

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 212.204.03, созданного на базе Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета
от «28» декабря 2017 года, протокол № 13

О присуждении Темнову Михаилу Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Кинетика и аппаратурно-технологическое оформление процессов получения эфиров жирных кислот» в виде рукописи по специальностям 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий и 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии), технические науки, принята к защите «26» октября 2017 года, протокол № 11, диссертационным советом Д 212.204.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» Министерства образования и науки Российской Федерации (125047, Москва, Миусская площадь, 9, приказ о создании диссертационного совета от «15» октября 2014 года № 574/нк).

Соискатель **Темнов Михаил Сергеевич**, «7» марта 1990 года рождения, в 2012 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации. Освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Тамбовского государственного технического университета Министерства образования и науки Российской Федерации в 2016 году.

Работает в должности младшего научного сотрудника в Управлении фундаукиментальных и прикладных исследований Тамбовского государственного технического университета Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» Тамбовского государственного технического университета Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Дворецкий Дмитрий Станиславович, гражданин Российской Федерации, заведующий кафедрой «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» Тамбовского государственного технического университета.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Нагорнов Станислав Александрович, гражданин Российской Федерации, заместитель

директора по научной работе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Тамбов; доктор технических наук, профессор Сироткин Александр Семенович, гражданин Российской Федерации, заведующий кафедрой «Промышленная биотехнология» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, в своем **положительном** заключении, подписанном доктором технических наук, профессором Остриковым Александром Николаевичем, заведующим кафедрой «Технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств», указала, что диссертационная работа отвечает требованиям п.9 действующего «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор Темнов Михаил Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий» и 03.01.06 – «Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)» (отзыв заслушан и одобрен на заседании кафедры «Технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств» «6» декабря 2017 года, протокол № 06).

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 20 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ. Общий объем публикаций составляет 402 страницы. Все публикации выполнены в соавторстве, личный вклад соискателя (от 70 до 90 %) состоит в анализе литературы, проведении вычислительных экспериментов, обработке результатов, написании публикаций. Соискателем опубликовано 6 работ в материалах всероссийских и международных конференций и конгрессов, получено 5 патентов и авторских свидетельств, издано 2 монографии, 2 учебных пособия, депонированных рукописей нет. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Dvoretzky, D.S. Enhanced lipid extraction from microalgae *Chlorella vulgaris* biomass: Experiments, modelling, optimization // Chemical Engineering Transactions. 2016. V. 49, 175 – 180 pp (Scopus, Web of Science).
2. Dvoretzky, D. S. The effect of the complex processing of microalgae *Chlorella vulgaris* on the intensification of the lipid extraction process // Chemical Engineering Transactions. 2017. V. 57. 721 - 726 pp (Scopus, Web of Science).

На диссертацию и автореферат поступило 12 отзывов, все **положительные**. В отзывах указывается, что представляемая работа выполнена на высоком научно-теоретическом уровне и имеет большое практическое значение, а по актуальности и новизне полученных результатов соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Отзывы поступили от **Казуба Валерия Тимофеевича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Физика и математика» Пятигорского медико-фармацевтического института - филиала Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет», **Евдокимова Андрея Николаевича**, кандидата химических наук, доцента, заведующего кафедрой материаловедения и технологии машиностроения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», **Антиповой Людмилы Васильевны**, доктора технических наук, профессора кафедры «Технологии продуктов животного происхождения» Воронежского государственного университета инженерных технологий, **Лабутина Александра Николаевича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Техническая кибернетика и автоматика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет», **Ферапонтова Юрия Анатольевича**, кандидата технических наук, начальника отдела химии и новых химических технологий открытого акционерного общества «Корпорация «РОСХИМЗАЩИТА», **Клинова Александра Вячеславовича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Процессы и аппараты химической технологии» Казанского национального исследовательского технологического университета, **Зиятдинова Надира Низамовича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Системотехника» того же университета, **Политаевой Натальи Анатольевны**, доктора технических наук, профессора Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», **Самонина Вячеслава Викторовича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», **Рудобашты Станислава Павловича**, доктора технических наук, профессора кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева», **Ларионовой Ольги Сергеевны**, доктора биологических наук, доцента, заведующей кафедрой «Микробиология, биотехнология и химия» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова»,

Кошевого Евгения Пантелеевича, доктора технических наук, профессора кафедры «Технологическое оборудование и системы жизнеобеспечения» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный технологический университет».

