

УДК 661.185:547.243

СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ ОКСИПРОПИЛИРОВАННЫХ АМИНОВ

Ф. Мамедзаде

(Институт нефтехимических процессов им. акад. Ю.Г. Мамедалиева Национальной академии наук Азербайджана (НАНА); e-mail: fidan.m.deh@gmail.com)

Представлены способы получения оксипропилированных аминов и их применения в разных областях. Описано успешное использование продуктов оксипропилирования аминов в качестве присадок к маслам, поверхностно-активных веществ, ингибиторов коррозии, стабилизирующих добавок к полимерным смесям и т.д. Рассмотрена их эффективность в качестве нефтесобирающих и нефтесепараторных реагентов при ликвидации последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на поверхности воды.

Ключевые слова: оксипропилаты, оксиалкилированные амины, поверхностно-активные реагенты, нефтесобирающие и нефтесепараторные соединения, стабилизаторы.

Продукты взаимодействия органических соединений, содержащих аминные фрагменты, с эпоксидами широко применяются во многих отраслях промышленности и народного хозяйства. Особое внимание уделяется оксипропилированным аминам, представляющим интерес в фармацевтической промышленности в качестве поверхностно-активных веществ (ПАВ), присадок к топливам, антикоррозионных присадок к моторным маслам, стабилизаторов резиновых смесей [1], компонентов противообледенительных жидкостей [2] и т.д.

Оксипропилированные амины в качестве присадок

В целях испытания оксипропилированных аминов в качестве присадок различного назначения к маслам проведен ряд исследований в области синтеза этих соединений. В патенте [3] описан процесс оксипропилирования бензогуанамина в смеси с моноалкил(C_8-C_{12})фенолами в автоклавной системе при мольном соотношении бензогуанамина, моноалкилфенолов и оксида пропилена, равном (0,25–0,40):1:1,25, и температуре 160–180 °С. Продолжительность процесса составляет 2–3 ч.

Каталитическое взаимодействие бензогуанамина с оксидом пропилена исследовано как отдельно [4], так и в присутствии фенольных соединений [5]. В ряду катализаторов основного характера максимальная конверсия оксида пропилена (93,6–98,9%) достигается при использовании КОН, тогда как в присутствии триэтиламина конверсия не превышает 45%, а в отсутствие катализатора составляет 40–45%. Вы-

явлено положительное влияние оксипропилатов бензогуанамина, полученных при мольном соотношении аминного компонента к эпоксиду 1:5, на вязкостно-температурные характеристики базового моторного масла [6]. Индекс вязкости масла марки М-8 повышается от 71 до 105 при добавлении оксипропилата бензогуанамина в количестве 1–3% от массы масла, и до 118 при добавлении 5% (ГОСТ 25371-82).

В работе [7] изучены антикоррозионные и антиокислительные свойства азотсодержащих оксипропилатов фенола и его производных – моноалкил(C_8-C_{12})фенолов – в базовом моторном масле. В присутствии оксипропилатов бензогуанамина, а также продуктов оксипропилирования последнего совместно с фенольными соединениями достигается высокая термическая стабильность масла, а также снижается коррозионная активность. Антиокислительные свойства моторного масла марки М-8 определены с помощью прибора «ДК-НАМИ», согласно ГОСТ 11063-77. Анализы проведены с добавлением в базовое масло 2,4 мас.% 50%-го раствора олигомера. В этом случае осадок при термическом окислении составляет для оптимального образца 0,068%, при этом кинематическая вязкость после окисления увеличивается всего на 10%. Аналогично проведены исследования по изучению антикоррозионных свойств синтезированных олигомеров, согласно ГОСТ 20502-75. Удалось достичь уменьшения коррозии в том же моторном масле на 52% при использовании в качестве присадок оксипропилатов бензогуанамина.

Продолжением исследований в этой области стало определение антимикробных свойств

продуктов оксипропилирования бензогуанамина в присутствии фенольных соединений [8]. Анализы проведены с использованием смесей двух штаммов бактерий (*Pseudomonas aeruginosa* и *Mycobacterium lacticola*), а также пяти видов плесневых грибов (*Aspergillus niger*, *Cladosporium resinae*, *Penicillium chrysogenum*, *Chaetomium globosum*, *Trichoderma viride*). Зона угнетения бактерий (смесь двух видов) при добавлении олигомера в количестве 0,5 и 1% от массы промышленного масла марки И-40 составляет 1 и 2,1 см соответственно. Зона угнетения грибов (смесь пяти видов) при аналогичных расходах олигомера составляет 1,3 и 3,0 см соответственно, в то время как исключение испытуемого образца приводит к интенсивному росту микроорганизмов (ГОСТ 9.052-88, 9.082-77). Результаты испытаний 8-оксихинолина, выбранного в качестве стандартного образца присадок, показали рост бактерий и значительно низкие данные фунгицидных свойств в сравнении с оксипропилатами.

