



«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. ректора РХТУ им. Д.И.

Менделеева,

доктор технических наук,

профессор

И.В. Воротынцев

15 » апреля 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация на тему: «Научные основы переработки твердых отходов полиэфиров» по научной специальности 2.6.10 Технология органических веществ на соискание учёной степени кандидата химических наук выполнена на кафедре химической технологии основного органического и нефтехимического синтеза Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева».

В процессе подготовки диссертации Джабаров Георгий Викторович, «16» февраля 1995 года рождения, является аспирантом кафедры химической технологии основного органического и нефтехимического синтеза Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева с «01» сентября 2018 года по настоящее время.

Документ о сдаче кандидатских экзаменов выдан Российским химико-технологическим университетом имени Д.И. Менделеева в 2022 году.

Научный руководитель доктор химических наук, профессор, профессор кафедры химической технологии основного органического и нефтехимического синтеза Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Сапунов Валентин Николаевич.

По результатам рассмотрения диссертации Джабарова Г.В. на тему: «Научные основы переработки твердых отходов полиэфиров» принято следующее заключение.

Одним из наиболее актуальных направлений современной химической технологии является переработка бытовых и промышленных отходов пластиков. Именно этому вопросу посвящена диссертационная работа Джабарова Г.В., что и подтверждает **актуальность** темы диссертационной работы.

Научная новизна заключается в следующем: разработан способ утилизации отходов полиэтилентерефталата (ПЭТ) глицерином-сырцом – отходом сельскохозяйственных производств, а также предложены аналитические методики, позволяющие регулировать как глубину превращения пластиковых отходов полиэфира, так и строение и молекулярную массу образующихся олигомерных продуктов. Кроме того, впервые было предложено математическое описание основных физико-химических закономерностей деполимеризации ПЭТ с учетом образования калиевых интеркалатов между внутренними слоями полиэфира.

Практическая ценность работы заключается в следующем:

- установлена взаимосвязь между степенью превращения твердых флексов ПЭТ, типом омыляющего агента и условиями проведения деполимеризации полиэфира (температура, тип используемого растворителя, количество омыляющего агента, время проведения процесса). На основании полученных данных определены оптимальные условия деполимеризации ПЭТ, при которых достигается максимальная степень разложения ПЭТ - 100%.
- Доказано, что процесс является нечувствительным к присутствию в реакционной массе посторонних примесей (красители, полипропилен).
- Полученные в рамках данной работы результаты и установленные закономерности между условиями проведения деполимеризации ПЭТ и составом получаемых низкомолекулярных продуктов могут стать основой для создания технологии получения новых полимерных материалов.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 4 статьях в рецензируемых изданиях, из них 3 статьи в журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, и 1 статья в журнале из перечня ВАК. Получены 2 патента РФ на изобретение по теме диссертационной работы

Результаты диссертации представлены на международных и всероссийских конференциях, в том числе на "International Symposium on Green Chemistry-2019", Ла Рошель (Франция); XXI Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry, Санкт-Петербург (Россия); 73-я Международная молодежная научная конференция «Нефть и газ – 2019», Москва (Россия); 74-я Международная молодежная научная конференция «Нефть и газ – 2020», Москва (Россия); 75-я Международная молодежная научная конференция «Нефть и газ – 2021», Москва (Россия); 3rd International Scientific Conference “Sustainable and Efficient Use of Energy, Water and Natural Resources”, Санкт-Петербург (Россия), 2021; XXIV International Conference on Chemical Reactors (CHEMREACTOR-24), Милан (Италия); XII Российская конференция «Актуальные проблемы нефтехимии» (с международным участием), Грозный (Россия); V Конгресс с международным участием и научно-техническая конференция молодых ученых «Фундаментальные исследования и прикладные разработки процессов переработки и утилизации техногенных образований», Екатеринбург (Россия).

Публикации по теме диссертации:

1. Georgy V. Dzhabarov, Valentin N. Sapunov, Elena M. Makarova, et al. Production of greases from crude glycerol // *Chimica Oggi - Chemistry Today* - 2017 - vol. 35(3);
2. Georgy Dzhabarov, Valentin Sapunov, Roman Kozlovskiy, et al. A Method of Polyethylene Terephthalate Depolymerization by Biodiesel Wastes // *Pet Coal* - 2020.-Vol. 62(1) - pp. 19-26;
3. Dzhabarov, G.V., Sapunov, V.N., Shadrina, V.V. et al. A kinetic study on the depolymerization of polyethylene terephthalate waste with crude glycerol //

Chem. Pap. - 2021 - Vol. 75(11) - pp.6035–6046;

4. Т. А. Курнешова, В. Н. Сапунов, Г. В. Джабаров [и др.]. Изучение деполимеризации отходов поликарбоната этиленгликолем // Химическая промышленность сегодня. – 2021. – № 2. – С. 54-61.

5. ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕПОЛИМЕРИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПЭТ БИОДИЗЕЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ, Шадрина В.В., Джабаров Г.В., Сапунов В.Н., //Успехи в химии и химической технологии, Т. 34.-2020 - № 8 (231). - С. 19-21;

6. Метод совместной переработки бытовых ПЭТФ-отходов и глицерина-сырца, полученного при производстве метиловых эфиров жирных кислот (Metod of combined treatment PET waste with crude glycerol from biodiesel production) Джабаров Г.В., Фань Динь Кха, Шадрина В.В. (научный руководитель: профессор Сапунов В.Н.), 73-я Международная молодежная научная конференция «Нефть и газ – 2019»: сб. тезисов докладов: в 5 т. – М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2019. - Т. 3. - 521 с. - С. 68-69, Москва, 22-25 апреля, 2019;

7. PET waste and crude glycerol as a feedstock for value products, Anna D. Cherepanova, Georgy V. Dzhabarov, Valentin N. Sapunov, et al., The International Symposium on Green Chemistry, La Rochelle, May 13rd - 16th, 2019;

8. Омыление отходов полиэтилентерефталата с помощью глицерина-сырца, Сапунов В.Н., Джабаров Г.В., Фан Динь Кха, Воронов М.С., Шадрина В.С., Коровина Н.С., XXI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии (9–13 сентября, Санкт-Петербург). В 6 т. Т. 3.: тез. докл. – Санкт-Петербург, 2019. – 472 с. - ISBN - 978-5-6043248-4-4. - Секция 4. Энергоресурсоэффективность, экологическая безопасность и управление ри, Санкт-Петербург, 2019;

9. Изучение деполимеризации отходов поликарбоната этиленгликолем (The study of depolymerization of polycarbonate waste with ethylene glycol) Курнешова Т.А., Джабаров Г.В., Коровина Н.С. (научный руководитель: профессор Сапунов В.Н.), 74-я Международная молодежная

научная конференция «Нефть и газ – 2020»: сб. тезисов докладов: в 5 т. – М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2020. - Т. 2. - 401 с. - С. 252-253, Москва, 28 сентября- 02 октября, 2020;

10. Исследование процесса деполимеризации отходов поликарбоната этиленгликолем, Курнешова Т.А., Инюткина А.С., Джабаров Г.В., Шадрина В.В., Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2020». Второе издание: переработанное и дополненное / Отв.ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов. [Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс, 2020. – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – 3000 экз;

11. Kinetic study of waste PET depolymerization by crude glycerol, Georgy V. Dzhabarov, Valentin N. Sapunov, Violetta V. Shadrina, et al., Sustainable And Efficient Use Of Energy, Water And Natural Resources (SEWAN – 2021): сборник трудов III международной научной конференции, 369 с. - сс. 176-177, Saint-Petersburg, 19-24 April 2021;

12. Исследование кинетических закономерностей деполимеризации отходов ПЭТ глицерином-сырцом, Шадрина В.В., Чан Зен Ньи, Джабаров Г.В., Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2021» / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, Е.И. Зимакова. [Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс, 2021. – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – 2000 экз, ISBN 978-5-317-06593-5, 12-23 апреля 2021;

13. Изучение кинетики деполимеризации отходов поликарбоната этиленгликолем при катализе кислотой Льюиса (The study of the kinetics of polycarbonate waste depolymerization with ethylene glycol during Lewis acid catalysis) Курнешова Т.А., Джабаров Г.В., Инюткина А.С. (научный руководитель: профессор Сапунов В.Н.), 75-я Международная молодежная научная конференция «Нефть и газ – 2021»: сб. тезисов докладов: в 3 т. – М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2021. - Т. 2. - 567 с. - С. 256-257, Москва, 26-30 апреля 2021;

14. Исследование кинетики деполимеризации отходов ПЭТ глицерином-сырцом (Kinetic study of waste PET depolymerization by crude glycerol) Шадрина В.В., Чан Зен Ньи, Джабаров Г.В. (научный руководитель: профессор Сапунов В.Н.), 75-я Международная молодежная научная конференция «Нефть и газ – 2021»: сб. тезисов докладов: в 3 т. – М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2021. - Т. 2. - 567 с. - С. 386-387, Москва, 26-30 апреля 2021;

