

УДК543.395;
<https://orcid.org/0000-0002-2661-7637>
<https://orcid.org/0000-0001-8155-6921>
<https://orcid.org/0000-0002-0579-5848>

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ СОЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО РЕАКЦИИ N –(2-АМИНОЭТИЛ)-1,2-ЭТАНДИАМИНА И N,N'-БИС(2АМИНОЭТИЛ)-1,2-ЭТАНДИАМИНА С ДОДЕКАНОВОЙ КИСЛОТОЙ



И.А. ЗАРБАЛИЕВА^{1,2,3},
 доктор химических наук,
 доцент,
ilhamachem447@mail.ru



А.Н. АЛИМОВА²,
 научный сотрудник,
alimova.amina91@gmail.com



Х.Т. НАБИЕВА^{1,2},
 старший преподаватель,
Hajar.nabiyeva@gmail.com

¹БАКИНСКАЯ ВЫСШАЯ ШКОЛА НЕФТИ,
 Республика Азербайджан, г. Баку, проспект Ходжалы, 30

²МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ АЗЕРБАЙДЖАН,
 ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИМ. Ю.МАМЕДАЛИЕВА,
 Республика Азербайджан, г. Баку, проспект Ходжалы, 30

³АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (UNEC),
 Республика Азербайджан, г. Баку, улица М. Мухтарова, 194

Разлив нефти и нефтепродуктов является актуальной проблемой, которая затрагивает множество стран. Более половины всех загрязнений приходится на нефть и нефтепродукты. Главным условием эксплуатации установок и сооружений, связанных с добычей, транспортировкой и использованием нефти и нефтепродуктов, является наличие заранее предусмотренных мер и средств предупреждения и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. Водная поверхность моря, покрытая нефтяной плёнкой, не даёт воде испариться. После механического сбора на поверхности воды остается тонкий слой нефти, и для устранения нефтяной плёнки применяются ПАВ, обладающие нефтесобирающими и нефтедиспергирующими свойствами. Эффективные методы борьбы с нефтяными разливами играют ключевую роль в минимизации вреда для окружающей среды и живых организмов.

В данной исследовательской работе проанализированы соли N,N' -бис(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина и N -(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина с додекановой кислотой. С использованием методов ИК-, УФ- спектроскопии была проведена идентификация структуры и состава синтезированных поверхностно-активных веществ.

Полученные соединения были протестированы в качестве поверхностно-активных веществ, при этом изучена их поверхностная активность и удельная электрическая проводимость. Была обнаружена их способность к сбору нефти и диспергированию нефтяных загрязнений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: поверхностная активность, удельная электрическая проводимость, нефтесобирание, диспергирование, поверхностное натяжение.

ДОДЕКАН ҚЫШҚЫЛЫМЕН N –(2-АМИНОЭТИЛ)-1,2-ЭТАНДИАМИН ЖӘНЕ N,N' -БИС(2АМИНОЭТИЛ)-1,2-ЭТАНДИАМИН РЕАКЦИЯСЫ АРҚЫЛЫ АЛЫНҒАН БЕТТІК БЕЛСЕНДІ ТҰЗДАРДЫ СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

И.А. ЗАРБАЛИЕВА^{1,2,3}, химия ғылымдарының докторы, доцент, ilhamachem447@mail.ru

А.Н. АЛИМОВА¹, зерттеуші, alimova.amina91@gmail.com

Х.Т. НӘБИЕВА^{1,2}, аға оқытушы, hajar.nabiyeva@gmail.com

¹БАКУ ЖОҒАРЫ МҰНАЙ УЧИЛИЩЕСІ,

Әзірбайжан Республикасы, Баку қ., Ходжалы даңғылы, 30

²ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ, Ю.МАМЕДАЛИЕВ АТЫНДАҒЫ

МҰНАЙ-ХИМИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕР ИНСТИТУТЫ,

Әзірбайжан Республикасы, Баку қ., Ходжалы даңғылы 30

³ӘЗІРБАЙЖАН ЭКОНОМИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ (UNEC),

Әзірбайжан Республикасы, Баку қ., М.Мұхтаров көшесі, 19.

Мұнай және мұнай өнімдерінің төгілуі көптеген елдерге әсерететін өзекті мәселе болып табылады. Барлық ластанудың жартысынан көбі мұнай мен мұнай өнімдерінен келеді. Мұнай және мұнай өнімдерін өндіруге, тасымалдауға және пайдалануға байланысты қондырғылар мен құрылыстарды пайдаланудың негізгі шарты мұнай және мұнай өнімдерінің авариялық төгілуін болдырмау және жою бойынша алдын ала көзделген шаралар мен құралдардың болуы болып табылады. Майлы қабықпен жабылған теңіздің су беті судың булануына жол бермейді. Механикалық жинаудан кейін судың бетінде майдың жұқа қабаты қалады, май қабықшасын жою үшін май жинағыш және дисперсті қасиеттері бар беттік белсенді заттар қолданылады. Мұнайдың төгілуіне қарсы әрекет етудің тиімді әдістері қоршаған ортаға және тірі организмдерге зиянды азайтудың шешуші факторы болып табылады.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: беттік белсенділік, электрөткізгіштік, мұнай жинау, мұнай дисперсиясы, беттік керілу.

