

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07108 – «Основные процессы синтеза и производства новых органических и полимерных материалов»

Аязбаева Айгерим Ерлановна

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИАМФОЛИТНЫХ НАНО- И МИКРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ АКРИЛАМИДА

Актуальность работы. Полиамфолиты являются уникальными макромолекулами, содержащими кислотно/основные или анионные/катионные группы в основной или боковой цепях, с помощью которых удается моделировать поведение белков, полипептидов или полинуклеотидов. Полиамфолитные нано- и микрогели представляют собой трехмерные макромолекулярные полимерные сети, набухающие от диспергирующего растворителя.

Стимулчувствительные полиамфолитные нано- и микрогели, которые адекватно реагируют на воздействие таких внешних факторов, как температура, pH, солевой состав, растворитель, электрическое или магнитное поле, световое излучение, представляют собой огромный потенциал для дизайна «умных» материалов в медицине, биотехнологии, нанотехнологии, катализе, нефтяной отрасли, для охраны окружающей среды и др.

Анализ литературных данных свидетельствует, что известные полиамфолитные нано- и микрогели в основном проявляют pH-чувствительный характер. Тогда как сильнозаряженные полиамфолитные нано- и микрогели, содержащие в своем составе гидрофильные и гидрофобные группы – термо- и солечувствительные фрагменты – относятся к недостаточно изученным объектам, особенно в контексте носителей лекарственных препаратов с контролируемым выходом и загущающих агентов нефтедобычи.

Цель исследования заключается в получении и исследовании термо- и солечувствительных: полиамфолитных наногелей из гидрофобного мономера – N-изопропилакриламида (НИПАМ), анионного мономера – натриевой соли 2-акриламидо-2-метил-1-пропансульфоновой кислоты (АМПС), катионного мономера – (3-акриламидопропил) триметиламмоний хлорида (АПТАХ) и полиамфолитных микрогелей из гидрофильного мономера – акриламида (ААм), анионного мономера - натриевой соли 2-акриламидо-2-метилпропансульфоната (АМПС), катионного мономера - 3-акриламидопропилтриметиламмоний хлорида (АПТАХ) для потенциального применения при контролируемой подаче лекарственных препаратов и загущающих агентов при увеличении добычи нефти.

Задачи исследования:

- синтез и исследование полиамфолитных наногелей на основе НИПАМ-АПТАХ-АПМС методом свободно-радикальной полимеризации.
- идентификация и исследование наногелей методами ЯМР и ИК-спектроскопии, СЭМ, динамическим лазерным светорассеянием, дзета-потенциалом, ТГА, ДТА.
- изучение термо- и солечувствительности наногелей, выбор подходящих наногелей для иммобилизации модельных лекарств – красителей анионного типа метилового оранжевого и катионного типа метиленового синего. Изучение кинетики выхода модельных лекарств из матрицы наногеля в зависимости от температуры и солевого состава;
- синтез и исследование полиамфолитных микрогелей на основе ААм-АПТАХ-АПМС, полученных путем эмульсионной полимеризации.
- идентификация и исследование микрогелей методами ИК-спектроскопии, ТЭМ, динамическим лазерным светорассеянием, ТГА, ДТА.
- использование термо- и солечувствительных полиамфолитных микрогелей в экспериментах на кернах и физической модели пласта для оценки нефтевытесняющей (нефтедобывающей) способности в пластовых условиях, при минерализации раствора до 200 г/л.

Объектами исследования являются опытные образцы полиамфолитных наногелей на основе НИПАМ-АПТАХ-АПМС и полиамфолитных микрогелей на основе ААм-АПТАХ-АПМС различного состава.

Предметом исследования является исследование и характеристика полиамфолитных нано- и микрогелей на основе анионных, катионных, гидрофильных и гидрофобных мономеров, изучение их термо- и солечувствительных свойств.

Методы исследования. Для проведения исследований использованы ЯМР, ИК-Фурье и УФ-видимая спектроскопия, сканирующая электронная и трансмиссионная электронная микроскопии, динамическое лазерное светорассеяние, дзета-потенциалы, термогравиметрический и дифференциально-термический анализ.