15. Исследование кинетики гликолиза поликарбоната при катализе солью цинка, Курнешова Т.А., Джабаров Г.В., Инюткина А.С. Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2021». / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, Е.И. Зимакова. [Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс, 2021. – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – 2000 экз, ISBN 978-5-317-06593-5, 12-23 апреля 2021;

16. Декарбонизация отходов пластиков на основе поликарбоната с выделением исходного мономера, Курнешова Т.А, Сапунов В.Н., Джабаров Г.В., Инюткина А.С., Коровина Н.С., Замрий А.В., Международная научно-практическая конференция «Перспективы развития энергетических систем: декарбонизация экономики, водородная энергетика»: сб. тезисов докладов: - с. 28-29, Казань, 31 августа 2021;

17. Basic regularities of glycolysis PET with KOH catalysis, Valentin N. Sapunov, Georgy V. Dzhabarov, Pavel A. Orel, et al., XXIV International Conference on Chemical Reactors (CHEMREACTOR-24) [Electronic resource] : abstracts, VP-9, 468-469., September 12 - 17, 2021 in Milan, Italy – No, 2021;

18. Исследование кинетики протекания деполимеризации ПЭТ-отходов глицерином-сырцом (Kinetic study of waste PET depolymerization by crude glycerol), Джабаров Г.В., Сапунов В.Н., Шадрина В.В., Воронов М.С., Макарова Е.М., XII Российская конференция «Актуальные проблемы нефтехимии» (с международным участием), Грозный, 5-9 октября 2021.

19. Сравнение эффективности проведения деполимеризации отходов пэт калиевыми мылами в среде различных полиолов, Джабаров Г.В., Сапунов

В.Н., Шадрина В.В., Орел П.А., Чан Зьем Ньи, Магорина Л.Н., Воронов М.С.,
Фундаментальные исследования и прикладные разработки процессов
переработки и утилизации техногенных образований: труды V Конгресса с
международным участием и Конференции молодых ученых «ТЕХНОГЕН-
2021». – Екатеринбург: УрО РАН, 23-26 ноября 2021 г. – 420 с. – DOI:
10.34923/technogen-ural.2021.20.31.001.

20. № 2631112 RU, Способ получения пластичной кальциевой смазки:
№ 2016144314: заявл. 11.11.2016: опубл. 19.09.2017 / Джабаров Г.В., Сапунов
В.Н., Воронов М.С., [и др.] - заявитель: ФГБОУ ВО "Российский химико-
технологический университет имени Д.И. Менделеева" (РХТУ им. Д.И.
Менделеева) (RU), 2017 МКИ МПК С10М 109/02, С10М 129/08, С10М 129/40

21. № 2754972 С1 RU, МПК С08J 11/04. Способ переработки отходов
полиэтилентерефталата: № 2020131493 : заявл. 24.09.2020 : опубл. 08.09.2021
/ В. Н. Сапунов, М. С. Воронов, Г. В. Джабаров [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО
"Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева".

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным
положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных
работников 2.6.10 Технология органических веществ в части направления
исследований: п. 2 «Разработка физико-химических и технологических основ,
а также аппаратного оформления химических технологий производства
органических веществ, позволяющих решать проблемы энерго- и
ресурсосбережения, экологической безопасности», п. 4 «Разработка
технологий получения мономеров и иных органических полупродуктов для
получения полимерных продуктов», п. 6 «Математическое моделирование и
оптимизация процессов химической технологии органических веществ,
протекающих в отдельных аппаратах, технологических подсистемах и
технологии в целом».

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Джабарова Г.В. является завершённой научно-
квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на

основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Джабарову Г.В.; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», диссертация на тему: «Научные основы переработки твердых отходов полиэфиров» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.10 Технология органических веществ.

Диссертация рассмотрена на заседании кафедры химической технологии основного органического и нефтехимического синтеза Российского химико-технологического синтеза им. Д.И. Менделеева, состоявшемся «07» апреля 2022 года, протокол № 13.

В обсуждении приняли участие заведующий кафедрой д.х.н., профессор Козловский Р.А., д.х.н., профессор Бухаркина Т.В., д.х.н., профессор Сапунов В.Н., к.х.н., доцент Староверов Д.В., к.т.н., доцент Сучков Ю.П., старший преподаватель к.х.н. Воронов М.С.

Принимало участие в голосовании 6 человек. Результаты голосования: «За» – 6 человек, «Против» – 0 человек, воздержались – 0 человек, протокол № 13 от «07» апреля 2022 года.

Председатель заседания
Зав. кафедрой ТОО и НХС



Р.А. Козловский

Секретарь заседания



Д.В. Староверов