, наночастицы серебра, карбоксиметилхитин, D-глюкоза, биodeградируемость, фунгицидная активность.*

В результате предварительно проведенных экспериментов были подобраны условия микроволнового гидротермального синтеза наночастиц серебра в матрице КМХ. К 5 мл 1.0%-ного раствора КМХ в воде добавляли 5 мл 10 мМ водного раствора  $\text{AgNO}_3$  и 0.5 мл 10%-ного раствора D-глюкозы. Полученный раствор, содержащий КМХ,  $\text{AgNO}_3$  и D-глюкозу, подвергали микроволновой обработке с применением микроволновой гидротермальной установки SpeedWave four (Berhof, Германия) при температуре 130 °С в течение 4 мин, мощность микроволнового излучения 600 Вт.

Полученный коллоидный раствор наночастиц серебра в КМХ обладал фунгицидным действием в отношении условно-патогенного штамма *A. niger* INA 00760, но был неактивен в отношении дрожжевых грибов *Candida albicans* ATCC 2091 в концентрации до 107.4 мкг/мл (табл.).

Учитывая, что КМХ относится к числу нетоксичных, биodeградируемых и биосовместимых полимеров, на основе которого могут быть получены пленочные нанокомпозитные материалы, содержащие наночастицы серебра, такие системы могут найти применение при профилактике грибковых поражений кожи.

Антифунгальная активность (зона угнетения роста, мм) препаратов  
КМХ с наночастицами серебра в отношении условно-патогенных грибов [1]

Тест-организм	Наночастицы серебра–КМХ, мкг/мл		КМХ*	Нистатин, 80 мкг/мл
	53.7	107.4		
<i>Aspergillus fumigatus</i> КБП F24	0	0	–	24
<i>A. niger</i> INA 00760	16	21	–	15
<i>Candida albicans</i> ATCC 2091	0	0	–	20

\* Зоны угнетения не было.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИНХС РАН.*

### Список литературы

1. V.A. Alexandrova, L.N. Shirokova, V.S. Sadykova, A.E. Baranchikov // Appl. Biochem. Microbiol. 2018. V. 54. P. 496.

УДК 577.3 : 544.02

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНГИБИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДНЫМ КОМПОНЕНТОМ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

**Шишкина Л.Н., Мазалецкая Л.И., Козлов М.В., Дубовик А.С.,  
Смирнова А.Н., Швыдкий В.О.**

*Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук  
119334, г. Москва, ул. Косыгина, 4; email: shishkina@sky.chph.ras.ru*

*Обобщены результаты о влиянии свойств и состава липидного компонента пяти растительных объектов на эффективность ингибирования им процессов окисления. Установлено, что способность липидного компонента к спонтанной агрегации и электрофоретические свойства образующихся мицелл зависят от состава липидов, распределение биологически активных веществ (БАВ) зависит от полярности среды, образование комплексов БАВ с липидами и структурное состояние мицелл приводят к существенному уменьшению эффективности ингибирования окисления липидным компонентом растительных объектов.*

*Ключевые слова: растительные объекты, липиды, состав, инициированное окисление, автоокисление, спонтанная агрегация, комплексообразование, ингибирование.*

Эффективность ингибирования процессов окисления и фармакологическая активность БАВ растений зависит как от их взаимодействия с одними из основных компонентов биологических мембран – фосфолипидами (ФЛ), так и от структурного состояния мембран, свойств и состава липидного компонента растений.

Обобщены результаты о влиянии состава и физико-химических свойств липидного компонента ряда растительных объектов, широко используемых в практике, и природы присутствующих в нем БАВ на эффективность ингибирования им процессов окисления в зависимости от скорости зарождения радикалов в системе и полярности среды.

Объектами исследования являлись цветки календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.), плоды облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.), листья и сок алоэ древовидного разного возраста (*Aloe arborescens* Mill.) и луковички чеснока озимого (*Allium sativum* L.). Анализ данных проводили, используя следующие методы: метод Фолча в модификации Кейтса, ТСХ, спектрометрию, модели инициированного окисления этилбензола и низкотемпературного автоокисления метилолеата в тонком слое, математическую обработку УФ-спектров по методу Гаусса, динамическое рассеяние света, компьютерный пакет программ KINS, пакет программ для многофакторного анализа экспериментальных данных.

Показано, что эффективность ингибирования процессов окисления липидным компонентом растительных объектов, их участие на разных стадиях процесса окисления, способность к комплексообразованию с разными группировками ФЛ, спонтанная агрегация в водной среде и величины дзета-потенциала сформированных липидным компонентом частиц обусловлены физико-химическими свойствами и составом липидов, природой и полнотой извлечения БАВ и метаболически важных ФЛ при экстракции неполярными растворителями.

*Работа выполнена в рамках гос. задания Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН (тема 44.4, регистрационный номер 0084-2019-0014).*

УДК 543

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГЛУБОКИХ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ В АНАЛИЗЕ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ. ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ**

**Шишов А.Ю.**

*Санкт-Петербургский государственный университет  
198504, г. Санкт-Петербург, просп. Университетский, 26;  
email: andrey.shishov.rus@gmail.com*

*В работе будет рассмотрено применение глубоких эвтектических растворителей в анализе и переработке лекарственного растительного сырья с целью извлечения биологически активных веществ.*

*Ключевые слова: глубокие эвтектические растворители, лекарственное растительное сырье, биологически активные вещества, зеленая химия, экстракция.*

В настоящем докладе представлены возможности использования нового класса зеленых растворителей – глубоких эвтектических растворителей (ГЭР) в аспекте анализа и переработки лекарственного растительного сырья с целью идентификации и извлечения биологически активных веществ. Глубокие эвтектические растворители, как класс экологически безопасных и универсальных растворителей, в последние годы привлекли значительное внимание благодаря своим уникальным свойствам и возможностям применения в различных областях. Настоящее исследование посвящено оценке возможностей и ограничений использования глубоких эвтектических растворителей при анализе лекарственного растительного сырья с целью повышения эффективности и надежности процессов экстракции. Возможности, предоставляемые ГЭР, заключаются в их способности предложить экологически безопасную альтернативу традиционным растворителям, сводя к минимуму воздействие на окружающую среду. Присущая ГЭР возможность настройки свойств позволяет настраивать их в соответствии с конкретными требованиями различных видов лекарственных растений, что способствует повышению селективности и увеличению выхода экстракции. В этом исследовании также рассматриваются ограничения, связанные с использованием ГЭР при анализе сырья лекарственных растений. Будут обсуждаться такие проблемы, как потенциальное мешающее влияние матрицы ГЭР при проведении химического анализа, стабильность самих растворителей и проблемы масштабируемости, а также извлечения биологически активных веществ из экстрактов ГЭР. Также будет подчеркнута необходимость введения стандартизированных протоколов и дальнейших исследований для оптимизации методологий на основе ГЭР для конкретных матриц лекарственных растений. В целом, исследование глубоких эвтектических растворителей при анализе лекарственного растительного сырья открывает широкие возможности для продвижения экологически чистых и устойчивых методов в фармацевтической и биологической промышленности.

*Работа поддержана грантом Российского научного фонда (проект № 22-73-10039). Научные исследования частично выполнялись в ресурсных центрах научного парка СПбГУ «Методы анализа состава вещества, Термогравиметрические и калориметрические методы исследования, Центр диагностики функциональных материалов для медицины, фармакологии и нанoeлектроники, Отдел прототипирования».*

УДК 543.552:547.562

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РОДСТВЕННЫХ ЛИГНИНУ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДАМИ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ И КАПИЛЛЯРНЫМ ЭЛЕКТРОФОРЕЗОМ****Шкаев А.Н., Ипатова М.А., Шкаева Н.В.**

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17; email: ashkaev@mail.ru*

*Проведен сравнительный анализ определения родственных лигнину фенольных соединений методами высокоэффективной жидкостной хроматографии и капиллярного электрофореза.*

*Ключевые слова: лигнин, фенольные соединения, капиллярный электрофорез, высокоэффективная жидкостная хроматография.*

Определение фенольных соединений в природных и сточных водах является актуальным направлением исследований. Для этих целей часто используются методы высокоэффективной жидкостной хроматографии и капиллярного электрофореза [1–6].