Научная новизна заключается в получении и исследовании полиамфолитных наногелей на основе НИПАМ-АПТАХ-АПМС и полиамфолитных микрогелей на основе ААм-АПТАХ-АПМС, которые проявляют термо-и солечувствительные свойства; изучении строения, макромолекулярной организации, набухания и коллапса амфотерных нано- и микрогелей в зависимости от состава сополимера, температуры, ионной силы раствора и смеси водно-органических растворителей. Данное исследование позволяет разработать новый класс сшитых структур, реагирующих на различные стимулы.

Научно-практическая и теоретическая значимость исследования заключается в расширении фундаментальных знаний о сшитых полиамфолитных нано- и микрогелях, состоящих из неионогенных и

сильнозаряженных анионных/катионных и гидрофильных/гидрофобных мономеров. Полученные фундаментальные результаты могут быть использованы в медицине, в частности, для термодобролируемого выхода лекарственных препаратов, и в нефтедобыче для увеличения нефтеотдачи пластов. Результаты НИР могут быть рекомендованы отечественным и иностранным компаниям, занятым в области медицины, фармации и нефтедобычи. В национальном масштабе НИР представляет интерес в плане сохранения РК передовой позиции в мире в области синтеза и исследования синтетических полиамфолитов, поднятия престижа казахстанской науки на мировом уровне, развития государственно-частного партнерства, привлечения молодых ученых и специалистов в науку. В международном масштабе результаты НИР представляют интерес для ученых и специалистов, занимающихся теорией полиамфолитов, исследованием растворов полиамфолитов, разработкой термо- и солечувствительных амфотерных нано- и микрогелей.

Основные положения, выносимые на защиту:

- результаты по разработке оптимальных условий синтеза для получения опытных образцов полиамфолитных нано- и микрогелей с требуемыми физико-химическими, физико-механическими, реологическими, термо- и солечувствительными свойствами;
- результаты по идентификации и исследованию нано- и микрогелей методами ЯМР и ИК-спектроскопии, СЭМ, ТЭМ, динамическим лазерным светорассеянием, дзета-потенциалом, ТГА, ДТА;
- результаты по иммобилизации модельных лекарств – красителей анионного типа метилового оранжевого и катионного типа метиленового синего и определению кинетики выхода модельных лекарств из объема наногелей в зависимости от температуры и солевого состава;
- результаты по изучению термо- и солечувствительных свойств полиамфолитных нано- и микрогелей, которые могут быть рекомендованы в качестве загущающих агентов для выравнивания профиля приемистости нефтяных пластов и увеличения нефтедобычи;
- результаты по применению микрогелей на кернах и физической модели пласта для оценки нефтевытесняющей (нефтедобывающей) способности в пластовых условиях.

Связь диссертации с исследованиями и государственными программами. Диссертационная работа проводилась в рамках проектов «Синтез и исследование термо- и солечувствительных полиамфолитных нано- и микрогелей» в период 2020-2022 гг. (ИРН АР08855552) и «Разработка новых термо- и солестойких амфотерных терполимеров для повышения нефтеотдачи» в период 2021-2023 гг. (ИРН АР09260574), финансируемых Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан. Также работа была частично профинансирована за счет программы Евросоюза по исследованиям и инновациям Horizon 2020 (грантовое соглашение 823883-MSCA-RISE-2018 NanoPol).

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на международных научных конференциях: международная научно-практическая конференция «Современные аспекты химической науки и химического образования: теория и практика» (13-14 декабря 2021 г, Алматы, Казахстан), шестнадцатая Санкт-Петербургская конференция молодых ученых с международным участием «Современные проблемы науки о полимерах» (24-27 октября 2022 г, Санкт-Петербург, Россия), XI международная конференция “Times of Polymers (TOP) & Composites” (11-15 июня 2023 г, Неаполь, Италия).