**Оксипропилированные амины в качестве
поверхностно-активных веществ.
Нефтесобирающие и нефтедиспергирующие
соединения**

Аминные оксипропилаты с поверхностно-активными показателями также способны уничтожать бактерии. Высокими антибактериальными свойствами в отношении как грам-отрицательных бактерий *Escherichia coli*, так и грамположительных бактерий *Staphylococcus aureus* обладают оксипропилированные четвертичные аммониевые ПАВ с двумя или шестью эпоксидными фрагментами [9]. Изучено их мицеллообразование в водно-спиртовой смеси (обратимое и необратимое). Влияние оксипропиленовых фрагментов на мицеллообразующие свойства исследовано с помощью физических методов анализа, таких как УФ-спектроскопия, динамическое рассеяние света и т.д. ПАВ подобного состава обладают вдобавок и антистатической активностью.

Следует отметить, что аналогичные свойства характерны и для оксиэтилированных аминов, которые мало описаны в литературных источниках. Протонируясь в кислых средах, они проявляют антистатические, бактерицидные, антикоррозионные и др. свойства катионных ПАВ. В связи с этим они могут быть использованы как смачиватели, эмульгаторы, диспергаторы, ингибиторы коррозии, антистатики и бактерициды [10, 11]. Неионогенные ПАВ были получены взаимодействием аминов жирного ряда, в том

числе лауриламины, стеариламины, олеиламины, а также вторичных аминов (например, дикоко-амина) и диаминов с окисью этилена. О начале реакции судят по повышению температуры и снижению давления в системе, раскрытие кольца происходит при 150–170 °С. Типичное аминное число этих ПАВ колеблется в пределах 80–250 мг КОН/г вещества.

Оксиэтилированные амины представляют интерес также в качестве электроактивных веществ. Примером может служить разработанный Е.Б. Окаевым метод получения этоксилированных высоколипофильных четвертичных аммониевых солей [12], включающий несколько стадий: алкилирование метилгаллата додецилбромидом, восстановление сложноэфирной группы, этоксилирование, хлорирование и кватернизацию галогенпроизводного третичным амином. В результате получены соли со свойствами ионных жидкостей, которые являются перспективными компонентами мембран ионоселективных электродов.

Вследствие стремительного развития нефтяной промышленности возрастает потребность в ПАВ [13–17] для сбора нефтяных пятен с поверхностей морей, рек и т.д., среди которых немало реагентов на эпоксидной основе. Для ликвидации с водной поверхности тонких нефтяных пленок, являющихся последствием аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, применяются нефтесобирающие и нефтедиспергирующие реагенты подобного состава. Изучены их физико-химические и коллоидно-химические показатели, а также нефтесобирающие и нефтедиспергирующие свойства.

Путем взаимодействия этилендиамина с оксидом пропиленом был синтезирован N,N'-бис(2-гидроксипропил)этилендиамин [18, 19]. На второй стадии в результате реакции полученного аминспирта с высшими карбоновыми кислотами (C₁₄, C₁₆–C₁₈) [18] и алкилйодидами [19] получены димерные (гемини) ПАВ, обладающие высоким поверхностным давлением и удельной электропроводностью, хорошей смачивающей способностью и другими важными показателями. Выявлена высокая нефтесобирающая способность органической соли на основе N,N'-бис(2-гидроксипропил)этилендиамина и пальмитиновой кислоты в морской воде с коэффициентом нефтесобирания 13,4 для чистого вещества и 17,4 для его 5%-го водного раствора.

В результате реакции гексаметилендиамина с оксидом пропиленом получены N,N,N,N'-тетра-(пропан-2-олил)-1,6-гексадиамин [20] и N,N'-

ди-(пропан-2-олил)-1,6-гексадиамин [21], дальнейшее взаимодействие которых с насыщенными и ненасыщенными кислотами жирного ряда (каприновой, лауриловой, миристиновой, пальмитиновой, стеариновой, олеиновой) позволило получить димерные ПАВ нового класса. Синтезированные ПАВ с пальмитиновыми и стеариновыми кислотными фрагментами показали довольно высокую стабильность пены и эмульсии в водной среде. Соединения на основе миристиновой кислоты демонстрируют снижение поверхностного натяжения до показателей коммерческих фторированных ПАВ.

