



HACETTEPE UNIVERSITY
DEPARTMENT OF CHEMISTRY

7 October 2021

To Whom It May Concern,

Being the Ph.D. supervisor of Mr. Arman Yeszhanov, I am pleased to say that he worked very hard and skillfully carried out numerous experiments during the course of his Ph.D. work. The subject of research is based on the surface modification of poly(ethylene terephthalate) track-etched membranes (PET TeMs) for use in water purification from salts, pesticides and low-level liquid radioactive wastes. The title of this thesis is “Hydrophobization of track-etched membranes based on poly(ethylene terephthalate) for water treatment by membrane distillation”.

Arman performed his research activities in the laboratory engineering profile of the L.N.Gumilyov Eurasian National University and Technological Laboratory of track-etched membranes in Astana branch of the Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan. The scientific and technical infrastructure of these laboratories are adequately equipped with all the necessary instruments to pursue his experimental work. During his Ph.D. studies, Arman Yeszhanov learned working with such devices as Fourier Transform Infrared Spectrometer (ATR-FTIR), UV-vis spectroscopy, goniometer for contact angle measuring. Moreover, for the surface characterization of the obtained samples, scanning electron microscopy (SEM), atomic force microscopy (AFM), X-ray photoelectron microscopy (XPS) and other methods were used by him.

His Ph.D. thesis was comprised of several stages:

- Irradiation of PET film using the DC-60 accelerator at the Astana branch of the Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan with $^{84}\text{Kr}^{15+}$ ions, followed by sensitization and chemical etching.
- Modification of PET TeMs by covalent bonding with various agents (silanes and fluorine-containing agents), photoinitiated graft copolymerization of triethoxyvinylsilane (TEVS), styrene and covering of the membranes with hydrophobic nanoparticles.
- Characterization of the obtained hydrophobic samples by using FTIR spectroscopy, SEM, EDX, XPS, as well as measurements of water the contact angle.

- At the last stage of the PhD thesis, modified samples were tested in the water treatment from salts, low-level liquid radioactive wastes and pesticides by membrane distillation.

Based on the results obtained during his Ph.D. work, several articles (including a review) were published in international peer-reviewed journals that are included in the Scopus and Web of Science databases:

1. A.B.Yezhanov, I.V.Korolkov, S.S.Dosmagambetova, M.V.Zdorovets, O. Güven “Recent progress in the membrane distillation and impact of track-etched membranes”. *Polymers*. 13(15) (2021)
2. M.V.Zdorovets, A.B.Yezhanov, I.V.Korolkov, Y.G.Gorin “Liquid low-level radioactive wastes treatment by using hydrophobized track-etched membrane”, *Prog. Nucl. Energy* 118(2020)
3. A.B.Yezhanov, I.V.Korolkov, Y.G.Gorin “Membrane distillation of pesticide solutions using hydrophobic track-etched membranes”. *Chem. Pap.* 74, 3445–3453 (2020)
4. I.V.Korolkov, A.Kuandykova, A.B.Yezhanov, O.Güven, Y.G.Gorin, M.V.Zdorovets “Modification of PET Ion-Track Membranes by Silica Nanoparticles for Direct Contact Membrane Distillation of Salt Solutions”. *Membranes*. 2020; 10(11):322.
5. I.V.Korolkov, A.B.Yezhanov, M.V.Zdorovets “Modification of PET ion track membranes for membrane distillation of low-level liquid radioactive wastes and salt solutions”, *Sep. Purif. Technol.* 227(2019).

The frame of Ph.D. research of Arman Yezhanov is logically constructed according to the calendar plan, and the target goal was achieved.

Based on my decades long professional experience (supervising 37 Ph.D. and 41 M.Sc.Thesis, more than 380 peer-reviewed scientific papers) I can very confidently say that the PhD dissertation of Arman Yezhanov “Hydrophobization of track-etched membranes based on poly(ethylene terephthalate) for water treatment by membrane distillation” is a complete scientific work satisfying the requirements of a Ph.D. thesis on international level.

He undoubtedly deserves to be awarded the degree of Ph.D.in the specialty 6D060600-Chemistry.