Отзывы содержат следующие замечания: (1) Не ясно, какими соображениями руководствовался автор при выборе суточной производительности технологической схемы 190 кг ЭЖК/сутки? (2) В качестве одного из элементов конструкции дезинтегратора клеток микроводорослей применяется «отражательная труба». Какие функции выполняет этот элемент? (3) Название работы слишком общее и подразумевает исследование всех возможных видов сырья (природные триглицериды, предельные и непредельные высшие карбоновые кислоты и методов получения сложных эфиров на их основе. (4) Вывод №4: «Реакцию этерификации необходимо проводить при температуре 60 °С и соотношении этанол-липиды 6:1 в присутствии щелочного катализатор – гидроксида натрия». Вероятно, автор имеет ввиду переэтерификацию липидов водорослей этанолом? (5) Из автореферата не ясно возможно ли применение каких-либо коагулянтов и флокулянтов для проведения процесса осаждения клеток микроводорослей из суспензии. (6) Чем подтверждается высокий уровень энерго- и ресурсосбережения, предложенных режимов технологического процесса получения ЭЖК из микроводорослей. (7) Не понятно, проводился ли анализ чувствительности разработанных математических моделей? (8) Следовало подробнее описать режимы работы аппаратов технологической схемы производства эфиров жирных кислот из микроводорослей, а также обосновать необходимые размеры и число аппаратов по стадиям производства. (9) Не ясно, как утилизируются побочные продукты в предложенной схеме производства ЭЖК? (10) Не понятно, как в математической модели учитывается возможное изменение соотношения количества погибших, целых и разрушенных клеток. (11) Как осуществлялась проверка адекватности математических моделей? (12) В диссертации не исследована возможность создания стрессовых условий для стимулирования накопления внутри клеток липидов путем освещения суспензии импульсным светом. (13) В диссертации не рассмотрены другие типы растворителей для извлечения липидов из используемого сырья. (14) Как математическая модель учитывает изменение проницаемости клеточной стенки в результате воздействия экстрагентов? (15) Следовало более подробно описать особенности механизма экстракции липидов, входящих в состав белково-липидных комплексов клеток.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что тематика диссертационной работы соискателя соответствует их научным интересам и направлениям деятельности, что подтверждается большим числом публикаций. Высокая квалификация в области изучения процессов и аппаратов химической технологии и биотехнологии позволяет им оценить научную и практическую значимость работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **предложены** условия эффективного осуществления процессов подготовки и предварительной обработки сырья (культивирование микроводорослей, дезинтеграция клеток), экстракции и переэтерификации, обеспечивающие высокий выход липидов и эфиров жирных кислот из микроводорослей, в том числе методики подбора экстрагентов;

доказаны научная обоснованность и перспективность комплексной обработки клеток микроводорослей при производстве эфиров жирных кислот из микроводорослей, применения методики Ч. Хансена для подбора экстрагентов при извлечении внутриклеточных липидов из клеток микроводорослей;

введены измененные трактовки понятий «клетки микроводорослей после дезинтеграции», под которыми понимаются целые клетки, клетки погибшие, но сохранившие форму, и разрушенные клетки;

развиты научные положения, методики, вносящие вклад в расширение представлений об особенностях подготовки сырья, интенсификации, свойствах и режимах технологического процесса получения эфиров жирных кислот из микроводорослей, механизмах и кинетике дезинтеграции клеточных стенок, экстракции и переэтерификации липидов;

раскрыты противоречия и причины между сложностью и недостаточной изученностью механизмов и кинетики процессов концентрирования суспензии микроводорослей, экстракции и переэтерификации липидов микроводорослей, низким выходом липидов и необходимостью создания энерго- и ресурсосберегающей технологической схемы производства эфиров жирных

кислот из микроводорослей с использованием современных машин и аппаратов, **изучены** системные связи и закономерности функционирования и развития процессов подготовки и предварительной обработки сырья с учетом физико-химических воздействий на перерабатываемые материалы, механизмы и кинетика, свойства и режимы процессов культивирования и разрушения клеток микроводорослей, экстракции и переэтерификации липидов;

проведена модернизация математических моделей процессов культивирования микроводорослей и экстракции внутриклеточных липидов из них, позволяющих рассчитывать изменение массы микроводорослей, накопление липидов внутри клеток и концентрации липидов в жидкой фазе.