Путем оксипропилирования комплексов на основе пальмитиновой кислоты и моноэтаноламина (МЭА) или триэтилтетрамина (ТЭТА) [22], а также на основе олеиновой кислоты и этилендиамина (ЭДА) или ТЭТА [23] при мольном соотношении комплексов к оксиду пропилена 1:(1–3) получен новый ряд ПАВ. Процесс осуществляли в нагреваемом на песчаной бане автоклаве при температуре 120–130 °С в течение 25–30 ч с высокой конверсией оксида пропилена, равной 90,5–94,0%. Исследованы поверхностные свойства полученных веществ, такие как критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), минимальная площадь поверхности (A_{\min}), избыточная поверхностная концентрация (Γ_{\max}) и др., а также с помощью Фурье-спектроскопии и C^{13} -, H^1 -, ЯМР-спектроскопии подтверждена их структура. Оксипропилированные комплексы продемонстрировали эффективность в качестве нефтесобирающего реагента на поверхности пресной и морской воды: $K_d = 91,1$ – $95,5\%$, $\tau = 4$ – 100 ч.

Путем взаимодействия алкиламинов (октиламина, нониламина, додециламина, гексадециламина и октадециламина) с оксидом пропилена (в мольном соотношении 1:1 и 1:2) синтезированы ПАВ с высокими коллоидно-химическими показателями [24]. Последующей реакцией додецилопропилоламина (полученного на основе додециламина и оксида пропилена) с разными кислотами (HCl, HBr, уксусной и пропионовой) и алкилгалогенидами (йодистый метил, этилбромид и *n*-пропилбромид) получены ионные ПАВ, изучена их способность к нефтесобиранию и нефтесепарированию [25]. Следует отметить, что введение алкокси-групп в состав алкиламинов приводит к получению ценных продуктов различного назначения: вспомогательных агентов в текстильной промышленности, активаторов для пестицидов, загустителей для кислотных реагентов, антистатических материалов, а

также моющих, смазочных и противоизносных присадок.

Четвертичные аммониевые соли, полученные взаимодействием алкиламинов (октиламина, нониламина, додециламина и гексадециламина) с оксидом пропилена в мольном соотношении 1:2 и последующей реакцией с 2-хлорэтанолом, также демонстрируют высокую поверхностную активность и нефтесобирающие свойства [26]. ПАВ на основе додециламина, оксида пропилена и 2-хлорэтана проявляет самую высокую способность к сбору нефти. В работе [27] оксипропилированию подвергали нониламин, октадециламин и аминоксиды, полученные из фракции жирных кислот льняного масла. Как показали тензиометрические исследования, нонилизопропилоламин обладает более высокой поверхностной активностью, чем октадецилопропилоламин, понижая поверхностное натяжение на границе воздух – жидкость с 72,0 до 24,1 мН/м при концентрации 5,0 мас.%. Максимальное значение коэффициента нефтесобирания (K_{\max}) обнаружено у оксипропилат аминоксида. Для чистого вещества K_{\max} составляет 30,4 в трех типах воды (дистиллированной, пресной и морской). При использовании 5%-го водного раствора реагента в течение 25–169 ч коэффициент нефтесобирания в пресной воде не меняется ($K_{\max} = 30,4$); для морской воды этот показатель оказался более низким (20,3), а для дистиллированной воды более высоким (40,5) по сравнению с использованием чистого вещества. Но улучшение нефтесобирания по истечении 169 ч (~7 суток) и стабильность собранного нефтяного пятна в течение 12 суток свидетельствуют о высокой эффективности предложенного реагента. Испытания проводили с использованием нефти Раманинского происхождения Азербайджана.

Хорошую нефтесобирающую способность в морской и пресной воде продемонстрировали также маслорастворимые олигомеры на основе бензогуанамина, оксида пропилена, моноалкил(C_8 – C_{12})фенолов в присутствии полипропиленгликолей [28]. Максимальное значение K_{\max} этих соединений в морской воде составило 13,44, оставаясь неизменным более 8 суток. В пресной воде это значение было более низким ($K_{\max} = 9,18$), но стабильным. Олигомеры, содержащие алкилфенолы (без аминных соединений) оказались менее эффективными, так же как аминные и фенольноаминные оксипропилаты, что показало эффективность действия алкильных и аминных групп при их одновременном присутствии в составе олигомерных макромолекул.