Эксперименты методом высокоэффективной жидкостной хроматографии проводились с использованием жидкостного хроматографа «Стайер» со спектрофотометрическим детектором. Хроматографическое разделение проводили в изократическом режиме на колонке Luna C18 (Phenomenex, США), 100×4.6 мм, с размером зерен 5 мкм. В качестве подвижной фазы использовали систему ацетонитрил–вода (концентрации ацетонитрила в элюенте: 20, 25 и 30%) и разные модификаторы: 1% уксусная кислота, 1% муравьиная кислота, 0.1% серная кислота, 0.1% фосфорная кислота. Детектирование проводилось при 280 и 220 нм. Анализ проб методом капиллярного электрофореза проводили на системе капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ-104Т». Применяли кварцевый капилляр с внутренним диаметром 50 мкм, общей длиной 30 см. Анализ проводили при напряжении 20 и 25 кВ (положительная полярность). В качестве фоновых электролитов применяли растворы 10–20 ммоль/л тетрабората натрия, а также смесь 10–20 ммоль/л тетрабората натрия и 25 ммоль/л додецилсульфата натрия. Ввод пробы при давлении 30 мбар в течение 15 с, детектирование проводили при длине волны 254 нм. Проведена сравнительная оценка этих методов определения фенолов. Использование представленного метода ВЭЖХ позволяет проводить совместное определение фенольных соединений, на уровне их ПДК, без предварительного концентрирования пробы. Методика определения фенолов методом капиллярного электрофореза обладает большим разрешением по сравнению с методом ВЭЖХ, но менее чувствительна

**Список литературы**

1. О.С. Шепелюк, Т.Л. Жирнова, Т.А. Патрина, А.В. Ситников // Аналитика и контроль. 2002. Т. 6. № 5. С. 576.
2. К.Г. Боголицын, Д.С. Косяков, А.Н. Шкаев // Лесной журнал. 2003. № 4. С. 116.
3. В.В. Сурсякова, Г.В. Бурмакина, А.И. Рубайло // Журнал Сибирского университета. 2010. С. 268.
4. Д.В. Моисеев, Г.Н. Бузук // Химико-фармацевтический журнал. 2011. Т. 45. №. 1. С. 35.
5. А.Ю. Ускова, С.В. Темерев // Известия Алтайского государственного университета. 2012. С. 207.
6. И.С. Халиков, В.И. Баранов // Системы контроля окружающей среды. 2018. Т. 12. № 32. С. 65.

УДК 664.286

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КРАХМАЛА С ЯНТАРНЫМ АНГИДРИДОМ****Штепенко Д.Е., Протопопов А.В.***Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова  
656038, г. Барнаул, просп. Ленина, 46; email: protopopovav@altgtu.ru*

*Исследовано взаимодействие крахмала с янтарным ангидридом в щелочной среде. Модифицированный крахмал отличается небольшой степенью замещения. Для полученных продуктов рассмотрены реологические свойства.*

*Ключевые слова: модифицированный крахмал, реологические свойства модифицированных крахмалов.*

Несмотря на наличие множества коммерчески доступных крахмалов, полученных подобным способом, информации о них относительно мало. Поэтому на основе имеющихся исследований, в работе изучается возможность осуществления реакции между крахмалом и янтарным ангидридом в слабощелочной среде.

## Степень замещения в продуктах реакции

Соотношение продуктов	Температура	
	25 °С	45 °С
1:0.5	0.019	0.027
1:1	0.032	0.043

Степень замещения в полученных продуктах крахмала закономерно возрастает с увеличением температуры синтеза, при этом не наблюдается побочных процессов деструкции полисахарида крахмала. Полученные продукты модифицированного крахмала обладают низкой степенью замещения по отношению к кислоте, что благоприятствует их использованию в пищевой промышленности в случае улучшения их реологических свойств.

Исследование на реологические свойства проводилось путем определения вязкости 2.5%-ного раствора в вискозиметре Убиллоде после выдерживания растворов при заданной температуре, таким образом наблюдалось изменение гелеобразования в полученных растворах. Данные по проведенному анализу на определение реологических свойств (рисунок).

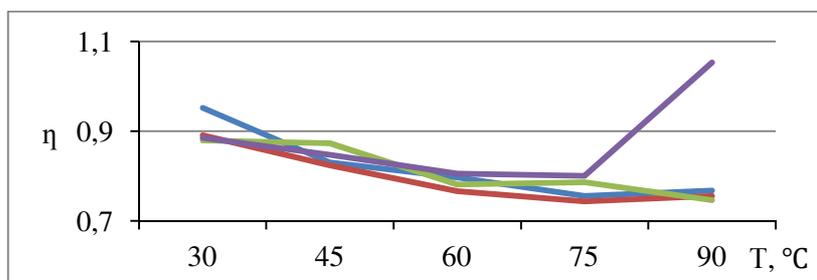


График зависимости вязкости от температуры.

**Список литературы**

1. J. Bao, J. Xing, D.L. Phillips, H. Corke // J. Agric. Food Chem. 2003. V. 51. P. 2283.

УДК 664.286

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КРАХМАЛА С АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТОЙ****Штепенко Д.Е., Протопопов А.В.***Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова  
656038, г. Барнаул, просп. Ленина, 46; email: protopopovav@altgtu.ru*

*Исследовано взаимодействие крахмала с аскорбиновой кислотой в щелочной среде. Модифицированный крахмал отличается небольшой степенью замещения. Для полученных продуктов рассмотрены реологические свойства.*

*Ключевые слова: модифицированный крахмал, реологические свойства модифицированных крахмалов.*

В ходе проведенной работы нами было исследовано взаимодействие крахмала с аскорбиновой кислотой. Условия реакции: крахмал (5 г) смешивали с аскорбиновой кислотой в соотношении 1:0.5 и 1:1 при температурах 25 и 45 °С в течение 3 ч. В качестве среды проведения реакции был выбран четыреххлористый углерод в присутствии катализатора – соляной кислоты.

Степень замещения в продуктах реакции

Соотношение продуктов	Температура	
	25 °С	45 °С
1:0.5	0.31	0.45
1:1	0.63	0.87

Данные химического анализа на связанную кислоту показывают хорошую реакционную способность аскорбиновой кислоты. При температуре 45 °С выход реакции практически составляет 90%. Это может объясняться высокой реакционной способностью радикала, образующегося при распаде лактонного цикла аскорбиновой кислоты. Также был проведен анализ на определение реологических свойств (рисунок).

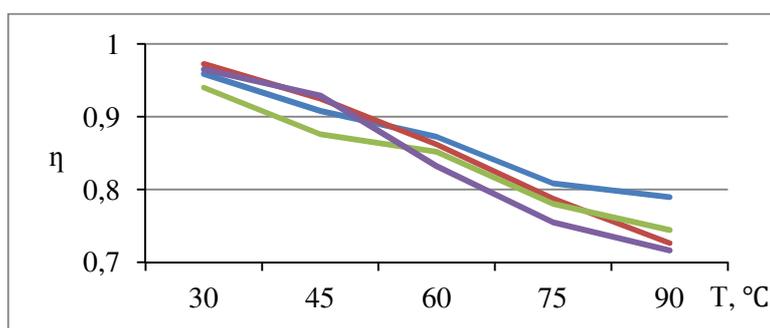


График зависимости вязкости от температуры

Как итог проделанной работы, полученный продукт взаимодействия с аскорбиновой кислотой имеет большее значение степени замещения при температурах реакции выше 40 °С. Также по графику зависимости вязкости от температуры можно сделать вывод о стойкости к кристаллизации молекул крахмала. Методом ИК-спектроскопии доказано появление полос, указывающих на образование связей с аскорбиновой кислотой.

УДК 547.979.7

## КОНЬЮГАТЫ ПРИРОДНЫХ ХЛОРИНОВ С ГИДРАЗИДОМ ИЗОНИКОТИНОВОЙ КИСЛОТЫ И ИХ ПЛАТИНОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОЙ ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ ТЕРАПИИ

**Штраус С.А., Островерхов П.В., Кирин Н.С., Грин М.А.**

*Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова,  
МИРЭА – Российский технологический университет  
119571, г. Москва, просп. Вернадского, 78; email: shtraus2002@list.ru*

*Работа посвящена синтезу комплексных соединений на основе хлоринов и цисплатина для комбинированной терапии рака. Подход должен увеличить эффективность терапии и снизить побочное действие на организм.*

*Ключевые слова: хлорины, химиотерапия, фотодинамическая терапия, цисплатин, изоникотиновая кислота.*

Комбинированная терапия – один из новых популярных методов лечения рака, поскольку сочетает в себе преимущества нескольких методов, в то время как риски, связанные с комбинируемыми методами, минимизируются [1]. Так как в последнее время большой интерес вызывают производные хлоринов, в том числе конъюгаты на их основе для комбинированной терапии [1], в работе были синтезированы прототипы препаратов хлоринового ряда для комбинированной терапии рака, содержащие остаток гидразида изоникотиновой кислоты, а также проведено внешнее координирование цисплатина этим фрагментом (рисунок).

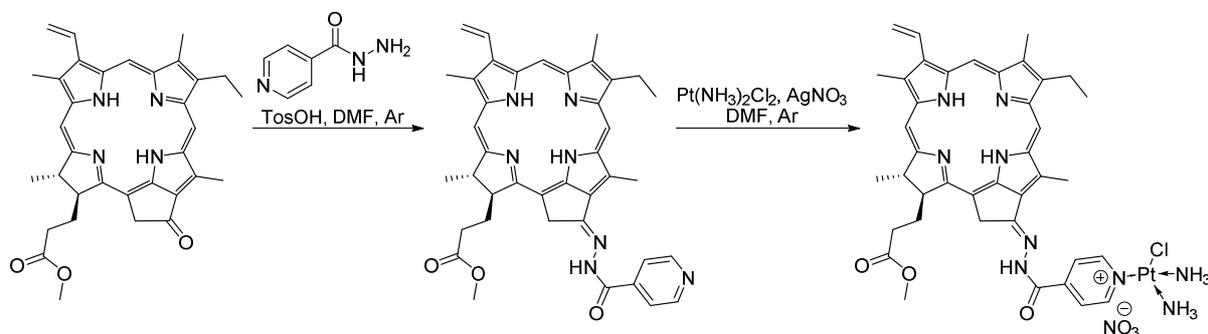


Схема синтеза конъюгата с цисплатином на основе пиррофеофорбида.