Prof. Dr. Olgun Güven

Department of Chemistry
Hacettepe University
Beytepe, 06800, Ankara, Turkey
Tel: +90-312-297 7977
Fax: +90-312-297 7973
E-mail: guven@hacettepe.edu.tr
Web: www.polymer.hacettepe.edu.tr



Университет Хаджеттепе Факультет Химии

7 октября 2021 года

Для предъявления по месту требования,

Будучи научным консультантом Армана Есжанова, должен отметить, что он проделал отличную работу при написании своего диссертационного исследования. Тема исследования основана на модифицировании поверхности ПЭТФ трековых мембран для использования их в разделении водной от солей, пестицидов и жидких радиоактивных отходов. Название данной диссертации было запланировано следующее: «Гидрофобизация трековых мембран на основе полиэтилентерефталата для очистки водных сред методом мембранной дистилляции».

Выполнение диссертационного исследования велось на базе Астанинского филиала Института ядерной физики технологической лаборатории трековых мембран и Лаборатории инженерного профиля Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева. Научно-техническая база АФ ИЯФ оснащена всеми измерительными приборами, которые необходимы были для проведения экспериментальных работ. В течении обучения в докторантуре Есжанов Арман овладел навыками в применении таких приборов, как ИК-спектроскопия нарушенного полного внутреннего отражения с Фурье-преобразованием, сканирующий электронный микроскоп, УФ-спектроскопия, гониометр для измерения контактного угла смачивания и т.д.

PhD диссертация Есжанова Армана состоит из нескольких этапов:

- Облучение ПЭТФ пленки с помощью ускорителя ДЦ-60 в Астанинском филиале Института ядерной физики Республики Казахстан ионами $^{84}\text{Kr}^{15+}$, с последующим сенсibilизированием и химическим травлением.
- Модификация ПЭТФ трековых мембран путем ковалентного связывания различными агентами (кремний и фторсодержащими мономерами), фотоиницируемой прививочной (со)полимеризации триэтоксивинилсилана (ТЭВС), стирола, а также покрытие ПЭТФ ТМ кремниевыми наночастицами.
- Характеристика полученных гидрофобных образцов путем применения ИК-спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения с Фурье-преобразованием, сканирующего электронного микроскопа, ЭДА, РФЭС, а также измерений контактного угла смачивания.

- На последнем этапе PhD диссертации необходимо было протестировать модифицированные образцы в очистке воды от солей, жидких радиоактивных отходов и пестицидов методом мембранной дистилляции.

По результатам его диссертационной работы были опубликованы несколько статей (в том числе обзорная) в международных рецензируемых журналах, входящих в базу данных Scopus и Web of Science:

1. A.B.Yezhanov, I.V.Korolkov, S.S.Dosmagambetova, M.V.Zdorovets, Güven O. Recent progress in the membrane distillation and impact of track-etched membranes. *Polymers*. 13(15) (2021)
2. I.V.Korolkov, A.B.Yezhanov, M.V.Zdorovets Modification of PET ion track membranes for membrane distillation of low-level liquid radioactive wastes and salt solutions, *Sep. Purif. Technol.* 227(2019).
3. M.V.Zdorovets, A.B.Yezhanov, I.V.Korolkov, Y.G.Gorin Liquid low-level radioactive wastes treatment by using hydrophobized track-etched membrane, *Prog. Nucl. Energy* 118(2020)
4. A.B.Yezhanov, I.V.Korolkov, Y.G.Gorin Membrane distillation of pesticide solutions using hydrophobic track-etched membranes. *Chem. Pap.* 74, 3445–3453 (2020)
5. I.V.Korolkov, A.Kuandykova, A.B.Yezhanov, O.Güven, Y.G.Gorin, M.V.Zdorovets Modification of PET Ion-Track Membranes by Silica Nanoparticles for Direct Contact Membrane Distillation of Salt Solutions. *Membranes*. 2020; 10(11):322.

Диссертационное исследование Есжанова Армана логично выстроено по календарному плану, в ходе выполнения работы достигнута обозначенная цель исследования.



Профессор, доктор Олгун Гювен

Факультет Химии

Университет Хаджеттепе

Бейтепе, 06800, Анкара, Турция

Тел: +90-312-297 7977

Факс: +90-312-297 7973

Эл.почта: Güven@hacettepe.edu.tr

Веб-сайт: web.polymer.hacettepe.edu.tr