SYNTHESIS AND STUDY OF SURFACE-ACTIVE SALTS OBTAINED BY THE REACTION OF N –(2-AMINOETHYL)-1,2-ETHANEDIAMINE AND N,N' -BIS(2AMINOETHYL)-1,2-ETHANEDIAMINE WITH DODECANOIC ACID

I.A. ZARBALIYEVA^{1,2,3}, Doctor of Chemical Sciences, Assoc. Prof., ilhamachem447@mail.ru

A.N. Alimova², Post-graduate student, alimova.amina91@gmail.com

H.T. Nabiyeva^{1,2}, Post-graduate student, hajar.nabiyeva@gmail.com

¹BAKU HIGHER OIL SCHOOL,
Republic of Azerbaijan, Baku, Khojaly Avenue 30

²MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION
INSTITUTE OF PETROCHEMICAL PROCESSES NAMED AFTER. Y. MAMEDALIEVA,
Republic of Azerbaijan, Baku, Khojaly Avenue 30

³AZERBAIJAN STATE ECONOMIC UNIVERSITY (UNEC),
Republic of Azerbaijan, Baku, M. Mukhtarov street, 194

Oil and petroleum product spills are a pressing problem that affects many countries. More than half of all pollution comes from oil and petroleum products. The main condition for the operation of installations and structures related to the production, transportation and use of oil and petroleum products is the presence of pre-provisioned measures and means for preventing and eliminating emergency spills of oil and petroleum products. The water surface of the sea, covered with an oil film, prevents the water from evaporating. After mechanical collection, a thin layer of oil remains on the surface of the water and surfactants with oil-collecting and oil-dispersing properties are used to remove the oil film. Effective oil spill response methods play a key role in minimizing harm to the environment and living organisms.

In this research work, N,N'-bis(2-aminoethyl)-1,2-ethanediamine and N-(2-aminoethyl)-1,2-ethanediamine salts of dodecanoic acid were analyzed. Using IR- and UV- spectroscopy methods, the structure and composition of the synthesized surfactants were identified.

The resulting compounds were tested as surfactants, where their surface activity and electrical conductivity were studied. Their ability to collect oil and disperse oil pollution was discovered.

KEY WORDS: surface activity, electrical conductivity, oil collection, dispersion, surface tension

Введение. Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – это химические соединения, которые проявляют активность на границе раздела между фазами. Эти вещества обладают способностью изменять поверхностные свойства веществ, снижать поверхностное натяжение и т.д. ПАВ используются как нефтесобирающие и диспергирующие реагенты в борьбе с загрязнением водоемов нефтью [1-4]. Серьезность проблемы загрязнения водоемов нефтью и нефтепродуктами обусловлена различными источниками, такими как аварии на нефтепроводах, нефтедобывающих скважинах, судах и т.д. Важно отметить, что морской транспорт играет значительную роль в общем объеме загрязнения, внося более половины в общее количество нефтепродуктов в Мировом океане. Очистка толстых слоев нефти после аварий возможна механическими методами, однако тонкие нефтяные слои остаются на поверхности воды, представляя серьезную угрозу для окружающей среды. Эти тонкие слои могут существенно замедлять рост и развитие фитопланктона, нарушать жизнедеятельность зоопланктона и влиять на газообмен между атмосферой и водой [5-9]. Такие проблемы требуют разработки улучшенных коллоидно-химических методов для удаления тонких слоев нефти, а также создания новых, более эффективных и экологически чистых нефтесобирающих материалов и диспергирующих реагентов. Поверхностно-активные вещества могут помогать в создании материалов, способных эффективно взаимодействовать с нефтью, а нефтесобирающие реагенты – обеспечивать быстрый и эффективный процесс сбора нефтяных загрязнений. Эти технологии играют ключевую роль в минимизации воздействия нефтяных аварий на экосистемы водных объектов и поддержании экологического баланса [10-11].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

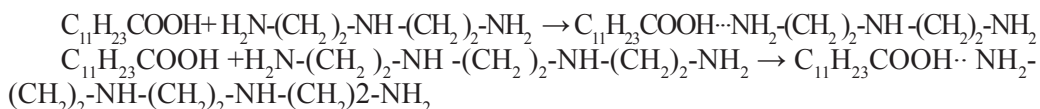
Исходные вещества и их характеристики. N,N'-бис(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина использовали в виде реактивного продукта марки "AlfaAesarGmbH&Co KG" (Германия) с чистотой 99 %.

N-(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина использовали в виде реактивного продукта марки "AlfaAesarGmbH&Co KG" (Германия) с чистотой 99 %.

Додекановую кислоту использовали с чистотой ~98,0 %, $t_{\text{пл}} = 44\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{кип}} = 298,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Воду перед опытами подвергали дистилляции.

