

## ОТЗЫВ

научного руководителя  
кандидата технических наук, доцента  
Флейшера Вячеслава Леонидовича  
на диссертационную работу Сосновской Александры Андреевны  
«Масло сосновое многофункционального назначения с повышенным  
содержанием терпеновых кислородсодержащих соединений из  
 $\alpha$ -пинена живичного скипидара», представленной  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.21.03 – технология и оборудование химической  
переработки биомассы дерева; химия древесины

В настоящее время в Республике Беларусь одним из актуальных и перспективных направлений развития лесохимической отрасли является переработка возобновляемого сырья, в частности сосновой живицы, на вторичные продукты, обладающие высокой добавленной стоимостью. При переработке сосновой живицы получают канифоль, широко применяемую в качестве исходного сырья в технологии эфиров канифоли и азотсодержащих соединений на ее основе, и скипидар, использование которого ограничено из-за отсутствия его химической переработки.

Живичный скипидар представляет собой смесь терпеновых углеводов ( $\alpha$ -пинен, 3-карен, дипентен и др.), являющихся предшественниками терпеновых кислородсодержащих соединений. В зависимости от их содержания продукты обладают различными функциональными свойствами и применяются в лесохимической, горнодобывающей, парфюмерной и других отраслях промышленности. Значительный экспорт живичного скипидара в страны СНГ и дальнего зарубежья и отсутствие его глубокой переработки в Республике Беларусь привело к острой необходимости в использовании импортных продуктов на его основе, например масла соснового, применяемого в качестве вспенивателя для флотации сильвинита. В связи с этим, актуальным является исследование в области разработки технологии масла соснового на основе  $\alpha$ -пинена, способного заменить импортный продукт на отечественный и расширить область квалифицированного применения живичного скипидара.

Диссертационная работа Сосновской А.А. посвящена разработке технологии масла соснового с повышенным содержанием терпеновых кислородсодержащих соединений из  $\alpha$ -пинена живичного скипидара. В работе Сосновская А.А. рассматривает два основных способа получения масла соснового из  $\alpha$ -пинена. Первый способ заключается в его жидкофазном окислении кислородом воздуха в присутствии катализатора (или каталитической системы) на основе металла переменной валентности, второй – его кислотнo-каталитическая гидратация в присутствии кислотного катализатора. Установленные соискателем зависимости влияния основных технологических параметров процессов окисления и гидратации (температура, продолжительность реакции, количество катализатора, расход кислорода воздуха, массовое соотношение исходных реагентов) на изменение содержания основных (терпеновые кислородсодержащие соединения) и побочных

(терпеновые углеводороды, полимерные соединения) продуктов, позволили обосновать конкурирующий характер реакций окисления и полимеризации, а также гидратации и изомеризации исходного  $\alpha$ -пинена, приводящих к снижению скорости образования терпеновых кислородсодержащих соединений.

Направление научных исследований диссертационной работы Сосновской А.А. соответствует приоритетным направлениям научных исследований Республики Беларусь на 2021–2025 гг. (Указ Президента от 7 мая 2020 г. № 156 «О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы» по следующему пункту:

2. Биологические, медицинские, фармацевтические и химические технологии и производства: переработка сырья, лесохимия.

Сосновская А.А. является высококвалифицированным специалистом в области переработки скипидара и канифоли с получением вторичных продуктов с высокой добавленной стоимостью, применяемых в различных отраслях промышленности – лесохимической, горнодобывающей, фармацевтической, парфюмерной и многих других. В 2016 г. окончила факультет технологии органических веществ учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» по специальности «Биотехнология» специализации «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов» с присвоением квалификации инженер-химик-технолог. В период с 01.09.2016 по 30.06.2017 гг. обучалась в очной магистратуре при учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» с присвоением степени магистра технических наук. В период с 01.11.2017 по 31.10.2020 гг. обучалась в очной аспирантуре при учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» по специальности 05.21.03 – технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины и с 01.07.2017 г. по настоящее время работает в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» в должности: младшего научного сотрудника кафедры химической переработки древесины (01.07.2017–31.10.2017 гг.), ассистента кафедры химической переработки древесины (05.11.2020–31.08.2022 гг., 01.09.2024 г. и по настоящее время), инженера кафедры химической переработки древесины (01.09.2022–30.08.2024 гг.). За время обучения в университете и аспирантуре проявила себя как трудолюбивый, ответственный, инициативный, грамотный, умеющий принимать взвешенные самостоятельные решения исследователь в области лесохимии и химической переработки древесины, способный четко формулировать цели и задачи исследования и успешно их реализовывать.

Сосновская А.А. принимала участие в государственной программе научных исследований по теме «Физико-химические закономерности превращений смоляных кислот канифоли и монотерпенов живичного скипидара в присутствии новых каталитических систем» (2016–2018 гг., № гос. рег. 20161151, программа «Химические технологии и материалы», подпрограмма «Лесохимия», задание 4.1.8), получила грант Министерства образования Республики Беларусь по теме «Изучение кинетики жидкофазного окисления  $\alpha$ -пинена кислородом воздуха в присутствии системы катализаторов «стеарат кобальта (II) / пероксида водорода» (2019 г., № гос. рег. 20191050), в которой была ее непосредственным руководителем,