В целях получения нового ряда оксипропилированных азотсодержащих соединений проведены исследования по синтезу продуктов олигомеризации оксида пропилена с имидазолинами, полученными на основе дистиллированных природных нефтяных кислот и полиэтиленполиаминов [29]. Методом ИК-спектроскопии идентифицирована структура синтезированных олигомерных продуктов, подтверждено раскрытие эпоксидных циклов, рост цепи и присоединение аминных фрагментов. Проведены исследования по изучению их свойств и пригодности применения в качестве нефтесобирающих и нефтеспергирующих реагентов.

Путем взаимодействия алкиламинов (октиламина, нониламина, додециламина, гексадециламина, октадециламина) с эпихлоргидрином [30, 31] можно получить соединения похожей структуры и с аналогичными эксплуатационными свойствами, как и при реакции с оксидом пропилена. Методами ИК- и ПМР-спектроскопии идентифицирована структура синтезированных соединений. Их применение снижает поверхностное натяжение на границе фаз воздух – вода от 72,5 до 26,0 мН/м при 20 °С. Они демонстрируют высокую эффективность: кратность собирания нефтяной пленки толщиной 0,17 нм составляет 30,4 при времени удерживания более 8 суток.

Стабилизирующие добавки к полимерным материалам на основе оксипропилированных аминов

Одно из направлений применения оксипропилированных аминов – стабилизация полимеров, направленная на борьбу с их старением под воздействием различных факторов окружающей среды (свет, кислород, озон и т.д.), которые приводят к ухудшению эксплуатационных характеристик. Проблема стабилизации считается одной из важнейших в области химии полимеров, и поиск эффективных стабилизирующих добавок сохраняет актуальность по сей день [32]. Представляет интерес разработка технологии получения функционализированных простых полиэфиров на основе процессов полимеризации оксида пропилена на щелочных спиртах ароматических аминспиртов. Ряд работ посвящен получению соединений подобного состава, в частности оксипропилированных ароматических аминов, рекомендуемых к широкому применению в качестве добавок к полимерным смесям в целях стабилизации их эксплуатационных и технологических свойств.

Описано [33] получение оксипропилированных ароматических аминов данного назначения при мольном соотношении амина, оксида и пропилена, равном 1:(1–6), различных температурных условиях процесса (80, 100, 120, 140 °С) и времени проведения реакции от 10 до 120 мин. Методом протонного ядерно-магнитного резонанса идентифицирована их структура.

Известен способ получения аминного антиоксиданта на основе β-оксипропилированного 4-аминодифениламина для стабилизации стереорегулярного полиизопренового каучука. Процесс взаимодействия происходит при температуре $100 \pm 0,5$ °С в металлическом реакторе идеального смешения изотермического типа при мольном соотношении амина и оксида пропилена, равном 1,0:1,1 [34]. Несмотря на малую активность при ингибировании механодеструкции каучука, оксипропилированные производные *n*-аминодифениламина эффективны для защиты от термоокислительного старения. При этом увеличение степени оксипропилирования усиливает эффект защиты полимерного материала.

В работе [35] изложены результаты исследования синтезированного оксипропилированного *n*-фенилендиамина в качестве стабилизаторов шинных резин. По результатам испытаний двух образцов для протектора и брекера, пластозластические и физико-механические свойства шинных резин с использованием оксипропилированного *n*-фенилендиамина и промышленного стабилизатора Santoflex 6PPD приблизительно одинаковы. Кинетика термоокислительного старения показывает тенденцию к улучшению результатов при больших сроках хранения испытуемых резин в случае добавления синтезированного оксипропилирата. Удовлетворительные результаты для брекерных резин получены и при озонном старении.

Озонное старение – один из ключевых этапов старения полимерного изделия, в частности резины. Изучение механизма реакции озона с новыми классами антиозонантов, в ряд которых входят оксипропилированные ароматические амины, находится в центре внимания.