Методика исследования структуры и состава синтезированных комплексов. Для оценки и анализа данных продуктов использовались спектральные методы анализа. Инфракрасные спектры были получены с использованием спектрометра ALPNA от компании BRUKER (Германия) в диапазоне волн от 600 до 4000 cm^{-1} , а УФ-спектры были получены с помощью спектрометра в диапазоне от 200 до 500 нм. Значения поверхностного натяжения синтезированных поверхностно-активных веществ измерялись с помощью кольца дюНуи на тензиометре KSV Sigma 702 (Финляндия). Удельная электропроводность водных растворов определялась с помощью кондуктометра марки "Анион 402" (Венгрия).

Результаты и их обсуждения. В ходе исследования были синтезированы поверхностно-активные вещества, полученные на основе N,N'-бис(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина и N-(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина с додекановой кислотой в равных молярных пропорциях при температуре 70-80 $^{\circ}\text{C}$. Результатом реакции является твёрдое белое вещество N,N'-бис(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина с додекановой кислотой, в то время как N-(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина с додекановой кислотой обладает коричневым оттенком, что указывает на завершение процесса реакции. Время, затраченное на реакцию, составило 22-24 часа. Ниже представлена схема данной реакции:



Растворение солей додекановой кислоты N,N'-бис(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина и N-(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина в CCl_4 (взятой в количестве 0,01 г) привело к появлению зеленоватого цвета, характерного для N-(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина додекановой кислоты, и мутного раствора, соответствующего N,N'-бис(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина додекановой кислоты. Оба соединения легко растворялись при нагревании в спирте, ацетоне и толуоле. Аминное число для соли N,N'-бис(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина додекановой кислоты составило 74.767 мгHCl/гр, в то время как для N-(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина додекановой кислоты это значение составило 53,1 мгHCl/гр

Состав и строение полученных веществ охарактеризованы методами ИК-, УФ-спектроскопией.

На ИК- спектре *рис. 1* образца имеются следующие полосы поглощения: деформационные (1367, 1458 cm^{-1}) и валентные (2852, 2922 cm^{-1}) колебания C–H связи

CH_3 и CH_2 групп; валентные ($1397, 1554 \text{ см}^{-1}$) колебания COO - группы; валентные ($3280, 3353 \text{ см}^{-1}$) колебания H-N .

На *рис.2* образца имеются следующие полосы поглощения: деформационные ($1367, 1458 \text{ см}^{-1}$) и валентные ($2872, 2848 \text{ см}^{-1}$) колебания C-H связи CH_3 и CH_2 групп; валентные ($1318, 1535 \text{ см}^{-1}$) колебания COO - группы; валентные ($3189, 3492 \text{ см}^{-1}$) колебания H-N .

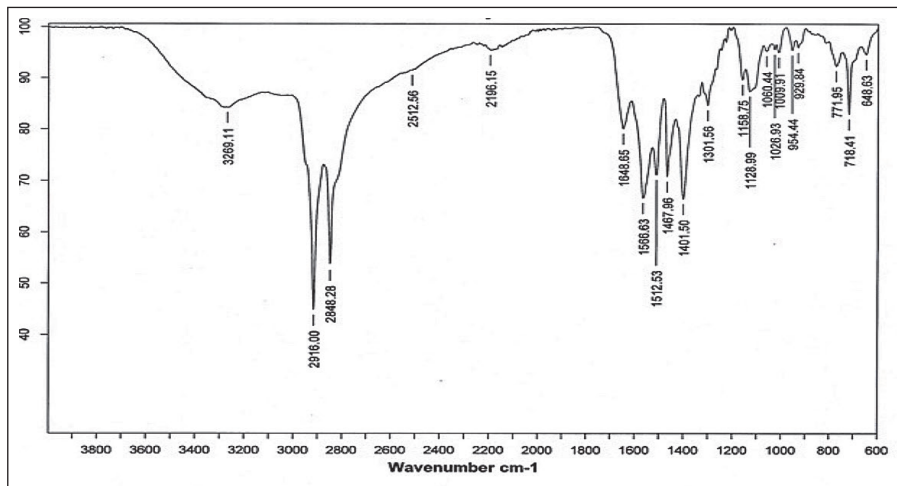


Рисунок 1 – ИК-спектр полученного комплекса на основе $\text{N}-(2\text{-аминоэтил})\text{-}1,2\text{-этандиамина}$ с додекановой кислотой