являлась исполнителем научно-исследовательских работ «Разработать рекомендации о возможных направлениях коммерческого применения скипидара и компонентов его переработки» (2020 г., ХД 20-041, заказчик ООО «СТиМ»), «Разработать исходные данные для проектирования технологической установки по переработке живичного скипидара» (2020 г., ХД 20-486, заказчик ООО «СТиМ»), «Научное обоснование методик получения вторичных продуктов на основе живичного скипидара с высокой добавленной стоимостью» (2020–2021 гг., ХД 20-601, заказчик ООО «СТиМ»), «Определение физико-химических показателей качества живицы» (2021 г., ХД 21-500, заказчик ООО «ЭкоСмол»). Соискатель непосредственно разработал технологию масла соснового многофункционального назначения гидратацией  $\alpha$ -пинена в присутствии 70%-го водного раствора муравьиной кислоты и технологический режим получения масла соснового жидкофазным окислением  $\alpha$ -пинена в присутствии катализатора стеарата кобальта (II), обеспечивающие высокое содержание в нем терпеновых кислородсодержащих соединений. Также соискатель принимал участие в промышленной апробации разработанной технологии масла соснового гидратацией  $\alpha$ -пинена в присутствии 70%-го водного раствора муравьиной кислоты и получении опытно-промышленной партии в условиях ООО «СТиМ».

Соискателем Сосновской А.А. непосредственно разработана техническая документация на получение масла соснового из  $\alpha$ -пинена живичного скипидара, включающая 2 лабораторных регламента, 1 опытно-промышленный технологический регламент и 1 технические условия (ТУ ОП ВУ 100354659.128–2021) на опытно-промышленную партию. В условиях ООО «СТиМ» в соответствии с разработанными техническими условиями (ТУ ОП ВУ 100354659.128–2021) и опытно-промышленным технологическим регламентом выпущена партия масла соснового в количестве 210 кг с повышенным содержанием терпеновых кислородсодержащих соединений (70,1 мас. %) кислотнo-каталитической гидратацией  $\alpha$ -пинена в присутствии 70%-го водного раствора муравьиной кислоты, что подтверждается актом получения. Актом внедрения подтверждена целесообразность производства масла соснового по разработанной технологии с фактическим экономическим эффектом (при выпуске 210 кг) 825,3 руб. (325,7 долл. США на июль 2021 г.) и ожидаемым годовым – 786,0 тыс. руб. (310 206,0 долл. США на июль 2021 г.) при планируемом годовом выпуске 200 т.

Соискатель Сосновская А.А. принимал непосредственное участие в выборе направления исследования, формулировании цели и задач, обсуждении основных научных результатов диссертации. Самостоятельно провел научные исследования и проанализировал полученные результаты, на основании которых обосновал зависимости влияния технологических параметров процессов гидратации и окисления  $\alpha$ -пинена на изменение качественного и количественного составов соснового масла-сырца. Достоверность результатов исследований обеспечивается достаточностью экспериментального материала, основанного на их статистическом анализе и использовании современного лабораторного оборудования.

По результатам исследования диссертации соискателем Сосновской А.А. опубликовано 17 (4,51 авторских листа) печатных работах, в том числе 5 статьями в научных журналах (2,77 авторских листа), включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных

исследований, 8 материалов конференций и тезисы 3 докладов. Подана 1 заявка № а 20240121 от 29.05.2024 г. на выдачу патента Республики Беларусь на изобретение «Способ получения терпеновых спиртов из фракции  $\alpha$ -пинена живичного скипидара» (авторы А.А. Сосновская, В.Л. Флейшер).

Считаю, что по результатам выполненной квалификационной работы Сосновская А.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.21.03 – технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины за:

– научно обоснованные зависимости влияния основных технологических параметров процесса жидкофазного окисления  $\alpha$ -пинена кислородом воздуха в присутствии катализатора стеарата кобальта (II) на качественный и количественный составы продуктов реакции, позволившие установить температуру – 70–73°C, расход окислителя кислорода воздуха – 0,39 см<sup>3</sup>/с·1 г  $\alpha$ -пинена, продолжительность – 5 ч, количество катализатора – 0,4 мас. %, в совокупности, обеспечивающие повышение содержания терпеновых кислородсодержащих соединений (2,3-эпоксипинана, вербенола, вербенона) в оксидате от 27,0 до 55,0 мас. % и снижение содержания полимерных соединений от 54,0 до 32,0 мас. % за счет уменьшения влияния конкурирующей реакции полимеризации;

– установленное массовое соотношение при гидратации  $\alpha$ -пинена ( $\alpha$ -пинен : 70%-й водный раствор муравьиной кислоты), равное 1,0 : 1,1 соответственно, обеспечивающее повышение содержания терпеновых кислородсодержащих соединений ( $\alpha$ -терпинеола и его изомеров) в сосновом масле-сырце до 45,80 мас. % с дальнейшим его увеличением на 9,00–11,80 мас. % путем омыления нежелательного продукта терпенилформиата, снижение содержания побочных терпеновых углеводородов (3-карена, дипентена, терпинолена) до 26,26 мас. %, сокращение расхода 70%-го водного раствора муравьиной кислоты на 26,70% и продолжительности реакции на 2 ч (от 5 до 3 ч) по сравнению с живичным скипидаром и скипидаро-пиненовыми смесями;

– технологию масла соснового многофункционального назначения кислотнокаталитической гидратацией  $\alpha$ -пинена, основанную на 4-стадийном синтезе, включающий ректификацию живичного скипидара, гидратацию  $\alpha$ -пинена при температуре – 60–65°C и продолжительности – 3 ч в присутствии 70%-го водного раствора муравьиной кислоты при массовом соотношении 1,0 : 1,1 соответственно, омыление терпенилформиата, фракционирование соснового масла-сырца для получения масла соснового с повышенным содержанием терпеновых кислородсодержащих соединений от 60,0 до 85,0 мас. %.

Выражаю согласие на размещение данного отзыва на официальном сайте учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Научный руководитель:  
проректор по научной работе  
учреждения образования  
«Белорусский государственный  
технологический университет»,  
кандидат технических наук, доцент



В.Л. Флейшер