В [36] проведено исследование влияние степени оксипропилирования ароматических аминов на их реакционную способность с озоном, при этом установлено, что увеличение молекулярной массы положительно отражается на скорости взаимодействия с озоном. По мнению автора, это связано с тем, что при увеличении длины оксипропиленовой цепи увеличивается также число эфирных групп, которые, как и азот в NH-группе, принимают участие в

реакции с озоном. Самым реакционноспособным оказался рекомендуемый в качестве стабилизатора оксипропилированный анилин марки А-20 со степенью оксипропилирования 20 (константа скорости реакции взаимодействия с озоном $k_{эф.} = 9,9 \cdot 10^6$ л/моль·с). Следует отметить возможность регулирования степени оксипропилирования, например в процессе синтеза алкоксилированных алкиламинов с узким молекулярно-массовым распределением, способ получения которых представлен в [37]. В этом случае на первой стадии реакция первичного алкиламина и алкиленоксида протекает при температуре 150–190 °С, затем происходит взаимодействие полученного продукта с дополнительным числом молей эпоксидного соединения в присутствии катализатора, содержащего многозарядный противоион.

В работе [38] наблюдается противоположная зависимость от длины оксипропиленовой цепи, так как ее увеличение приводит к снижению ингибирующей способности оксипропилированного анилина в процессе окисления. За модельную реакцию принято окисление этилбензола. Стабилизатор марки А-3 со степенью оксипропилирования $n = 3$ проявил более высокую эффективность в качестве ингибитора и рекомендован для применения в промышленности.

Методом ИК-спектроскопии идентифицирована структура монооксипропилированного анилина (МОПА). Определены такие физико-химические свойства, как плотность ($1,057$ г/см³), кинематическая вязкость и ее зависимость от температуры [39]. Термические свойства МОПА изучены методом дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) [40], с помощью которого определены температура фазового перехода ($256,52$ °С) и энтальпия ($-5,47$ кДж·моль⁻¹). Этот метод, основанный на регистрации разницы тепловых потоков в зависимости от температуры и времени, позволяет изучать термические процессы, а также идентифицировать и сравнивать материалы.

Использование МОПА, благодаря ингибирующим свойствам этого вещества, позволяет повысить клейкость резиновых смесей, увеличить стойкость при воздействии высокой температуры и окислителей, а также повысить их адгезионные свойства к различным поверхностям.

МОПА может служить стартовым веществом для получения полиоксипропилированных ароматических аминов методом анионной полимеризации. Для достижения эффективности полиоксипропилированных ароматических аминов

в качестве антиокислителей и антиозонантов важно при их синтезе сохранить содержащие «подвижный» атом водорода вторичные аминные группы, которые являются типичными «ловушками» пероксидных радикалов [41]. В противном случае сформированные третичные аминные структуры не будут обладать антиокислительными свойствами.

Работа [42] посвящена хроматографическому исследованию реакционной смеси в процессе синтеза МОПА, рекомендуемого в качестве ингредиента для вулканизатов, а также для получения каталитических систем, используемых в производстве стабилизаторов резиновых смесей, которые эффективно защищают их от различных видов старения, таких как усталостное разрушение, озонное растрескивание, термоокислительная деструкция, абразивный износ и т.д.

В работе [43] выход N,N-диоксипропилированного анилина, полученного при мольном соотношении анилина и оксида пропилена, равном 1:2, и температуре 100 °С, составил 90%. Содержание моно- и диоксипропилированного амина в смеси зависит как от мольного соотношения компонентов, так и от условий проведения процесса, причем при избытке оксида пропилена получается преимущественно N,N-диоксипропилированный анилин.

Разработана технология получения простых полиэфиров полимеризацией оксида пропилена, где в качестве катализатора применяли каталитические комплексы на основе щелочных (калиевых) алкоголятов оксипропилированного анилина [44]. Как процесс получения катализатора, так и полимеризация оксида пропилена описаны в принципиальной технологической схеме, где достигаются полное превращение оксида пропилена и постоянство температуры с помощью отвода тепла. Следует отметить эффективность некоторых алкоголятов оксипропилированных ароматических аминов в качестве модификаторов микроструктуры бутадиен-стирольных каучуков.

Методом ЯМР-спектроскопии определены структура и состав продуктов полимеризации оксида пропилена в присутствии щелочного алкоголята оксипропилированного анилина [45, 46]. Выявлено сохранение вторичной аминной группы при анионной полимеризации оксида пропилена. Синтезированные полиоксипропилированные щелочные алкоголяты анилина могут быть рекомендованы в качестве стабилизаторов каучуков.