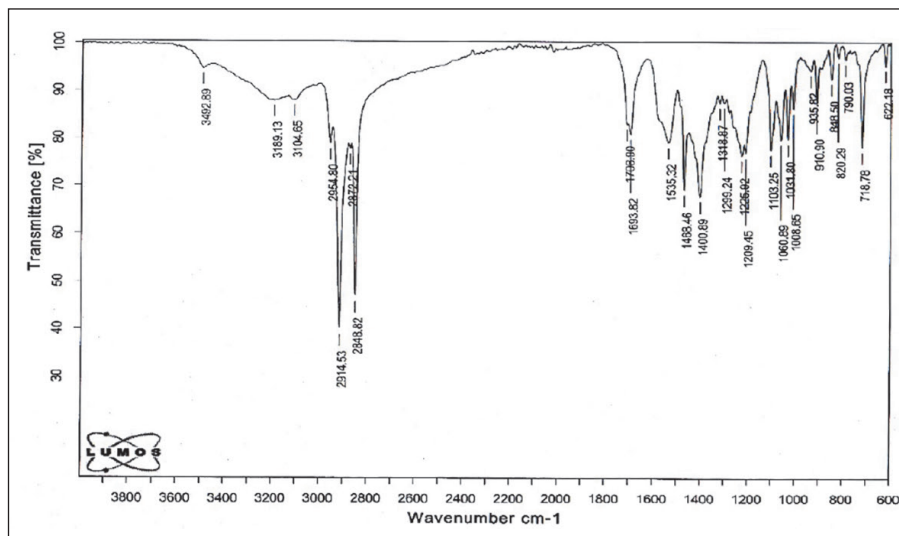


Рисунок 2 – ИК-спектр полученного комплекса на основе $\text{N,N}'\text{-Бис}(2\text{-аминоэтил})\text{-}1,2\text{-этандиамина}$ с додекановой кислотой

На спектре УФ-спектроскопии (*рис. 3*) наблюдается отчетливая полоса поглощения при длине волны 220 нм , которая свидетельствует о наличии азотных соединений в анализируемом комплексе.

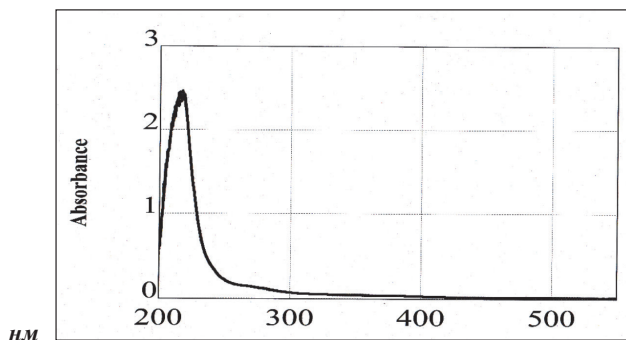


Рисунок 3 – УФ-спектроскопия соли N,N'-Бис(2аминоэтил)-1,2-этандиамина с додекановой кислотой

С использованием тензиометра для измерения поверхностного натяжения были изучены поверхностно-активные свойства различных солей N,N-бис(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина и N-(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина, их водных растворов на границе с воздухом при различных концентрациях от 0,0025% до 0,1%. Результаты показали, что при концентрации 1% додекановой кислоты соли N-(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина и N,N-бис(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина проявляют высокую поверхностную активность со значениями поверхностного натяжения соответственно 21,66 мН·м⁻¹ и 22,11 мН·м⁻¹. Поверхностное натяжение дистиллированной воды без добавления реагента составляет 72,83 ± 0,2 мН·м⁻¹. Определение критической концентрации мицеллообразования (ККМ) важно для коллоидно-химических исследований структуры растворов ПАВ.

Таблица 1 – Поверхностное натяжение на границе раздела фаз вода-воздух комплексов N – (2-аминоэтил)-1,2-этандиамина и N,N'-Бис(2аминоэтил)-1,2-этандиамина с додекановой кислотой

Название реагента	Концентрация веществ, %										
	0,0025	0,005	0,0075	0,001	0,025	0,05	0,01	0,25	0,05	0,75	0,1
	Поверхностное натяжение на границе раздела фаз вода-воздух, мН/м										
Соль додекановой кислоты с N-(2-аминоэтил)-1,2-этандиамином	69,69	54,02	47,54	38,43	24,82	23,17	23,08	22,95	22,37	22,07	21,66
Соль додекановой кислоты с N,N'-Бис(2аминоэтил)-1,2-этандиамином	65,68	65,03	62,03	51,91	46,07	40,37	38,91	31,11	24,14	22,88	22,11

Определение критической концентрации мицеллообразования (ККМ)

Изменение поверхностного натяжения способствует образованию мицелл в растворах поверхностно-активных веществ (ПАВ) и критической концентрации мицеллообразования (ККМ). Поверхностное натяжение уменьшается с увеличением концентрации раствора, что указывает на формирование мицелл. ККМ показывает критическую концентрацию, необходимую для образования мицелл, и соответствует моменту стабилизации поверхностного натяжения.

До достижения линии критической концентрации мицеллообразования физические свойства ПАВ изменяются, что показано изгибом линии на *рисунке 4*. Как показано на рисунке, при низких концентрациях наблюдается образование мицелл. Увеличение гидрофобности (уменьшение полярности) ПАВ приводит к уменьшению их растворимости, увеличению свободной энергии и мгновенному образованию мицелл, при этом значения ККМ уменьшаются.