Полученный комплекс способен разрушаться в слабокислой среде, характерной для опухолевых тканей, с образованием свободного остатка молекулы цисплатина и хлоринового фотосенсибилизатора, каждый из которых по отдельности может оказывать терапевтический эффект.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 23-73-01276).*

### Список литературы

1. M. Grin, P. Ostroverkhov, N. Suvorov, S. Tikhonov, A. Popov, A. Shelyagina, N. Kirin, A. Nichugovskiy, M. Usachev, N. Bragina, E. Plotnikova, A. Pankratov // Journal of Porphyrins and Phthalocyanines. 2023. V. 27. No. 01n04. P. 728.
2. M. Grin, N. Suvorov, P. Ostroverkhov, V. Pogorilyy, N. Kirin, A. Popov, A. Sazonova, E. Filonenko // Biophysical Reviews. 2022. V. 14. No. 4. P. 941.

УДК 547.551.2

**АЛКИЛИРОВАНИЕ АНИЛИНА  $\alpha$ -ПИНЕНОМ****Шумова О.А., Чукичева И.Ю., Кучин А.В.***Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: shumova-1985@mail.ru*

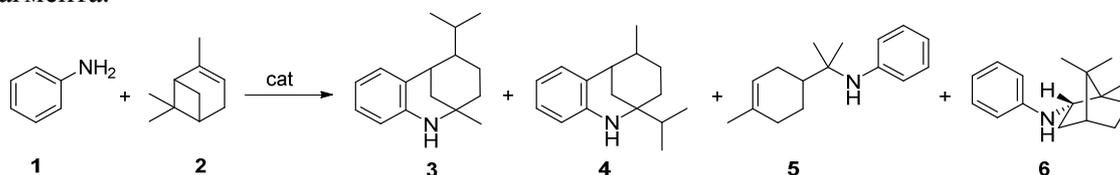
*Изучено алкилирование анилина  $\alpha$ -пиненом. При использовании алюминийсодержащих катализаторов основными продуктами являются замещенные гексагидро-2,6-метанобензо[*b*]азоцины и *N*-алкилированный анилин с пара-ментеновой структурой терпенового фрагмента.*

*Ключевые слова: анилин,  $\alpha$ -пинен, алкилирование.*

Ароматические амины и их производные находят применение в производстве полимеров, взрывчатых веществ, фотореактивов, красителей, стабилизаторов, инсектицидов и пестицидов, лекарственных препаратов [1]. Алкиланилины применяют в сельском хозяйстве в качестве инсектицидов и гербицидов [2].

Наиболее эффективным способом внедрения алкильного заместителя в молекулу ароматического соединения является алкилирование. Алкиланилины могут быть получены из нитросоединений в присутствии комплексов Pd, Ru, Rh, марганцевых катализаторов и др. [2], путем восстановления иминов [3]. Ранее нами было изучено алкилирование анилина бициклическим монотерпеном камфеном в присутствии различных катализаторов. Доказана неэффективность гетерогенных катализаторов вследствие изомеризации исходного терпена и низкой конверсии исходных реагентов. Показано, что  $(\text{PhO})_3\text{Al}$  является предпочтительным для синтеза *N*-изоборниланилина. Преимущество данного процесса в одностадийности, длительности не более одного часа и выходе основного продукта *N*-изоборниланилина 90% [4, 5].

Настоящая работа посвящена алкилированию анилина (**1**)  $\alpha$ -пиненом (**2**) в присутствии различных катализаторов.  $\alpha$ -Пинен (**2**) – дешевое и доступное сырье для органического синтеза. Было показано, что гетерогенные катализаторы также не работают. Использование реагентных количеств  $(\text{PhO})_3\text{Al}$  приводит к образованию побочных продуктов – терпенофенолов, количество которых значительно уменьшается при использовании избытка анилина (**1**). В присутствии  $(\text{PhO})_3\text{Al}$  в основном образуются замещенные гексагидро-2,6-метанобензо[*b*]азоцины **3** и **4**, а при использовании  $\text{AlCl}_3$  – *N*-замещенные анилины с пара-ментеновым **5** и борнильным **6** строением терпенового фрагмента.



*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (гос. задание № 122040600073-3).*

**Список литературы**

1. А.Р. Байгузина, Р.И. Хуснутдинов // ЖОХ. 2021. Т. 91. № 3. С. 331.
2. A. Mondal, A. Karattil Suresh, G. Sivakumar, E. Balaraman // Org. Lett. 2022. V. 24(49). P. 8990.
3. D. Yan, X. Wu, J. Xiao, Z. Zhu, X. Xu, X. Bao, M. Xue // Org. Chem. Front. 2019. V. 6. P. 648.
4. И.Ю. Чукичева, О.А. Шумова, А.В. Кучин // Изв. АН. Сер. хим. 2024. Т. 73. № 3. С. 580.
5. И.Ю. Чукичева, О.А. Шумова, А.В. Кучин // Патент RU № 2785185. Бюл. № 34. Опубл. 05.12.2022.

УДК 547.551.2

**АЛКИЛИРОВАНИЕ АНИЛИНА  $\beta$ -ПИНЕНОМ****Шумова О.А., Чукичева И.Ю., Кучин А.В.***Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: shumova-1985@mail.ru*

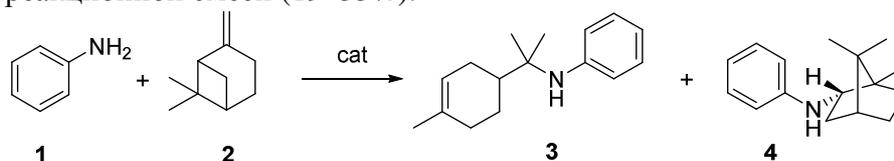
*Исследование различных катализаторов в реакции анилина с  $\beta$ -пиненом показало эффективность фенолята и хлорида алюминия. В присутствии этих катализаторов получены *N*-терпениланилины с пара-ментеновым и борнильным строением заместителя.*

*Ключевые слова: анилин,  $\beta$ -пинен, алкилирование, терпениланилин.*

Алкиланилины используются в химической, нефтехимической и пищевой отраслях промышленности в качестве органического реагента, стабилизатора и антиокислителя полимерных материалов, топлив, олефинов, масел и жиров.

Известны различные способы получения *N*-алкилзамещенных анилинов: алкилирование анилина алкилгалогенидами, спиртами, диметилкарбонатом под действием гетерогенных и гомогенных металлокомплексных катализаторов, восстановление иминов, нитрование с последующим восстановлением алкилбензолов и др. [1–4]. Зачастую эти способы отличаются многостадийностью, использованием дорогостоящих катализаторов, необходимостью применения специализированного оборудования или длительностью реакций. Ранее нами был предложен способ получения *N*-изоборниланилина с выходом до 90% путем алкилирования анилина камфеном [5, 6].

$\alpha$ - и  $\beta$ -Пинены – наиболее доступные бициклические монотерпены, различные химические свойства которых определяются положением двойной связи. Изучено алкилирование анилина  $\beta$ -пиненом в присутствии гетерогенных и гомогенных кислотных катализаторов. При использовании  $(\text{PhO})_3\text{Al}$  или  $\text{AlCl}_3$  в основном получены *N*-замещенные анилины **3** и **4** с пара-ментеновым и борнильным строением терпенового фрагмента. Недостатком применения  $\text{AlCl}_3$  является значительное осмоление реакционной смеси (19–33%).



*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (гос. задание № 122040600073-3).*

**Список литературы**

1. А.Р. Байгузина, Р.И. Хуснутдинов // ЖОХ. 2021. Т. 91. № 3. С. 331.
2. V. Sankar, M. Kathiresan, B. Sivakumar, S. Mannathan // Adv. Synth. Catal. 2020. V. 362(20). P. 4409.
3. L. Jiang, X. Zhang, Y. Wang, F. Guo, Z. Hou // Asian J. Org. Chem. 2021. V. 10. P. 2165.
4. N. Biswas, D. Srimani // J. Org. Chem. 2021. V. 86. P. 10544.
5. И.Ю. Чукичева, О.А. Шумова, О.Г. Шевченко, А.В. Кучин // Изв. АН. Сер. хим. 2024. Т. 73. № 3. С. 580.
6. И.Ю. Чукичева, О.А. Шумова, А.В. Кучин // Патент № RU 2785185. Бюл. № 34. Оpubл. 05.12.2022.