В целях создания стабилизаторов аминного типа российского производства смоделирована и разработана технология получения оксипропилированного *n*-толуидина производительностью 1500 кг/ч [47, 48], составлены материальные и тепловые балансы установки, рассчитаны расходные коэффициенты и удельные энергетические затраты на сырье. Оптимальное мольное соотношение толуидина и оксида пропилена, при котором достигаются достаточно высокие технико-экономические показатели при допустимых энергозатратах, составило (1,0–1,2):1. Конверсия оксида пропилена составила 100%, конверсия *n*-толуидина – 65,4%, селективность образования монооксипропилированного *n*-толуидина – 72,48%, удельные энергозатраты – 1,87 кВт/кг.

Строение оксипропилированного *n*-толуидина изучено ИК-спектроскопическим и хроматографическим методами анализа [49]. В ИК-спектре *N*-оксипропилированного *n*-толуидина зафиксирована одна широкая интенсивная полоса поглощения в диапазоне 3200–3400 см⁻¹, соответствующая вторичным аминным фрагментам. Методом газовой хроматографии изучены как моно-, так и диоксипропилированный *n*-толуидин.

Изучены структура и изомерный состав продуктов оксипропилирования ксилидинов на примере 2,6-диметиланилина методами ЯМР-и масс-спектрометрии [50, 51]. Предложенная схема является общей для всех процессов β-оксипропилирования ароматических аминов и показывает варианты частичного или полного замещения водородных атомов аминных групп.

Показаны общие закономерности распада молекул в результате электронного удара. Установлено, что первым актом при электронном ударе является выброс этокси- и метокси-ион-радикалов, следовательно, можно утверждать, что алкилирующим агентом служит оксид пропилена. Технологическая схема получения ксилидинов разработана и смоделирована в работе [52].

Как видно из представленного обзора, синтез и применение оксиалкилированных, в частности оксипропилированных аминопроизводных, представляет интерес как с теоретической, так и с практической точки зрения. Области применения соединений подобного состава достаточно разнообразны, чему способствуют их структурные особенности, наличие групп и фрагментов полярного и неполярного характера. В ряду эксплуатационных назначений, освещенных в предлагаемом обзоре, следует отметить эффективность синтезированных аминных оксипропилатов в качестве ПАВ, нефтесобирающих, нефтисепараторных реагентов, антибактериальных, антистатических материалов, противозносных присадок к маслам, стабилизаторов для полимерных составов и т.д.

С учетом вышеизложенного можно утверждать, что потребность в данных материалах определяет перспективность исследований, а также актуальность поиска новых способов их получения и синтеза соединений аналогичного состава.

Конфликта интересов нет.

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саундерс Дж.Х., Фриш К.К. Химия полиуретанов. М., 1968.
2. Мингазов Р.Р., Баширцева Н.Ю., Овчинникова Ю.С., Куряшов Д.А., Сладовская О.Ю., Рахматуллин Р.Р. // Вестн. Технологического ун-та. 2015. Т. 18. № 6. С. 85.
3. Амрасланова М.Н., Абдуллаев Я.Г., Рустамов Р.А., Касумзаде Э.А., Аскерова А.С., Абдуллаев Б.И. Способ получения азотсодержащих моноалкилфенольных олигомеров. Пат. Азербайджана. № 1. 20110060 (2011).
4. Амрасланова М.Н., Рустамов Р.А., Мустафаев А.М., Рзаев А.Х., Зейналлы С.М. Олигомер 1,3-диамин-5-фенил-2,4,6-триазина с оксидом пропилена в качестве многофункциональной присадки к моторным и промышленным маслам. Пат. Азербайджана. № 1. 20160065 (2016).
5. Amiraslanova M.N., Abdullaev Y.G., Rustamov R.A., Rzaev A.H., Alieva N.M. // Мат-лы азербайджано-российского международного симпозиума на тему «Нефтехимия и катализ в решении проблем нефтепереработки», 28–30 сентября, 2010. С. 127.
6. Amiraslanova M.N., Abdullaev Ya.G., Guseinova G.A., Alieva N.M., Rustamov R.A., Mustafayev A.M. // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2011. Vol. 47. N 5. P. 399.
7. Amiraslanova M.N., Abdullaev Ya.G., Seidov N.M., Rustamov R.A., Mustafayev A.M. // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2014. Vol. 50. P. 207.
8. Amiraslanova M.N., Seidov N.M., Mamedova P.Sh., Kullieva D.M., Rustamov R.A. // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2014. Vol. 50. N 4. P. 281.
9. Yongqiang Sun, Chao Wang, Wanxu Wang, Xiuquan Yang, Martino Di Serio, Lifei Zhi // J. Surfactants and Detergents. 2016. Vol. 19. P. 543.
10. Меркулов Д.А. Оксипропилированные амины // Сырье и упаковка. 2014. Т. 157. № 7. С. 36.
11. Богданова С.А., Шапкина О.Р., Барабанов В.П., Стоянов О.В. // Вестн. Казанского технологического университета. 2011. № 15. С. 90.
12. Окаев Е.Б. // Вести Национальной академии наук Белоруссии. Сер. химических наук. 2017. № 3. С. 53.