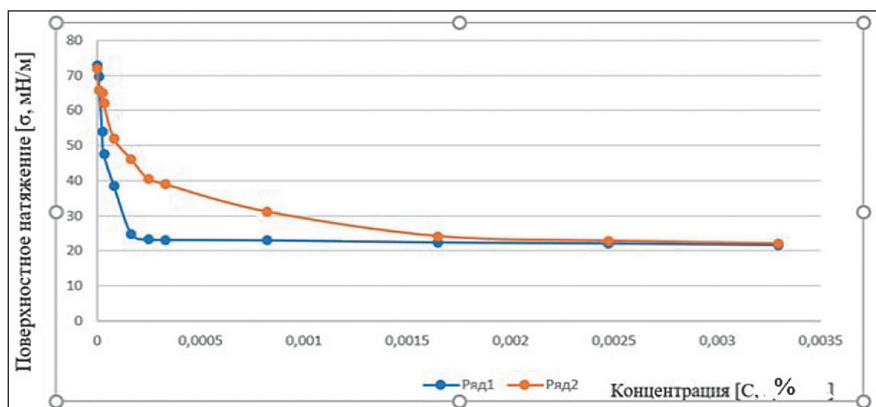


Рисунок 4 – График зависимости изотермы поверхностного натяжения от концентрации ПАВ на основе додекановой кислоты

Изотерма поверхностного натяжения была построена в координатах σ - C на основе измеренных значений поверхностного натяжения (*рис. 4*). В отсутствие реагента межфазное натяжение на границе воздух-вода равно $72,83 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$. Соли на основе додекановой кислоты стабилизируют поверхностное натяжение при $21,66 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$ и $22,11 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$.

Максимальная абсорбция. " $\Gamma_{\text{макс}}$ " обычно обозначает максимальную адсорбцию (максимальную удельную поглощающую способность) адсорбента. Это количество вещества, которое может быть поглощено или удержано на поверхности данного адсорбента при определенных условиях, когда адсорбент находится в состоянии насыщения. При температуре $22,5^\circ\text{C}$ на границе раздела фаз вода-воздух ($\Gamma_{\text{макс}}$). Из математических расчётов видно, что соль N,N' -Бис(2аминоэтил)-1,2-этандиамина-додекановой кислоты выражает наибольшее значение $\Gamma_{\text{макс}} = 2,96 \text{ моль}\cdot\text{см}^{-2}$.

Исходя из данного рисунка, было применено графическое определение значения производной $d/d\ln C$ для параметра [6]. Это значение затем использовалось в уравнении Гиббса для расчета адсорбции (обозначенной как Γ).

$$\Gamma = -\frac{1}{nRT} \lim_{C \rightarrow C_{\text{CMC}}} \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \ln C} \right)_T$$

где $d/d\ln C$ – поверхностная активность (тангенс угла наклона зависимости γ от $\ln C$ при постоянной температуре T); R – универсальная газовая постоянная ($8,314 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}$); n – число ионов, образующихся при диссоциации ПАВ на основе. $n = 2$, это следует из структуры, « n » зависит от суммы адсорбированных частиц на границе раздела.

Минимальная поверхностная площадь ($A_{\text{мин}}$). Минимальная поверхностная площадь определяет молекулы ПАВ на поверхности раздела фаз вода-воздух, ко-

торую занимает наименьшая площадь в момент равновесия ($A_{\text{мин}}$). Из результатов *таблицы 1* увеличение значений ($\Gamma_{\text{макс}}$) приводит к уменьшению значений ($A_{\text{мин}}$). И это объясняется тем, что увеличение длины гидрофобных групп синтезированных комплекс молекул и уменьшение минимальной поверхностной площади.

Площадь поперечного сечения полярной группы в синтезированных поверхностно-активных веществах (ПАВ) была определена путем расчета их минимальной площади с использованием соответствующей формулы:

$$A_{\text{мин}} = \frac{1}{\Gamma_{\text{макс}} N_A},$$

где N_A – число Авогадро ($6.023 \cdot 10^{23}$).

Поверхностное давление (или эффективность) ПККМ. Поверхностное давление или эффективность (ПККМ) водных растворов синтезированных веществ определяется разницей поверхностного натяжения дистиллированной воды и раствором поверхностного натяжения ККМ на границе воздух-вода и определено по формуле:

$$\text{ПККМ} = \gamma_0 - \gamma_{\text{ККМ}}$$

где γ_0 – поверхностное натяжение в отсутствие ПАВ, $\gamma_{\text{ККМ}}$ – поверхностное натяжение раствора при критической концентрации мицеллообразования (ККМ).

Эффективность снижения поверхностного натяжения, выраженная величиной ρC_{20} (концентрация, при которой ПАВ снижает поверхностное натяжение σ на 20 мН/м). Определяется уменьшением межфазового натяжения ПАВ на 20 мН/м.

Таблица 2 – Коллоидно-химические параметры солей на основе додекановой кислоты: N-(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина (1) и N,N'-Бис(2аминоэтил)-1,2-этандиамина(2)

Соли	ККМ $\times 10^{-4}$, моль·дм ⁻³	$\Gamma_{\text{макс}} \times 10^{-10}$, моль·см ⁻²	$A_{\text{мин}} \times 10^{-2}$, нм ²	$\gamma_{\text{ККМ}}$, мН·м ⁻¹	ПККМ, мН·м ⁻¹	ρC_{20} мН·м ⁻¹
Соль додекановой кислоты с N-(2-аминоэтил)-1,2-этандиамином	0.30	1.66	91.4	30.3	47.86	52.83
Соль додекановой кислоты с N,N'-Бис(2аминоэтил)-1,2-этандиамином	1.47	2.96	100.1	31.6	24.44	52.83

Примечание: ККМ – критическая концентрация мицеллообразования, $\gamma_{\text{ККМ}}$ – поверхностное натяжение раствора при ККМ, $\Gamma_{\text{макс}}$ – максимальная адсорбция, $A_{\text{мин}}$ – минимальная площадь поперечного сечения полярной группы, ПККМ – поверхностное давление или эффективность, ρC_{20} – значение экономичности.