УДК 547.551.2

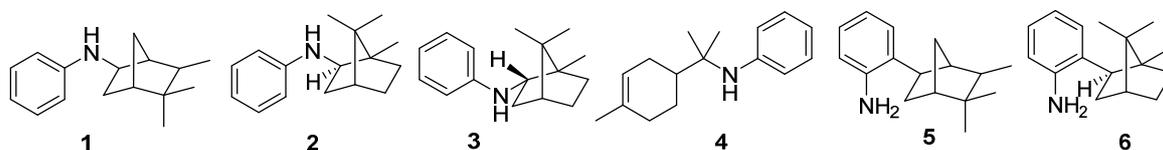
## АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ТЕРПЕНИЛАНИЛИНОВ

**Шумова О.А.<sup>1</sup>, Шевченко О.Г.<sup>2</sup>, Чукичева И.Ю.<sup>1</sup>, Кучин А.В.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Институт химии Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: shumova-1985@mail.ru<sup>2</sup>Институт биологии Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук  
167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28

Исследована антиоксидантная и мембранопротекторная активность терпениланилинов. Ключевые слова: анилин, пинены, камфен, алкилирование, терпениланилин, антиоксидантная активность.

Антиоксиданты аминного и фенольного типа относят к первой группе антиоксидантов, особенностью которых является наличие подвижного атома водорода. В аминах стабилизирующий эффект увеличивается от первичных аминов к третичным, т.е. по мере увеличения их основности [1].

Нами синтезированы C- и N-алкилированные анилины **1–6** с различным строением терпенового заместителя и выполнена сравнительная оценка антиоксидантных свойств на моделях *in vitro*, включая окислительный гемолиз эритроцитов млекопитающих, инициированный H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> либо ААРН.



Отдельные синтезированные производные продемонстрировали высокую антиоксидантную активность на моделях *in vitro*. Анализ зависимости «структура–активность» свидетельствует о важной роли изомерии терпенового фрагмента. Наибольшая антирадикальная активность в тесте с DPPH отмечена для N-изокамфиланилина (**1**), по способности ингибировать Fe<sup>2+</sup>/аскорбат-инициированное окисление в эмульсии животных липидов лидировал 2-изокамфиланилин (**5**). На модели H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>- и ААРН-индуцированного окислительного гемолиза эритроцитов наибольшую антиоксидантную и мембранопротекторную активность проявил 2-изоборниланилин (**6**). Указанный терпениланилин перспективен для дальнейшего более детального изучения в качестве нового высокоактивного антиоксиданта биомедицинского назначения [2].

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (гос. задания №№ 122040600073-3 и 122040600022-1).

**Список литературы**

1. В.А. Рогинский // Фенольные антиоксиданты. Эффективность и реакционная способность. М.: Наука, 1988. 247 с.
2. И.Ю. Чукичева, О.А. Шумова, О.Г. Шевченко, А.В. Кучин // Изв. АН. Сер. хим. 2024. Т. 73. № 3. С. 580.

УДК 676.157.038.2

## ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ СЕМЕННЫХ ОБОЛОЧЕК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Щербакова Т.П.

*Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167000, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 48; email: sher.taty@mail.ru*

*Изучены физико-химические, структурно-организационные и морфологические особенности травянистого сырья, в частности, отходов аграрного комплекса (семенные оболочки злаковых и масленичных культур). Компонентный состав определяет технологическую пригодность растительного сырья.*

*Ключевые слова: семенные оболочки, рис, подсолнечник, механохимическая технология, волокнистый полуфабрикат.*

Правительством Российской Федерации разработаны поправки в законодательство, касающиеся возврата в оборот бумажных упаковочных материалов в целях отказа от пластиковой упаковки. В связи с этим потребность в целлюлозе и волокнистых полуфабрикатах возрастет, что приведет к увеличению потребления трудно восстанавливаемых лесных массивов. Заменяющим источником целлюлозосодержащих волокнистых полуфабрикатов могут быть любые травостои: от разнотравья, специально культивируемых быстро набирающих биомассу видов растений (мискантус, борщевик сосновского и т.д.), до отходов сельского хозяйства (солома, лузга).

Исследованы семенные оболочки (СО) подсолнечника и риса, которые представляют собой одревесневшую лигнифицированную (10–30 масс.% лигнин Комарова) ткань, характеризуются высоким содержанием углеводного комплекса (в СО подсолнечника – 56 масс.%, в СО риса – 80 масс.%), наличием сопутствующих растительных компонентов (биогенный кремнезем, растительный меланин). Эти компоненты в период вегетации растений предохраняют зерно или семена от биологических и атмосферных воздействий, а в завершении вегетативного периода концентрируются в одревесневшей ткани и препятствуют тем или иным образом химической делигнификации растительного сырья [1, 2]. Возможность разволокнения СО исследовали механическим и механохимическим методами. Получены волокнистые полуфабрикаты с высоким значением выхода (70–95 масс.%) и содержания  $\alpha$ -целлюлозы (78–87 масс.%), обладающие бумагообразующими свойствами [2, 3]. Механохимический метод разволокнения семенных оболочек обеспечивает снижение потерь биомассы, материальных, энергетических затрат и экологическую безопасность процесса.

### Список литературы

1. Т.П. Щербакова, Р.Г. Казанов // Патент РФ 2808821. 2023. Бюл. № 34. С. 17.
2. Т.П. Щербакова, И.Н. Васенева // Патент РФ 2674959. 2018. Бюл. № 35. С. 7.
3. Т.П. Щербакова, Р.Г. Казанов, Е.А. Яковлев // Патент РФ 2813172. 2024. Бюл. № 4. С. 23.

УДК 630.114.351+543.061

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ЛИСТОВОГО ОПАДА  
БЕРЕЗЫ ПЛОСКОЛИСТНОЙ *BETULA PLATYPHYLLA*  
МЕТОДОМ ПИРОЛИТИЧЕСКОЙ ГХ-МС**

**Юркова Т.А.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>ИГиП ДВО РАН

675000, г. Благовещенск, пер. Рёлоный, 1; email: laborant-007@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ

675000, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

*Изучен состав листового опада березы плосколистной методом пиролитической ГХ-МС с ТМАН. Всего идентифицировано 46 компонентов, преобладающую долю составляли производные лигнина и жирные кислоты.*

*Ключевые слова: пиролиз, газовая хроматография масс-спектрометрия, органическое вещество, лигнин, листья, береза плосколистная *Betula platyphylla*.*

Различия в видовом составе растений важны для понимания экологических процессов, таких как цикл углерода в почве.

С целью исследования источников происхождения органического вещества в почвах был изучен состав листового опада березы плосколистной *Betula platyphylla* Sukacz.

Растительный материал был собран в Зейском государственном природном заповеднике (Амурская область) с использованием опадоуловителей. Для определения качественного состава органических соединений растительного материала использовали метод аналитической пиролитической газовой хроматографии масс-спектрометрии с ТМАН. Анализ выполняли на хромато-масс-спектрометре Shimadzu GCMS-QP2010 Ultra (Япония) с системой инъекции Optic-4.

В опаде листьев березы плосколистной было идентифицировано 46 компонентов, основную долю которых составляли производные лигнина (17 соединений) и жирные кислоты (15 соединений). Также обнаружили алканы, жирные спирты и азотсодержащие соединения.

В идентифицированных лигнин-производных ароматических соединениях преобладали производные сиригила, значительную долю которых составлял 3,4,5-триметоксиметилловый эфир бензойной кислоты.

Жирные кислоты с длиной цепи C<sub>9</sub>–C<sub>28</sub> были идентифицированы в виде метиловых эфиров. Наиболее значительным было содержание пальмитиновой кислоты и длинноцепочечных гексакозановой и октакозановой кислот. Также обнаружены метилированные производные высших жирных спиртов, таких как цетиловый спирт, фитол, эйкозоловый спирт, всего 4 соединения. В листьях березы плосколистной идентифицировали длинноцепочечные углеводороды: эйкозан, докозан, тетракозан, гексакозан, октакозан.

Идентифицированные длинноцепочечные жирные кислоты и спирты, так же как и лигнин, в основном являются компонентами клеточной стенки растений (кутина и суберина), а углеводороды входят в состав растительных восков.

Метод аналитической пиролитической газовой хроматографии–масс-спектрометрии позволяет при минимальной пробоподготовке увидеть достаточно широкий спектр органических соединений в растительных тканях, которые являются источниками углерода в почве.