13. Асадов З.Г., Саламова Н.В., Рагимов Р.А., Ахмедбекова С.Ф. Получение и свойства аминокмидов на основе триглицеридов говяжьего жира и их фосфатных модификатов // Вестн. ВГУ. Сер. Химия. Биология. Фармация. 2014. № 4. С. 12.
14. Сафина Л.Р., Харлампиди Х.Э., Сафин Д.Х. // Вестн. Казанского технологического университета. 2013. Т. 6. № 3. С. 132.
15. Мукминова И.Р., Ващенко А.В., Прочухан К.Ю., Прочухан Ю.А. // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. № 3. С. 434.
16. Ahmed H. Tantawy, Hany I. Mohamed, Ahmed A. Khalil, Kaouser A. Hebash, Mahmoud Z. Basyouni // J. Molecular Liquids. 2017. Vol. 236. P. 376.
17. Zarbaliyeva I.A. // Chemical Problems. 2018. N 3 (16). P. 351.
18. Рагимов Р.А., Исаева А.М. // Мат-лы конф. «Химическая технология и перспективы инновационного развития инженерии», посвященная 70-летию юбилею города Сумгаит, 28–29 ноября, 2019. С. 103.
19. Рагимов Р.А., Гашишзаде С.З.Ф., Асадов З.Г., Ахмедова Г.А. // Экологическая химия, 2019. Т. 28. № 3. С. 147.
20. Hasanov E.E., Rahimov R.A., Abdullayev Y., Asadov Z.H., Ahmadova G.A. at al. // J. Industrial and Engineering Chemistry. 2020. Vol. 86. P. 123.
21. Hasanov E.E., Rahimov R.A., Abdullayev Y., Asadov Z.H., Ahmadova G.A. at al. // J. Molecular Liquids. 2020. Vol. 318, 14 august, 114050, online access.
22. Asadov Z.H., Tantawy A.H., Zarbaliyeva I.A., Rahimov R.A. // Egyptian J. Petroleum. 2013. Vol. N 2. P. 261.
23. Tantawy A.H., Asadov Z.H., Azizov A.H., Rahimov R.A., Zarbaliyeva I.A. // Arabian Journal for Science and Engineering. 2014. Vol. 39. P. 5437.
24. Asadov Z.H., Rahimov R.A., Mammadova Kh.A., Ahmadova G.A., Ahmadbayova S.F. // Tenside Surfactants Detergents. 2015. Vol. 52. N 4. P. 287.
25. Asadov Z.H., Rahimov R.A., Mammadova Kh.A., Gurbanov A.V., Ahmadova G.A. // J. Surfactants and Detergents. 2016. Vol. 19. N 1. P. 145.
26. Asadov Z.H., Ahmadova G.A., Rahimov R.A., Abilova A.Z., Zargarova S.H., Zubkov F.I. // J. Surfactants and Detergents. 2018. T. 21. N 2. P. 247.
27. Asadov Z.H., Zarbaliyeva I.A., Zargarova S.H. // Chemical problems. N 1. 2017. P. 44.
28. Амирасланова М.Н., Сеидов Н.М., Алиева Н.М., Рустамов Р.А., Мустафаев А.М., Рзаев А.Х. // Мир нефтепродуктов. Вестн. нефтяных компаний. 2013. № 5. С. 32.
29. Mammadzade F.A. // 9th Rostocker International Conference: “Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics”, Rostock, Germany, 15 October, 2020. P.88
30. Асадов З.Г., Ахмедова Г.А., Мамедова Х.А., Рагимов Р.А., Векилова Ф.М. // 2nd International Conference on Energy, Regional Integration and Socio-Economic Development, 1–3 October, 2014.
31. Асадов З.Г., Ахмедова Г.А., Мамедова Х.А., Рагимов Р.А., Векилова Ф.М. // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт, 2014. № 5. С. 40.
32. Берлин А.А., Басс С.И. // Старение и стабилизация полимеров. М., 1966.
33. Очиллов М., Шоназарова Ш.И. // Вестн. науки и образования. 2020. № 11 (89). Ч. 2. С. 21.
34. Ионова Н.И., Земский Д.Н. // Химическая промышленность сегодня. 2012. № 1. С. 12.
35. Дорофеев А.Н., Земский Д.Н. // Каучук и резина. 2016. № 5. С. 30.
36. Дорофеев А.Н. // Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы взаимодействия науки и общества», г. Новосибирск, 5 февраля, 2018. С. 13.