Были вычислены значения гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ) неионогенных ПАВ в области от 4 до 8, в то время как поверхностно-активные вещества имеют значения от 12 до 16 ГЛБ. Эта эмпирически полученная шкала ГЛБ базируется на действии неионогенных ПАВ, В работе предложен метод аддитивности при расчете числа ГЛБ для функциональной группы, где

$$\text{ГЛБ} = \sum H_i - \sum L_i + 7$$

N_i и $\sum L_i$ – значения групповых чисел для гидрофильных и липофильных групп, в то время как меньше нуля. В данном случае значение N – (2-аминоэтил)-1,2-этандиамина с додекановой кислотой равно -9,875, а N,N' -Бис(2аминоэтил)-1,2-этандиамина с додекановой кислотой –20,425.

Бактерицидные свойства N,N' -Бис(2аминоэтил)-1,2-этандиамина с додекановой кислотой определяли по ГОСТу 18963-73. Во время испытания использовали штамм вида “Desulfovibriondesulfuricans”. Питательной средой для роста бактерий является среда Postgate B. После внесения в среду в концентрации 25 мг/л число бактериальных клеток уменьшилось со 10^8 до 10^4 (т.е. со 100 млн до 10 тысяч), после внесения в среду в концентрации 50 мг/л число бактериальных клеток увеличилось со 10^2 до 10^8 (т.е. со 100 до 100 млн), а количество бактериальных клеток уменьшилось со 10^8 до 0 (т.е. со 100 млн до нуля) после добавления в среду 100 мг/л.

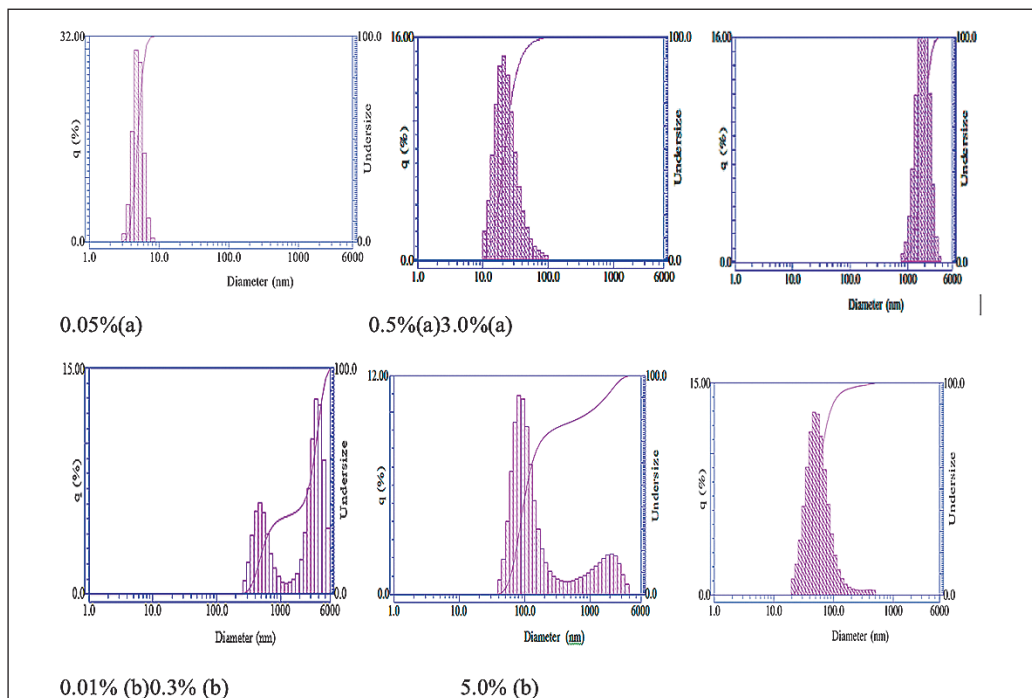
Регистрировали количество комплексов, полученных на основе N,N' -Бис(2аминоэтил)-1,2-этандиамина с додекановой кислотой, проявляющих ингибирующее свойство против CO_2 -коррозии в течение 20 часов при различных концентрациях. Как видно, скорость коррозии в среде без ингибитора по истечении 20 часов составила 4,14 мм/год, а при использовании ингибитора в концентрации 25 мг/л скорость коррозии снизилась до 0,07 мм/год, при этом защитный эффект составил 98,1%; при использовании в концентрации 50 мг/л скорость коррозии снижается до 0,04 мм/год, а защитный эффект составляет 98,8 %; при использовании в концентрации 100 мг/л эти значения составили 0,03 мм/год и показали защитный эффект 99,1% [16-17].