УДК 691.175.5.8

## КРИОГЕННО-СТРУКТУРИРОВАННАЯ ГЕЛЕВАЯ КРАХМАЛЬНАЯ ПОДЛОЖКА ДЛЯ ПРОРАЩИВАНИЯ СЕМЯН И ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ

**Ямсцова О.В.<sup>1</sup>, Курилов Д.В.<sup>2</sup>, Щуклина О.А.<sup>3</sup>, Романова В.С.<sup>1</sup>, Лозинский В.И.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГБУН Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН  
119991, г. Москва, ул. Вавилова, 28; email: olga\_yamskova@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБУН Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН  
119991, г. Москва, Ленинский просп., 47

<sup>3</sup>ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН  
127276, г. Москва, ул. Ботаническая, 4

*Криогенной обработкой коллоидных растворов крахмалов получены крио-гели. В биоэкспериментах продемонстрировано эффективное применение криогенно-структурированной гелевой подложки для тестирования ростостимулирующих биопрепаратов.*

*Ключевые слова: криогель, криогенно-структурированная подложка, крахмал, ростостимулятор, фуллерен C<sub>60</sub>, аминокислотные производные фуллерена C<sub>60</sub>.*

Криогенно-структурированные гелевые крахмальные подложки получены на основе водных коллоидных растворов кукурузного или картофельного крахмалов посредством их замораживания при умеренных отрицательных температурах и последующего оттаивания. Такие криогели имеют систему сообщающихся макропор и обладают полезными свойствами упругопластичности. Варьирование условий криотропного гелеобразования позволяет получать криогели с оптимальными физико-механическими свойствами и пористостью [1]. В частности найдено, что упругость гелевого материала зависит от концентрации полисахаридов крахмала в исходном коллоидном растворе.

Обладающая сравнительно улучшенными физико-механическими свойствами криогенно-структурированная подложка, полученная из 5%-ного водного коллоидного раствора кукурузного крахмала, протестирована в модельных биоэкспериментах по проращиванию семян озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта «Рубежная» при их замачивании в присутствии используемых в роли ростостимулирующих биопрепаратов водных дисперсий (коллоидных растворов) фуллерена C<sub>60</sub>, а также [60]фуллереновых аминокислотных производных, таких как калиевые соли *N*-(гидро[60]фуллеренил)-*D*-аланина и *N*-(гидро[60]фуллеренил)- $\gamma$ -аминомасляной кислоты. При этом в качестве контроля использовалась дистиллированная вода. В результате проведенных биоэкспериментов продемонстрировано заметное увеличение (в сравнении с контролем) значений ростовых показателей, таких как энергия прорастания и лабораторная всхожесть, а также длина корней, стеблей и масса проростков.

Результаты экспериментов показали эффективность применения биотехнологического подхода с использованием криогенно-структурированной гелевой крахмальной подложки для испытаний ростостимулирующих биопрепаратов.

*Работа выполнена в рамках государственного задания № 075-03-2023-642 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.*

### Список литературы

О.В. Ямсцова, О.А. Щуклина, В.С. Романова, Д.В. Курилов, В.И. Лозинский // Биотехнология. 2023. Т. 39. № 6. С. 119.

УДК УДК 547.853.4

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА СИНТЕЗА ДИГИДРОПИРИМИДИН-2-ОНОВ(ТИОНОВ) С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ****Чобану Н.Г.<sup>1</sup>, Макаев Ф.З.<sup>1</sup>, Окопная Н.Т.<sup>2</sup>, Озол Л.Д.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ГУМ Институт химии  
Республика Молдова, MD-2028, г. Кишинев, ул. Академическая, 3;  
email: karakuianat@mail.ru

<sup>2</sup>Международный независимый университет Молдовы ULIM  
Республика Молдова, MD-2012, г. Кишинев, ул. Влайку Пыркэлаб, 52

*Актуальность пириимидинов хорошо известна благодаря широкому диапазону биологической активности и различным фармакофорным фрагментам составляющих структур.*

*Ключевые слова: 3,4-дигидропириимидины, монастрол, оксимонастрол, реакция Биджинелли, эвтектические сплавы.*

Дигидропириимидины играют важную роль в жизнедеятельности человека и их применение в области исследований лекарственных препаратов стимулировало расширение спектра синтетических методов получения, лабораторной доступности и их химических превращений, особенно в условиях соблюдения охраны экологии и окружающей среды в целом [1]. Монастрол и близкие к нему соединения, связывающие белки, отличные от тубулина, могут обладать меньшей токсичностью и проявлять меньше побочных эффектов по сравнению с веществами, которые связываются с тубулином и используются в настоящее время [2]. В синтезе дигидропириимидинов целевой задачей является подбор реагентов и испытание различных катализаторов и условий, особенно в разработке стратегий, позволяющих приблизиться к экологически благоприятным каталитическим условиям для дальнейшего использования в работе. Эвтектические сплавы могут служить альтернативой токсичным и дорогостоящим современным катализаторам подобного синтеза [3].

Для проведения синтезов в условиях реакции Биджинелли были взяты бензальдегиды, EtOAc и тиомочевина (или мочевина) в эквимолярных количествах. Идентификацию химического строения продуктов проводили современными физико-химическими методами анализа. Одним из важных продуктов трехкомпонентной реакции в условиях реакции Биджинелли является монастрол (этил-6-метил-4-(3-гидроксифенил)-2-тиоксо-1,2,3,4-тетрагидропириимидин-5-карбоксил). Эвтектические смеси были синтезированы в пропорциях имидазолиевых солей и тиомочевины или мочевины, как (1:1) и (1:2) и использованы в реакции получения таких дигидропириимидинов, как монастрол и оксимонастрол (этил-6-метил-4-(3-гидроксифенил)-2-оксо-1,2,3,4-тетрагидропириимидин-5-карбоксил).

Преимуществами этого метода являются доступность применяемых реагентов, простота метода синтеза и очистки конечного продукта, соблюдение теоретических принципов современной экологии, максимальное приближение к экологически благоприятным каталитическим условиям [3]. Получение оксимонастрола при идентичных условиях более эффективно, чем получение монастрола из-за скорости протекания реакции и выхода конечного продукта.

**Список литературы**

1. И.В. Кулаков, С.А. Талипов, З.Т. Шульгау, Т.М. Сейлханов // ХГС. 2014. № 10. С. 1604.
2. E. Klein, C. DeBonis, B. Thiede, D.A. Skoufias, F. Kozielski, L. Lebeau // Bioorg. Med. Chem. 2007. V. 15. P. 6474.
3. F.Z. Macaev // Green chemistry protocols: Specific ionic liquids as recyclable reagents, catalysts, solvents and extractors. Dordrecht: Springer, 2013. P. 313.

## Авторский указатель

### А

Абдуллаева А.С. – 147  
 Адаева О.И. – 167  
 Адекенов С.М. – 5, 6, 135, 142, 180, 181  
 Азимова Ш.С. – 126  
 Акишина Е.А. – 7, 61, 134  
 Албаррам Ф. – 8, 22  
 Александрова В.А. – 232  
 Александрова Ю.Р. – 53  
 Алексеев И.А. – 9  
 Алексеева А.А. – 156  
 Алпатов Н.В. – 10  
 Алхимова Л.Е. – 11  
 Аманжан А. – 5, 6, 12  
 Андреева Е.М. – 13, 172  
 Андреева О.В. – 14  
 Андреева Т.В. – 125  
 Аникеев Е.А. – 218  
 Аниськевич А.С. – 15  
 Антипа Е.В. – 140  
 Антипин В.Е. – 41  
 Арефьева О.Д. – 81, 91, 92, 162  
 Артемкина Н.А. – 16  
 Арыстанова Л.Т. – 5  
 Асбаганов С.В. – 37  
 Асилбекова Д.Т. – 17, 18  
 Аскарв И.Р. – 194  
 Астахова Ю.О. – 19  
 Афаньков А.Н. – 101  
 Ахмадуллина Ф.Ю. – 223  
 Ахмедов А.А. – 20, 35, 43, 147  
 Аюпова Р.А. – 21

### Б

Базарнова Н.Г. – 111, 112, 222  
 Байдамшина Д.Р. – 95  
 Байракова А.Л. – 115  
 Балакшина Д.В. – 175  
 Баландина С.Ю. – 117  
 Балыбердин К.И. – 22  
 Банина О.А. – 23, 50  
 Баринова Н.С. – 24  
 Барнашова Е.К. – 25  
 Батвинова А.А. – 176  
 Бахыт А. – 26  
 Бей М.П. – 27  
 Беленева И.А. – 205  
 Беленок М.Г. – 14

Белесов А.В. – 28, 29  
 Белов Т.Г. – 138  
 Белоглазова Ю.А. – 46, 56  
 Белых Д.В. – 30, 124, 160, 192, 211  
 Белых Е.В. – 93  
 Бердникова П.В. – 155  
 Биндасова Т.Н. – 182, 183, 184, 185, 186  
 Богдан В.И. – 102  
 Богдан Т.В. – 102  
 Богданович Н.И. – 118  
 Боголицын К.Г. – 128, 154  
 Бойко Е.Р. – 44  
 Бойкова Т.Е. – 118  
 Бокатый А.Н. – 31  
 Бондаревич Е.А. – 32  
 Борисова Ю.Г. – 33  
 Будаев Н.А. – 34, 198  
 Будник М.И. – 25  
 Булатов С.И. – 44  
 Буравлёв Е.В. – 227  
 Бурдюгов Д.В. – 35, 43  
 Бурлако А.В. – 87  
 Буряков Н.П. – 103