применительно к проблематике диссертации результативно использованы:

- методы системного анализа, физического и математического моделирования процессов химической технологии и биотехнологии, методы газовой и тонкослойной хроматографии, фотоколориметрические методы анализа, оптическая микроскопия, метод прямого подсчета клеток в камере Горяева, метод вычислительного эксперимента;

- совокупность эмпирических и математических методов исследования закономерностей воздействия физических, химических способов дезинтеграции клеток микроводорослей на интенсификацию процесса экстракции внутриклеточных липидов, позволяющего сократить время и объем выполняемых исследований при разработке эффективной технологической схемы производства эфиров жирных кислот из микроводорослей;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены новый способ (патент на изобретение №2569149) получения биомассы микроводорослей с повышенным содержанием липидов и новые технические решения по аппаратурному оформлению процессов культивирования микроводорослей (патент на полезную модель № 151576) и разрушения клеток микроводорослей (патент на полезную модель № 169598); программный комплекс (свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2015617096, № 2016660175), который может быть использован для получения кинетических моделей процессов культивирования растительного сырья и экстракции липидов; результаты работы внедрены в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», открытых акционерных обществах «Биохим», «Орбита», а также в учебном процессе Тамбовского государственного технического университета;

определены режимы эффективного осуществления процессов подготовки и предварительной обработки микроводорослей, экстракции и переэтерификации липидов; перспективы практического использования математических моделей кинетики культивирования микроводорослей и экстракции липидов в технологических расчетах аппаратурного оформления процессов получения эфиров жирных кислот;

создана система практических рекомендаций по разработке технологической схемы производства эфиров жирных кислот из микроводорослей штамма *Chlorella vulgaris* ИФР №С-111 и проектированию процессов и аппаратов подготовки и предварительной обработки сырья, экстракции и переэтерификации внутриклеточных липидов,

представлены результаты численных экспериментов, подтверждающих адекватность математических моделей и работоспособность предложенного метода; предложения по дальнейшему их совершенствованию с учетом особенностей сырьевого источника.

Результаты работы могут быть рекомендованы для изучения и внедрения в проектных, научных и образовательных организациях, а также на предприятиях, которые занимаются производством микроводорослей, в частности в научно-производственном объединении «Альгобиотехнология», Be.Live.Organic.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– для экспериментальных работ показана согласованность теоретических результатов расчета с авторскими экспериментальными данными;

– установлено качественное совпадение авторских результатов по установленным свойствам и режимам технологического процесса получения эфиров жирных кислот, предложенным способам физико-химического воздействия на перерабатываемые материалы, с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

– теория построена на основе корректного использования фундаментальных законов тепло- и массопереноса и уравнений математической физики; согласуется с опубликованными

теоретическими и практическими результатами по теме диссертации;

– использовано сравнение известных результатов, ранее полученных другими авторами по рассматриваемой тематике, с результатами, полученными соискателем на основе проведенного исследования (процессы культивирования, дезинтеграции клеток микроводорослей, экстракции липидов из клеток, математические модели);

– использовано современное оборудование и общепринятые методики аналитических исследований;

– выводы диссертации обоснованы и не вызывают сомнения и согласуются с современными представлениями о механизмах и кинетике процессов культивирования микроводорослей, дезинтеграции клеток, экстракции.

Личный вклад соискателя состоит в участии на всех этапах выполнения диссертации: в анализе предметной области, формулировании цели и задач исследования, в разработке и модификации математических моделей и программного комплекса для моделирования кинетики процессов культивирования микроводорослей и экстракции внутриклеточных липидов, технологического расчета процессов и аппаратов подготовки сырья и экстракции липидов, в проведении физических и вычислительных экспериментов, в обработке и интерпретации опытных данных, в систематизации и обобщении результатов исследования, в подготовке публикаций по теме работы.

Диссертационный совет пришёл к выводу, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой изложены научные основы процессов получения эфиров жирных кислот из биомассы микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР №С-111, научно-обоснованные технологические и технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие технологий производства возобновляемых источников энергии и экономики страны. Полученные в ходе работы эфиры жирных кислот представляют собой перспективный вид биотоплива третьего поколения.

По своему содержанию диссертация соответствует формуле и областям исследования паспорта научной специальности 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий» в части «совершенствования аппаратного оформления технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения», «совершенствования и создания эффективных технологических схем и производств на основе использования современных машин и аппаратов», «фундаментальные разработки в изучении явлений переноса энергии и массы в технологических аппаратах», «способы, приемы и методология исследования массообменных процессов и аппаратов» и пунктам 2, 3, 4, 7 паспорта специальности 03.01.06 – «Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)».

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На заседании «28» декабря 2017 года, протокол № 13, диссертационный совет **принял решение присудить Темнову Михаилу Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук** по специальностям 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий» и 03.01.06 – «Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве «17» человек, из них «8» докторов наук по специальности 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий и «3» доктора наук по специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии), участвовавших в заседании, из «24» человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 3 человека, проголосовали: за «17», против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета

М. Б. Глебов

Ученый секретарь диссертационного совета

А. В. Женса