Метод обнаружения рассеяния света используется в различных научных областях для изучения уникальных свойств вещества. В эксперименте обычно используется монохроматическая волна света, которая направляется на образец. После воздействия света на образец часть излучения рассеивается в разные направления. Этот рассеянный свет затем регистрируется детектором. Из анализа характеристик рассеянного света можно получить информацию о свойствах молекул вещества, таких как их размеры, форма, конформация или даже взаимодействия. Методом динамического рассеяния света (ДРС) исследованы диаметры агрегатов, образуемых ПАВ в водном растворе [12-15].

Таблица 3 – Результаты динамического рассеяния света(ДРС) солей додекановой кислоты на основе N –(2-аминоэтил)-1,2-этандиамина и N,N' -бис(2аминоэтил)-1,2-этандиамина водных растворов 0.01, 0.05, 0.3, 0.53.0 и 5.0% по массе

Водный раствор,%	0.05(a)	0.5(a)	3(a)	0.01 (b)	0.3(b)	5 (b)
Интервал диаметра,нм	1.1-6000.0	1.1-6000.0	1.1-6000.0	1.1-6000.0	1.1-6000.0	1.1-6000.0
Медиан,нм	5,0	21.8	1830.8	29.21	108.4	52.4
Режим,нм	4,8	20.9	1855.7	36.91.6	82.2	47.7
Среднее геометрическое, нм	5,0	22.7	1808.9	1806.2	178.7	55.2
Дисперсия, нм ²	1,0332	1,0724	1,0312	1,4933	1,8880	1,1131
Показатель преломления	1.451	1.454	1.457	1.467	1.469	1.47
Коэффициент диффузии $\cdot 10^{12} м^2/с$	5,2274E-11	1.1913E-11	1.41684E-11	1.4885E-13	4.01444E-12	8.2972E-12

Примечание: а-соль додекановой кислоты с N–(2-аминоэтил)-1,2 этандиамином, б-соль додекановой кислоты с N,N' -Бис(2аминоэтил)-1,2-этандиамином



В результате лабораторных исследований ПАВ (поверхностно-активные вещества) проявляют способность собирать и диспергировать нефтяную пленку на поверхности трёх типов вод различной минерализации: дистиллированной, пресной и морской воде. При нанесении неразбавленного продукта на нефтяную поверхность в начальный момент наблюдается нефтесобирающая способность. Исследована поверхностная активность соли додекановой кислоты, способность собирать и диспергировать нефтяную пленку на поверхности трёх типов вод: дистиллированной, пресной и морской воды. Для исследования нефтесобирающей и нефтесодержащей способности в чашках Петри, соответственно, пресную, дистиллированную и морскую воду объёмом 40 мл использовали нефть месторождения Балаханы (Каспийское море). В эти чашки вносили 5%-ные растворы и неразбавленный продукт. Нефтесобирающую активность оценивали кратностью собирания-К (отношение исходной площади поверхности разлитой нефтяной плёнки, к площади поверхности нефти, собранной под действием реагента), и временем удерживания собранной нефти- τ . Эффективность реагента при диспергировании нефтяной плёнки характеризовали степенью очистки водной поверхности –КД. В течение 112 часов неразбавленный продукт в пресной воде не проявляет нефтесобирающую способность, а в 5%-ом растворе К достигает 5,21. В 5%-ом растворе максимальная К равно 6,02.

Заключение. Основная цель предложенной работы заключается в получении новых, экологически безопасных поверхностно-активных веществ различных типов, а также синтез и исследование реагентов, необходимых для создания необходимых комплексов для эффективной борьбы с нефтяными загрязнениями, а также обладающих антимикробными и противокоррозионными свойствами. 🌐