### В

Варакутин А.Е. – 167  
 Васильев А.В. – 36  
 Васильев В.Г. – 114  
 Васильева А.Р. – 37  
 Вебер Н.Э. – 38  
 Великородов А.В. – 39  
 Вертикова Е.А. – 25  
 Вешняков В.А. – 151  
 Витязев Ф.В. – 40, 54, 209  
 Вихарева И.Н. – 41  
 Власенко В.С. – 11  
 Власова Е.Н. – 108  
 Волошина А.Д. – 14, 133  
 Воробьева Е.А. – 101

### Г

Гавриленко Г.А. – 42  
 Галяметдинов Ю.Г. – 156  
 Гамиров Р.Р. – 20, 35, 43  
 Гараева М.Р. – 21  
 Гарнов И.О. – 44  
 Гемеджиева Н.Г. – 72, 208  
 Герасименко Е.О. – 10  
 Гибадуллин М.Р. – 168

Гильфанов И.Р. – 95, 139, 140  
 Гладышева Е.К. – 45  
 Глушков В.А. – 46  
 Головченко В.В. – 40, 206  
 Голышева А.Н. – 47  
 Гончарова Д.Б. – 48  
 Горбунов А.С. – 21  
 Горшкова Р.М. – 49, 169  
 Гребенникова О.В. – 51, 175, 199  
 Гребёнкина О.Н. – 50, 116, 173  
 Грибков П.В. – 52, 174  
 Грибова В.В. – 91  
 Грин М.А. – 238  
 Гришин Д.А. – 91  
 Груздев И.В. – 38  
 Гулькикова М.В. – 87  
 Гурьева Я.А. – 53, 74, 94  
 Гусева Г.Б. – 140  
 Гущина Е.Н. – 101  
 Гырдымова Ю.В. – 75  
 Гюнтер Е.А. – 54

## Д

Дабижа О.Н. – 32  
 Давыдкин В.Ю. – 115  
 Давыдова Л.М. – 138  
 Даргаева Т.Д. – 120  
 Дворянкин Д.Ю. – 55  
 Демчук Д.В. – 167  
 Денгис Н.А. – 11  
 Денисов М.С. – 56  
 Денисюк Д.В. – 163  
 Дерендяева А.С. – 117  
 Джалмаханбетова Р.И. – 57, 58, 59, 134  
 Джумаев Ш.Ш. – 33  
 Дивейкина А.А. – 60  
 Дикусар Е.А. – 7, 61, 134  
 Дину М.И. – 62  
 Добродеева Л.К. – 128  
 Довгань С.В. – 81  
 Дорофеева А.А. – 63  
 Дрозд Н.Н. – 64  
 Дубашинская Н.В. – 31  
 Дубовик А.С. – 233  
 Дудкин Д.В. – 65  
 Дыленова Е.П. – 48, 66

## Е

Евдокимов А.Н. – 150  
 Евсеева Н.В. – 213  
 Евстафьев С.Н. – 202, 225

Евстигнеев Э.И. – 36  
 Егоркин В.С. – 205  
 Елышев А.В. – 11, 110  
 Емельянова Е.А. – 66  
 Ергазы Б. – 57  
 Еременко О.Н. – 68  
 Еремина А.О. – 191  
 Ермакова Л.С. – 46  
 Ефанов М.В. – 67, 101  
 Ехлакова М.В. – 68

## Ж

Жабинский В.Н. – 79, 145  
 Жариков Я.А. – 69  
 Жасымбекова А.Р. – 7, 61  
 Жебракова И.В. – 79  
 Жигжитжапова С.В. – 48, 66  
 Жмурова А.В. – 70  
 Жонузоков А.Ж. – 71  
 Жумабекова А.А. – 6  
 Жумадильда Н.Б. – 72  
 Журавлёва Л.А. – 65  
 Журавская О.Н. – 73

## З

Зайцев Г.П. – 219  
 Закирова Р.П. – 17  
 Закусило Д.Н. – 36  
 Залевская О.А. – 53, 74  
 Зарубина С.М. – 75  
 Захаркива А.М. – 76  
 Захарова Д.Д. – 77  
 Зверева М.В. – 70  
 Зенкова А.А. – 78  
 Зернов С.П. – 200  
 Зильберман Р.Д. – 79  
 Злотский С.С. – 33  
 Зобнина Н.Л. – 80  
 Зокирова У.Т. – 18  
 Зуб С.Е. – 81  
 Зуева Н.В. – 209

## И

Ибадуллаева М.Н. – 142  
 Иванов С.П. – 97  
 Ивлев В.А. – 114  
 Изместьев Е.С. – 82, 148  
 Ильченко Н.О. – 83  
 Иманбекова Р.С. – 84  
 Ипатова Е.У. – 203  
 Ипатова М.А. – 235  
 Исаева Е.В. – 24, 188

## К

- Казаков Я.В. – 8, 22  
 Казакова Е.Г. – 132  
 Казанцева К.И. – 76  
 Казарян Л.К. – 85  
 Казиев Г.З. – 62, 86  
 Кайгермазова М.А. – 136  
 Кайырбаева М.Ж. – 61  
 Калинин Д.Г. – 32  
 Калистратова А.В. – 87  
 Калмыкова Е.Н. – 129  
 Канева Л.А. – 69  
 Каракулова А.М. – 127  
 Карасева Ю.С. – 109  
 Каржаубекова Ж.Ж. – 26, 72  
 Карибекова Г.А. – 57  
 Карлинский Б.Я. – 47  
 Карпова Е.М. – 121, 122  
 Касьянов З.В. – 117  
 Катаев В.Е. – 14  
 Кащенко Н.И. – 143  
 Каюмов А.Р. – 95, 96, 140, 204  
 Кем К.Р. – 88  
 Кирин Н.С. – 238  
 Киселев В.А. – 89  
 Киселёва А.Г. – 90  
 Клепалова И.А. – 55  
 Ковехова А.В. – 81, 91, 92, 162  
 Кожанова А.М. – 180, 181  
 Кожевников А.Ю. – 153, 179  
 Козлов М.В. – 233  
 Козлова О.В. – 145  
 Кокшаров А.В. – 93  
 Колегова Т.А. – 94  
 Колесникова А.И. – 95, 204  
 Колесникова Е.М. – 139  
 Колеснов А.Ю. – 114, 171, 210  
 Колчкова Е.С. – 113  
 Колыхалов Д.А. – 47  
 Кольшкіна С.В. – 96  
 Конкина И.Г. – 97  
 Коннова Г.Н. – 98  
 Кононов Л.О. – 100  
 Коньшин В.В. – 67, 101  
 Копишев Э.Е. – 135  
 Коротаяева А.М. – 102  
 Коротеев М.П. – 62  
 Короткий В.П. – 103, 104  
 Корочинский А.Ю. – 150  
 Корсун В.Ф. – 115  
 Корсун Е.В. – 115  
 Корулькин Д.Ю. – 84  
 Корчагин В.В. – 210  
 Коршунов А.О. – 105  
 Косабай А.М. – 58  
 Косарев И.А. – 106  
 Косяков Д.С. – 28, 29, 34, 144, 149, 197, 198  
 Котельникова Н.Е. – 107, 108  
 Кошкин И.Н. – 11  
 Краснюк И.И. (мл.) – 5  
 Крылова М.В. – 221  
 Кувшинова Л.А. – 109  
 Кузякина Л.И. – 104  
 Куйбида Л.В. – 37  
 Кулаков И.В. – 110, 111  
 Кулаков И.И. – 110  
 Куляк О.Ю. – 159  
 Курбангалиева А.Р. – 96  
 Курзин А.В. – 150  
 Курзина И.А. – 76  
 Курилов Д.В. – 244  
 Куркин В.А. – 204  
 Курочкина Е.В. – 42  
 Кучин А.В. – 13, 23, 44, 52, 53, 69, 74, 83, 121, 122, 137, 161, 172, 174, 192, 196, 203, 212, 215, 221, 239, 240, 241  
 Кушнир Е.Ю. – 111, 112  
 Кушнир С.Р. – 113

## Л

- Лазарев М.А. – 105, 113  
 Лактионов А.П. – 39  
 Ламан Н.А. – 88  
 Ламердонова Ф.Х. – 114, 171, 210  
 Латыпова Л.З. – 96  
 Лахтин В.М. – 115  
 Лахтин М.В. – 115  
 Ле Т.М.Х. – 205  
 Левченко Н.В. – 145  
 Легкий Ф.В. – 190, 212  
 Лезина О.М. – 50, 116, 173  
 Леонтьев Н.О. – 46  
 Лисовенко Н.Ю. – 117  
 Лисовская С.А. – 96, 140  
 Литвиненко Ю.А. – 136  
 Литвиновская Р.П. – 131, 163  
 Логинова (Кокина) Е.С. – 118  
 Логинова Т.П. – 44  
 Лозинский В.И. – 244  
 Ломовский И.О. – 130

Ломовский О.И. – 130  
 Лопатков А.Ю. – 220  
 Лоскутов С.Р. – 85  
 Лоцман К.А. – 119  
 Лузина О.А. – 60, 200  
 Львова Д.А. – 28