37. Нгуйен Дж.В., Рэгенс Дж.А., Нгуйен Ха К.Д., Дэвис Ч.В. Способ получения алкоксилированных алкиламинов/алкиловых эфиров аминов с узким распределением. Пат. RU 2460720С2 (Россия), 2012.
38. Дорофеев А.Н., Мифтахова Н.И. // Междунар. науч.-практ. конф. «Научные революции: сущность и роль в развитии науки и техники», 20 января, 2018. С. 40.
39. Павлова А.Ю., Гуничева С.С., Линькова Т.С. // XVII науч.-практ. конф. «Наука и образование. Отечественный и зарубежный опыт», Белгород, 18 февраля, 2019. С. 31.
40. Павлова А.Ю., Гуничева С.С., Линькова Т.С. // Вестн. современных исследований, 2019. № 1.3 (28). С. 138.
41. Чиркова Ю.Н., Дорофеев А.Н. // Вестн. технологического университета. 2019. Т. 22. № 2. С. 28.
42. Ерычев М.А. // Сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. «Наука и современное общество: Актуальные вопросы, достижения и инновации», 10 января, 2020. С. 132.
43. Зиятдинов Д.К. // III Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования», Пенза, 23 декабря, 2018. С. 35.
44. Цыплёнков С.Е., Линькова Т.С. // Вестн. современных исследований. 2019. № 22 (29). С. 33.
45. Яруллин И.И., Земский Д.Н., Линькова Т.С. // Вестн. современных исследований. 2019, № 1.12 (28). С. 40.
46. Яруллин И.И., Земский Д.Н., Линькова Т.С. // Вестн. современных исследований. 2019. № 1.12 (28). С. 43.
47. Тихонова С.С., Линькова Т.С. // Вестн. технологического ун-та. 2017. Т. 20. № 8. С. 61.
48. Тихонова С.С., Линькова Т.С. // Науч.-практ. конф. «Экология, ресурсосбережение и охрана окружающей среды на предприятиях нефтехимии и нефтепереработки», г. Нижнекамск, 19 мая, 2017. Т. 2. С. 75.
49. Тихонова С.С., Линькова Т.С. // Науч.-практ. конф. «Экология, ресурсосбережение и охрана окружающей среды на предприятиях нефтехимии и нефтепереработки», г. Нижнекамск, 19 мая, 2017. Т. 2. С. 71.
50. Линькова Т.С., Земский Д.Н., Курлянд С.К. // Вестн. Казанского технологического ун-та. 2014. Т. 17. № 18. С. 146.
51. Линькова Т.С., Земский Д.Н., Хабибрахманова О.В., Хаммадиев И.Р. // Вестн. современных исследований. 2019. № 1.7 (28). С. 94.
52. Соловьева Л.Д., Линькова Т.С. Технология оксипропилирования ксилидинов // Вестн. современных исследований. 2019. № 22 (29). С. 30.

SYNTHESIS AND APPLICATION OF OXYPROPYLATED AMINES**F. Mammadzade**

(Institute of Petrochemical Processes named after acad. Yu.H. Mammadaliyev, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan; e-mail: fidan.m.deh@gmail.com)

The article highlights the methods of obtaining oxypropylated amines and their application in various fields. The successful use of the oxypropylation products of amines as surfactants, corrosion inhibitors, stabilizing additives to polymer mixtures, additives to oils and etc. is described. Their effectiveness as oil-dispersing and oil-collecting reagents in liquidation of the consequences of oil and oil products emergency spills on the water surface is considered.

Key words: oxypropylates, oxyalkylated amines, surfactants, oil-collecting and oil-dispersing compounds, stabilizers.

Сведения об авторе: Мамедзаде Фидан Азад кызы – химик-технолог, аспирант Института нефтехимических процессов им. акад. Ю.Г. Мамедалиева Национальной академии наук Азербайджана (НАНА), Азербайджан, г. Баку, пр. Ходжалы, 30, AZ 1025 (fidan.m.deh@gmail.com).