Эта исследовательская работа была представлена в рамках конкурса "Перспективные проекты" для молодых ученых и специалистов в Институте нефтехимических процессов имени Ю. Мамедалиева, на котором заняла третье место.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Asadov Z.H., Zarbaliyeva I.A. et al. New surfactants based on triglycerides, (ethanol) amines and orthophosphate acid, monograph, "Muallim" publishing house, ISBN 978-9952-435-34-4, 2020 p. 313
- 2 Asadov Z.H., Tantawy A.H., Zarbaliyeva I.A. et al. Petroleum-Collecting and Dispersing Complexes Based on Oleic acid and Nitrogenous Compounds As Surface-Active Agents for Removing Thin Petroleum Films from Water Surface // Journal of Oleo Science, 2012, V. 61,11, p. 621-630.
- 3 Asadov Z.H. Tagiyev D.B. Zarbaliyeva I.A. et al. // Synthesis and study of antimicrobial properties of surfactants on the basis of cotton-seed oil, ethyldiethanolamine and orthophosphoric acid, East European Journal, WschodnioeuropejskieCzasopismoNaukowe (East European Scientific Journal) #1(53), 2020 55-60
- 4 Asadov Z. H., Tantawy A. H., Zarbaliyeva I.A. Synthesis of novel petroleum-collecting and dispersing agents based on oleic acid for cleaning water surface from thin petroleum films 13th Ibn Sina International Conference on Pure and Applied Heterocyclic Chemistry Heterocyclic Chemistry for Sustainable Future, Hurgada, Egypt, 14-17 february, 2015, p.271
- 5 Zarbaliyeva I.A., Synthesis and properties of new surfactants basad on cotton-seed oil triglyserides, ethanolamines and ortophosphoric acid, Azerbaijan chemical journal, Baku, 2018 No.1 , p. 31-36
- 6 Зарбалиева И.А., Алимова А.Н., Набиева Х.Т., Дадашова Н.Р., Рзаева Н.А. Синтез-и исследование нового поверхностно-активного вещества (ПАВ) на основе полиэтиленполиамина со стеариновой кислотой, Materials of XIV international scientific conference of postgraduates, masters and young researchers on "actual problems of chemistry" Dedicated to 98th anniversary of National Leader Heydar Aliyev May 25,26, Baku – 2021, №14, p.119 [Zarbaliyeva I.A., Alimova A.N., Nabieva H.T., Dadashova N.R., Rzaeva N.A. Cintez-iissledovanie novogo poverhnostno-aktivnogo veshstva (PAV) na osnove polietilenpoliamina so stearinovej kislotoj, Materials of XIV international scientific conference of postgraduates, masters and young researchers on "actual problems of chemistry" Dedicated to 98th anniversary of National Leader Heydar Aliyev May 25,26, Baku – 2021, №14, p.119]
- 7 Зарбалиева И.А., Алимова А. Н. и т.д. Синтез и исследование нового поверхностно-активного вещества (ПАВ) на основе полиэтиленполиамина со стеариновой кислоты. Конференция, 2021, Баку, Азербайджан, стр.119-121. [Zarbaliyeva I.A., Alimova A. N. i t.d. Sintez i issledovanie novogo poverhnostno-aktivnogo veshstva (PAV) na osnove polietilenpoliamina so stearinovej kisloty. Konferenciya, 2021, Baku, Azerbajdzhan, str.119-121].
- 8 Зарбалиева И.А., Алимова А. Н., Набиева Х. Т. и т.д., Синтез и исследование поверхностно-активной соли полученной по реакции триэтилтетрамина со стеариновой кислотой, Конференция, 2021, Баку, Азербайджан, стр.248-251. [Zarbaliyeva I.A., Alimova A. N., Nabieva H. T. i t.d., Sintez i issledovanie poverhnostno-aktivnoj soli poluchennoj po reakcii trietilentetramina so stearinovej kislotoj, Konferenciya, 2021, Baku, Azerbajdzhan, str.248-251].
- 9 Zarbaliyeva I.A., Nabiyeva H.T., Alimova A.N., Ahmadbayova S.F., Mammadov A.M. New surface-active petrocollecting and petrodispersing reagent based on stearic acid and tryethylenetetraamine, American Scientific Journal, № (54) / 2021, Vol.1, p.39-44

- 10 Ланге К. Р. Поверхностно-активные вещества. СПб: Профессия, 2005. 148-149 с.[Lange K. R. Poverhnostno-aktivnye veshstva. SPb: Professiya, 2005. 148-149 s].
- 11 Rosen M.J. Surfactants and Interfacial Phenomena, 3rd Edn. NewYork: JohnWileyandSons, Inc. 2004, p.444.
- 12 Ван де Хюлст Г. Рассеяние света малыми частицами: пер. с англ. – М.: Изд-во иностр. лит., 1961. – 537 с. URL: http://ikfia.ysn.ru/images/doc/Other_books_on_physics/Hulst1961ru.pdf. [Van de Hyulst G. Rasseyanie sveta malymi chasticami: per. s angl. – М.: Izd-vo inostr. lit., 1961. – 537 s. URL: http://ikfia.ysn.ru/images/doc/Other_books_on_physics/Hulst1961ru.pdf]
- 13 Carvalho P., Felicio M., Santos N., Goncalves S. Application of Light Scattering Techniques to Nanoparticle Characterization and Development // *Frontiers in Chemistry*, 2018, N 6, pp 237-245.
- 14 Farkas N., Kramar J. Dynamic light scattering distributions by any means // *Journal of Nanoparticle Research*, 2021, N 5, pp. 225-231
- 15 Naveen J., Gajanan P., Ravindra M. Dynamic Light Scattering: Advantages and Applications // *Acta Scientific Nutritional Health*, 2019, Vol. 3, N 3, pp. 50-52
- 16 Ваганов Р.К. Ингибиторная защита от коррозии нефтепромышленного оборудования и трубопроводов // *Коррозия: материалы, защита.* – 2007. – № 1. – С. 17-23 [Vaganov R.K. Ingibitornaya zashita ot korrozii neftepromyslovogo oborudovaniya i truboprovodov // *Korroziya: materialy, zashita.* – 2007. – № 1. – S. 17-23]
- 17 Белоглазов С.М., Мямина А.А. Коррозия стали в водно-солевых средах, содержащих сульфатредуцирующие бактерии. // *Практика противокоррозионной защиты.* –1999. – № 2. – С. 38-43 [Beloglazov S.M., Myamina A.A. Korroziya stali v vodno-solevyh sredah, soderzhashih sulfatreduciruyushie bakterii. // *Praktika protivokorrozionnoj zashity.* –1999. – № 2. – S. 38-43]