## М

Маврина Е.А. – 113  
 Магомедова Л.И. – 120  
 Мадиева Ш.А. – 26  
 Мазалецкая Л.И. – 233  
 Мазин Н.В. – 121, 122  
 Мазин П.В. – 121  
Мазина Н.К. – 122  
 Макаров С.В. – 90  
 Макарова Е.Н. – 123  
 Макарова С.М. – 20  
 Макаев Ф.З. – 245  
 Маковская И.Н. – 86  
 Мальшакова М.В. – 124  
 Малюченко Н.В. – 125  
 Мамарозиков У.Б. – 126  
 Маматкулова Н.М. – 127  
 Маматмуродов Х.Б. – 128  
 Мамедов Э.И. – 129  
 Мамылов С.Г. – 130  
 Манжелесова Н.Е. – 131, 163  
 Маргун Е.Н. – 7  
 Марисов С.С. – 103  
 Маркин А.В. – 105  
 Маркин В.И. – 201  
 Маркова К.В. – 143  
 Мартакова Ю.В. – 132  
 Машенко Н.В. – 102  
 Машенко П.С. – 117  
 Мелихова А.В. – 115  
 Мизамова А.М. – 208  
 Микушина И.В. – 222  
 Милюков В.А. – 133  
 Минзанова С.Т. – 133  
 Миронов В.Ф. – 187, 195, 229  
 Михайлов В.И. – 190  
 Морозов С.В. – 220  
 Морозова Л.В. – 39  
 Мударисова Р.Х. – 89  
 Мукушева Г.К. – 7, 57, 58, 59, 61, 134  
 Мулюкова С.М. – 97  
 Муравский Е.А. – 167  
 Мухаметкалиева Г.Ж. – 135  
 Мысик А.Т. – 104

## Н

Назарова И.Р. – 136  
 Назарова Я.И. – 231  
 Нарбугаева Д.А. – 127  
 Нассер Р.А. – 114, 171  
 Нгуен Д.А. – 205  
 Неганова М.Е. – 53  
 Некрасова П.С. – 137, 204  
 Немтарев А.В. – 187, 195, 229  
 Никитин Е.Н. – 138  
 Никитина Л.Е. – 95, 139, 140  
 Никонова Н.Н. – 212  
 Николаева Н.С. – 53  
 Нифантьев Н.Э. – 141  
 Новикова С.А. – 191  
 Новичихина Д.А. – 96  
 Носачев С.Б. – 39  
 Нуркадыров Д.К. – 142

## О

Одинцова А.В. – 128  
 Озол Л.Д. – 245  
 Окопная Н.Т. – 245  
 Октябрьский О.Н. – 165  
 Оленников Д.Н. – 143  
 Онучина А.А. – 34, 144, 197, 198  
 Островерхов П.В. – 238  
 Офицеров Е.Н. – 87

## П

Павлова Е.В. – 221  
 Павлова Л.В. – 158  
 Павловская А.Е. – 87  
 Падерин Н.М. – 170  
 Пай З.П. – 155  
 Панарин Е.Ф. – 73  
 Панасенко А.Е. – 207  
 Панибрат О.В. – 79, 145, 146  
 Панина Ю.В. – 20, 147  
 Паршина А.Э. – 154  
 Патов С.А. – 137, 204  
 Патова О.А. – 40  
 Пельтек С.Е. – 37  
 Первова И.Г. – 55  
 Первова М.Г. – 77  
 Пестова С.В. – 82, 148  
Петкевич С.К. – 27  
 Петрова П.А. – 50  
 Петрова С.Э. – 92  
 Пиковской И.И. – 29, 149

Пискунов К.А. – 150  
 Платонов И.А. – 158  
 Плахин В.А. – 151  
 Плотникова Т.В. – 152  
 Покрышкин С.А. – 153, 179  
 Поломарчук Д.А. – 154  
 Попейко О.В. – 54  
 Попов А.В. – 23, 203  
 Попов С.В. – 54, 170  
 Попова С.А. – 221  
 Портнягина Н.В. – 38  
 Поткин В.И. – 7, 27, 61, 134  
 Приходько И.Ю. – 155  
 Проскура В.Е. – 156  
 Протопопов А.В. – 42, 63, 176, 236, 237  
 Прутенская Е.А. – 157  
 Пунегов В.В. – 184, 185, 186  
 Пустовойт К.Д. – 92  
 Пухов С.А. – 195  
 Пушкарев Г.А. – 158

## Р

Радимич А.И. – 159  
 Раднаева Л.Д. – 230  
 Разуваева А.В. – 216  
 Рамазанова А.Д. – 59  
 Раскильдина Г.З. – 33  
 Рахманбердиев Г. – 71  
 Ремнев В.Е. – 49, 169  
 Родыгин К.С. – 119  
 Романова В.С. – 244  
 Рочева Т.К. – 160  
 Рубцова С.А. – 50, 52, 82, 83, 116, 148, 161, 173, 174, 215  
 Рыжов В.А. – 103, 104

## С

Савельев В.А. – 135, 193  
 Савин А.О. – 79  
 Савченко А.Е. – 162  
 Савчук А.Л. – 163  
 Сагитуллина Г.П. – 110  
 Сайбель О.Л. – 120, 159  
 Сайфина Л.Ф. – 14  
 Салахутдинов Н.Ф. – 60, 164, 200  
 Салоутин В.И. – 77  
 Самет А.В. – 167  
 Самойленко Д.Е. – 119  
 Самойлова З.Ю. – 165  
 Саморукова М.А. – 77  
 Сапиева А.О. – 26

Сапрыкина Н.Н. – 108  
 Сатаева Т.П. – 219  
 Седых Н.М. – 166  
 Сейдахметова Р.Б. – 7, 134  
 Сейлханов О.Т. – 134  
 Семаков А.В. – 195  
 Сембеков М.Т. – 136  
 Семенов В.В. – 167  
 Семенов В.Э. – 14  
 Семина Е.А. – 112  
 Семянова К.А. – 168  
 Сенотрусов А.Г. – 32  
 Серских И.А. – 101  
 Ситко А.В. – 73  
 Ситников П.А. – 190  
 Скиба М.А. – 102  
 Скорик Ю.А. – 31  
 Скрипова Н.Н. – 69  
 Слободова Д.А. – 49, 169  
 Слынько Н.М. – 37  
 Смирнова А.Н. – 233  
 Смирнова Г.В. – 165  
 Соколова А.К. – 170  
 Сорокопудов В.Н. – 171  
 Степнова А.Ф. – 62, 86  
 Стеценко С.К. – 13, 172  
 Стёпин С.Г. – 61  
 Стойков И.И. – 20, 35, 43, 147  
 Стробыкина И.Ю. – 14  
 Студитский В.М. – 125  
 Субботина А.О. – 220  
 Субботина С.Н. – 116, 173  
 Судариков Д.В. – 50, 52, 83, 116, 174, 215  
 Султанова Н.А. – 72, 193  
 Сульман А.М. – 51, 175, 199  
 Супоня С.А. – 176  
 Сухов Б.Г. – 166, 177  
 Сыпалова Ю.А. – 153, 179  
 Сычев В.В. – 191

## Т

Таганбекова З.К. – 201  
 Таран О.П. – 191  
 Татарова Л.Е. – 37  
 Тараскин К.А. – 25  
 Таримов К.О. – 219  
 Темиргазиев Б.С. – 180, 181  
 Теренжев Д.А. – 138  
 Терехов Г.Г. – 13, 172

Тимофеев Н.П. – 182, 183, 184, 185, 186  
 Титов Е.А. – 187  
 Тихонова А.О. – 188  
 Ткаченко О.В. – 213  
 Тойганбекова Н.Н. – 7, 61, 134  
 Толмачева И.А. – 189  
 Торлопов М.А. – 64, 190  
 Трizza Е.Ю. – 95, 96, 204  
 Трифонова А.Р. – 145, 146  
 Трофимов Б.А. – 177  
 Трoцкий Ю.А. – 191  
 Тулаева Л.А. – 192  
 Тулеуов Б.И. – 180, 181  
 Тургунбаева А.А. – 193  
 Турдалиева П.К. – 194  
 Турсунходжаева Ф.М. – 127  
 Тыхеев Ж.А. – 48, 66  
 Тютюнникова Е.М. – 152

## У

Удоратина Е.В. – 64, 109, 132, 161, 190, 196  
 Ульяновский Н.В. – 34, 144, 197, 198, 218  
 Урубкова У.П. – 195  
 Усмaнова Е.Н. – 104  
 Ушаков Н.В. – 196  
 Ущaповский В.И. – 157

## Ф

Фалёв Д.И. – 34, 144, 197, 198  
 Фалёва А.В. – 28, 29, 34, 144, 149, 197, 198, 218  
 Фархутдинов А.А. – 204  
 Федяева И.М. – 65  
 Федюнина И.В. – 139  
 Феофанов А.В. – 125  
 Филатова А.Е. – 51, 175, 199  
 Филимонов А.С. – 60, 200  
 Филонова П.Д. – 201  
 Фомин Д.С. – 117  
 Фомина Е.С. – 202  
 Фомочкина И.И. – 219  
 Фролова Л.Л. – 23, 121, 122, 203