Публикации. Основные результаты исследования изложены в 3 статьях в изданиях из перечня, утвержденных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК, 2 статьях, входящих в базу данных Scopus и Web of Science, 2 инновационных патентах РК, 3 тезисах докладов на международных конференциях.

Статьи в изданиях из перечня, утвержденных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК:

1. Ayazbayeva A.Ye., Shakhvorostov A.V., Seilkhanov T.M., Aseyev V.O., Kudaibergenov S.E. Synthesis and characterization of novel thermo- and salt-sensitive amphoteric terpolymers based on acrylamide derivatives // Bulletin of the University of Karaganda – Chemistry. - 2021. - Vol.104, №4. - P.12-20. doi. 10.31489/2021Ch4/9-20;

2. Ayazbayeva A.Ye., Shakhvorostov A.V., Kudaibergenov S.E. Temperature and Salt Responsivity of Anionic, Cationic and Amphoteric Nanogels Based on N-Isopropylacrylamide, 2-Acrylamido-2-Methyl-1-Propanesulfonic Acid Sodium Salt and (3-Acrylamidopropyl) Trimethylammonium Chloride // Bulletin of the University of Karaganda – Chemistry. — 2022. - Vol.108, №4. - P. 14-24. doi.10.31489/2022Ch4/4-22-15;

3. Ayazbayeva A.Ye., Nauryzova S.Z., Aseyev V.O., Shakhvorostov A.V. Immobilization of Methyl Orange and Methylene Blue within the Matrix of Charge-Imbalanced Amphoteric Nanogels and Study of Dye Release Kinetics as a Function of Temperature and Ionic Strength // Bulletin of the University of Karaganda-Chemistry. - 2022. - Vol.107, №3. - P. 127-140. doi.10.31489/2022Ch3/3-22-4.

Статьи, входящие в базы данных Scopus и Web of Science:

1. Ayazbayeva A.Y., Shakhvorostov A.V., Gussenov I.S., Seilkhanov T.M., Aseyev V.O., Kudaibergenov S.E. Temperature and Salt Responsive Amphoteric Nanogels Based on N-Isopropylacrylamide, 2-Acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic Acid Sodium Salt and (3-Acrylamidopropyl)Trimethylammonium Chloride // Nanomaterials — 2022. — Vol.12. — 2343. doi.10.3390/nano12142343;

2. Ayazbayeva A., Baddam V., Shakhvorostov A., Gussenov I., Aseyev V., Yermagambetov M., Kudaibergenov S. Amphoteric nano- and microgels with acrylamide backbone for potential application in oil recovery // Polymers for advanced technologies. - 2023. doi.10.1002/pat.6182.

Патенты РК на полезные модели:

1. Pat.№7008 Kazakhstan. C08F 8/00 B82B 1/00. Polyampholytic nanogel for thermo- and salt-sensitive materials (options) and method for production thereof / S. Kudaibergenov, A.V. Shakhvorostov, A.Ye.Ayazbayeva, G.M. Kudaibergenova; applicant and patentee Institute of Polymer Materials and Technology. 09.11.2021;
2. Pat.№8346 Kazakhstan. Polyampholite microgel for production of a thickening agent / S. Kudaibergenov, A.V. Shakhvorostov, A.Ye.Ayazbayeva; applicant and patentee Institute of Polymer Materials and Technology. 28.07.2023.

Вклад докторанта в подготовку каждой публикации.

Основные материалы диссертационной работы опубликованы в научных изданиях в виде 5 научных статей. При подготовке каждой публикации Аязбаева А.Е. провела следующие работы: концептуализация, сбор и проверка необходимой литературы, методология, проведение всех экспериментов и исследований, независимый сбор данных, обработка, анализ и интерпретация результатов, написание и подготовка первоначального варианта статьи, подготовка ответов на замечания рецензентов, дальнейшая доработка и редактирование до полного принятия статьи к публикации. Во всех 5 опубликованных статьях, докторант являлся первым автором и автором-корреспондентом, отвечающим за коммуникацию с редакцией касательно всех публикационных вопросов.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 109 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка использованной литературы из 146 наименований, содержит 70 рисунков, 27 таблиц.