## Х

Хабаров Ю.Г. – 151  
 Хабибрахманова А.М. – 96  
 Халиуллина А.С. – 204  
 Халиков А.Т. – 21  
 Харина К.В. – 32

Харченко У.В. – 205  
 Хасанов Ш.Ш. – 126  
 Хасенова А.Е. – 57  
 Хидырова Н.К. – 18, 126, 127  
 Хлебникова Т.Б. – 155  
 Хлопин В.А. – 40, 206  
 Холин К.В. – 133  
 Холомейдик А.Н. – 207  
 Хоснутдинова Т.С. – 208  
 Храмова Д.С. – 209  
 Хрипач В.А. – 131, 145, 163  
 Хромов А.В. – 210  
 Худяева И.С. – 211  
 Хуррамов А.М. – 224  
 Хуршкайнен Т.В. – 13, 69, 172, 212, 228, 231  
 Хусенов А.Ш. – 71

## Ц

Цапок П.И. – 80  
 Цветов Н.С. – 15  
 Цивилева О.М. – 213  
 Цимбалаев С.Р. – 114, 171, 210  
 Цыганов Д.В. – 167  
 Цыпышева И.П. – 214

## Ч

Чащина Е.В. – 174, 215  
 Чащина Н.М. – 145, 146  
 Чванова Д.О. – 216  
 Чекунков Е.В. – 133  
 Черезова Е.Н. – 109  
 Черепанов И.С. – 217  
 Чернобельская С.А. – 218  
 Черникова П. – 125  
 Чернов И.Н. – 105  
 Чернова О.В. – 9  
 Черноусова И.В. – 219  
 Черняк Е.И. – 220  
 Чистякова Е.А. – 170, 209  
 Чобану Н.Г. – 245  
 Чукичева И.Ю. – 94, 161, 221, 231, 239, 240, 241  
 Чупарина Е.В. – 120  
 Чупрыненко И.В. – 210  
 Чуркин М.И. – 222

## Ш

Шаденова Е.А. – 136  
 Шакирова И.И. – 217  
 Шарипова А.А. – 223

Шарипова М.З. – 224  
 Шартон О.В. – 129  
 Шатерников А.Н. – 213  
 Шахматов Е.Г. – 123  
 Шашкина С.С. – 225  
 Швецов С.Г. – 226  
 Швыдкий В.О. – 233  
 Шевченко О.Г. – 227, 241  
 Шемахина М.Э. – 195  
 Шешегова Т.К. – 228  
 Шиманская Е.И. – 51, 199  
 Шинкарева А.М. – 229  
 Шипаева Т.А. – 216  
 Ширеторова В.Г. – 230  
 Широких И.Г. – 231  
 Широкова Л.Н. – 232  
 Шитикова О.В. – 97  
 Шишкина Л.Н. – 233  
 Шишов А.Ю. – 234  
 Шкаев А.Н. – 235  
 Шкаева Н.В. – 235  
 Штепенко Д.Е. – 236, 237  
 Штраус С.А. – 238  
 Шульц Э.Э. – 135, 193  
 Шумакова К.М. – 11

Шуматбаев Г.Г. – 138  
 Шумова О.А. – 239, 240, 241  
 Шурпик Д.Н. – 20, 35, 43

## Щ

Щеклеина Л.М. – 228  
 Щербакова Т.П. – 242  
 Щербакова Ю.В. – 223  
 Щуклина О.А. – 244

## Э

Эрдынеева С.А. – 230

## Ю

Ювченко А.П. – 27  
 Юркова Т.А. – 243  
 Юсупова У.Ю. – 224

## Я

Ядыкова Л.Л. – 95  
 Якимов С.А. – 93  
 Ямалиев Е.Г. – 210  
 Ямскова О.В. – 244  
 Яндулова Е.Ю. – 53  
 Ярмухаметова А.Ю. – 217



Компания МИЛЛАБ специализируется в области оснащения лабораторий высококачественным оборудованием, а также специализированной лабораторной мебелью.

Наша компания существует с 1996 года и является официальным представителем крупных производителей лабораторного оборудования премиум качества из Италии, Китая, России, Сингапура, Турции, Франции и других стран.

Сервисный центр укомплектован диагностическим оборудованием, сертифицирован нашими партнерами на проведение всего комплекса услуг по сервисному и гарантийному обслуживанию на территории РФ.

Широкая сеть региональных офисов позволяет поддерживать высокий уровень обслуживания клиентов в регионах.

Лидер в поставках оборудования премиум-класса для научных, лабораторных и технологических задач.

Компания МИЛЛАБ реализует на российском рынке мировые стандарты работы Дистрибьютора и заслуженно является лидером на рынке.

<https://millab.ru/>



**Reakor**

115093, Moscow, Russia  
Lyusinovskaya street, 36,  
Bldg 2

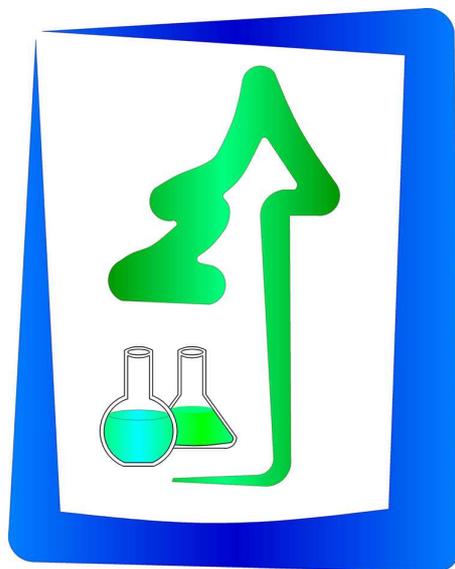
Tel./Fax +7 (495) 640-34-27  
E-mail: [reakor@reakor.ru](mailto:reakor@reakor.ru)  
Website: <http://www.reakor.ru>

**Реакор**

115093, Москва, Россия,  
Люсиновская ул., д. 36,  
стр. 2

Компания ООО «Реакор» на протяжении более 20 лет является поставщиком продуктов тонкого органического и неорганического синтеза, а также соединений драгоценных металлов.

Наши заказчики – университеты, учебные заведения, научно-исследовательские институты и производственные предприятия. Мы принимаем заказы от минимальных количеств до укрупненных партий (до 500 кг). Поставки осуществляются регулярно. На протяжении долгого времени мы сотрудничаем с китайскими производителями, качество продуктов которых не уступает европейским аналогам.



## О КОМПАНИИ

Предприятие ООО научно-технический центр «Химинвест» занимается глубокой лесохимической переработкой леса.

Идея предприятия создать новую блочно-модульную лесохимию, приближенную к источнику сырья.

ООО НТЦ «Химинвест» стремится привлечь внимание общественности к вопросу глубокой переработки леса и использования биомассы дерева в наиболее полной мере.

Целью ООО НТЦ «Химинвест» является продвижение и популяризация кормовых добавок для животноводства, где основными действующими компонентами являются природные биоактивные вещества.

ООО НТЦ «Химинвест» создал филиал кафедры лесоводства (пос. Мухтолово, Ардатовский район Нижегородской области) совместно с Нижегородской Сельскохозяйственной академией. На базе филиала кафедры, в пос. Мухтолово создан единственный в стране музей подсочки леса.

Клиентами предприятия ООО НТЦ «Химинвест» являются более 200 компаний. ООО НТЦ «Химинвест» имеет собственное производство и научную поддержку передовых научных и учебных заведений!

<http://www.himinvest.icnn.ru/>

Научное издание

## **ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Тезисы докладов XIII Международной научной конференции  
со школой молодых ученых  
Том 1

Рекомендовано к печати  
Ученым советом Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

Оригинал-макет – И.Ю. Чукичева, Е.В. Буравлёв, И.А. Дворникова  
Фото на обложке – И.С. Соколов  
Редакторы: И.В. Курляк, К.А. Попова

Компьютерный набор. Подписано в печать 24.04.2024 г.  
Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Усл. печ. л. 32. Уч.-изд. л. 34.  
Тираж 300 экз. Заказ 1282.

---

Редакционно-издательский центр ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
167982, ГСП-2, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 24.

ISBN 978–5–498–01074–8

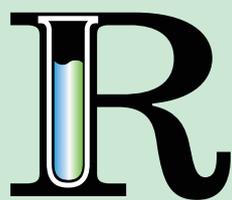


Отпечатано

в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета  
в ООО «Кировская областная типография».  
610004, г. Киров, ул. Ленина, д. 2. Тел./факс: (8332) 38-34-34  
Email: [print@printkirov.ru](mailto:print@printkirov.ru), [www.printkirov.ru](http://www.printkirov.ru)

Эта страница намеренно оставлена пустой.

Конференция проходит при поддержке:



**Реакор**  
Р о с с и я



**MILLAB**  
GROUP



ООО НТЦ «Химинвест»

