

Н. В. Саламова (к.х.н., доц., в.н.с.)

ПОЛУЧЕНИЕ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, НЕФТЕСОБИРАЮЩИЕ И НЕФТЕДИСПЕРГИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА НОВЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ТРИГЛИЦЕРИДОВ СОЕВОГО МАСЛА, ЭТИЛЕНДИАМИНА И АЛКИЛДИГАЛОГЕНИДОВ

Институт нефтехимических процессов им. акад. Ю.Г. Мамедалиева
Министерства науки и образования Азербайджанской Республики,
лаборатория «Поверхностно-активные реагенты и препараты»
Республика Азербайджан, AZ 1025, г. Баку, пр. Ходжалы, 30; e-mail: e_nargiz@mail.ru

N. V. Salamova

PRODUCTION, PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS, OIL-COLLECTING AND OIL-DISPERSION PROPERTIES OF NEW SURFACTANTS BASED ON SOYBEAN OIL TRIGLYCERIDES, ETHYLENEDIAMINE AND ALKYLDIHALIDES

Y. H. Mamedaliyev's Institute of Petrochemical Processes of the Ministry of Science and Education
30, Khojaly ave. 30, AZ1025, Baku, Republic of Azerbaijan; e-mail: e_nargiz@mail.ru

Взаимодействием смеси кислот соевого масла с этилендиамином получен амидоамин, который далее подвергнут реакции с алкилдигалогенидами. В результате получены темные пастообразные вещества. Методом ИК-спектроскопии проведена идентификация состава и структуры полученного амидоamina и его модификатов с алкилдигалогенидами. Полученные продукты охарактеризованы наиболее важными физико-химическими показателями. Тензиометрическими измерениями выявлена высокая поверхностная активность синтезированных продуктов на границе вода–воздух и рассчитаны их коллоидно-химические параметры. Изучены нефтесобирающая и диспергирующая способности полученных продуктов.

Ключевые слова: алкилдигалогениды; нефтесобирание; поверхностная активность; триглицериды соевого масла; удельная электропроводность; этилендиамин.

В наши дни очищение поверхности водоемов от загрязнений нефтяного происхождения имеет огромное значение для охраны окружающей среды. Одной из главных опасностей для мирового океана является нефть. Она попадает в водные системы в результате аварий на различных сооруже-

By reacting a mixture of soybean oil acids with ethylenediamine, amidoamine was obtained, which was further reacted with alkyl dihalides. As a result, dark pasty substances were obtained. The composition and structure of the resulting aminoamide and its modifications with alkyl dihalides were identified by IR spectroscopy. The obtained products are characterized by the most important physical and chemical parameters. Tensiometric measurements revealed a high surface activity of the synthesized products at the water-air interface and calculated their colloid-chemical parameters. The oil-collecting and dispersing abilities of the obtained products were studied.

Key words: ethylenediamine; oil triglycerides; petroleum-collecting; soybean surface activity; specific electroconductivity.

ниях по добыче, транспортировке, хранению и переработке нефти. Нефтепродукты проникают в водоемы вместе со сточными водами нефтепергонных заводов, а также нефтебаз и танкеров^{1, 2}. Тонкую пленку нефти удалить механическим способом не удастся. Для этой цели используют особые виды ПАВ³⁻⁵. Одним из методов борьбы с нефтяными разливами на море является применение

Дата поступления 03.03.23

ние ПАВ, которые наряду с высокой нефтесобирающей и нефтедиспергирующей способностью должны быть экологически безвредными^{6–9}.

В литературе встречается информация о получении и исследовании ПАВ на основе триглицеридов растительных масел^{6–10}. С этой точки зрения, подходящим сырьем для их получения можно считать и триглицериды соевого масла.

Представленная статья посвящена получению солей на основе этиленамида смеси кислот соевого масла (ЭАСКСМ) и алкилдиалогенидов, определению коллоидно-химических параметров синтезированных ПАВ, а также изучению их нефтесобирающей и нефтедиспергирующей способности.

Материалы и методы исследования

Соевое масло использовали в виде товарного продукта ООО «Тулльская фармацевтическая фабрика» по госту ЛП-001695 (Россия). Этилендиамид (ЭДА) использован в виде реактивного продукта марки «ч» Олаиненского завода химреактивов (Латвия). 1,5-дибромпентан и 1,3-дибромпропан использовали с чистотой продукта 97.0% фирмы «Sigma-AldrichChemistry» (Китай). 1,2-дибромэтан использовали с чистотой продукта 99.0% фирмы «Alfa Aesar GmbH Sigma-AldrichChemistry» (Китай).

Спектры ИК снимали на спектрометре BIO-RAD FTS 3000 MX (Германия) в диапазоне волновых чисел 400–4000 см⁻¹.

Поверхностное натяжение на границе вода–воздух определяли методом отрыва кольца (Дю Нуи) с помощью тензиометра «KSV Sigma 702» (Финляндия)¹¹. Удельную электропроводность (κ) водных растворов ПАВ измеряли электрокондуктометром «Анион 4100» (Россия).

Нефтесобирающую и нефтедиспергирующую способность синтезированных ПАВ оценивали по методике, приведенной в¹². Нефтесобирающая способность реагента характеризовалась временем сохранения его действия τ и кратностью собирания K (отношение исходной площади поверхности нефтяной пленки к площади поверхности образовавшегося под влиянием реагента утолщенного нефтяного пятна). Эффективность используемого реагента при диспергировании нефтяной пленки характеризовали степенью очистки водной поверхности – K_d (%).

Результаты и их обсуждение

На основе триглицеридов соевого масла и этилендиамина в мольном соотношении, равном 1:3.2 при температуре 120 °С синтезирован неионогенный ПАВ амидоаминного строения по схеме 1.

Для отделения амидоамина полученную смесь промывали холодной водой^{13, 14}. Полученный амидоамин смеси кислот соевого масла (ЭАСКСМ) представляет собой пастообразное вещество бежевого цвета. Выход конечного продукта составляет 93–96 %.

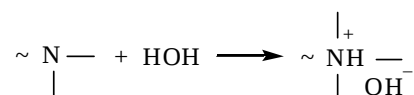
С целью получения ионогенных ПАВ осуществлено взаимодействие полученного ЭАСКСМ с алкилдиалогенидами – 1,5-дибромпентан, 1,3-дибромпропан и 1,2-дибромэтан. Реакции осуществляли в трехгорлой круглодонной колбе при перемешивании в атмосфере азота при 100–110 °С и мольном соотношении реагентов, равном 2:1. Время проведения реакции 24 ч. Реакции получения солей на основе ЭАСКСМ и алкилдиалогенидов представлены на схеме 2.

Конечные продукты – алкилдиалогениды смеси кислот соевого масла являются пастообразными веществами черного цвета. Для отделения целевого продукта реакции от полученной смеси конечный продукт промывали метанолом по методике^{14, 15}. Выход конечного продукта составляет 90–92 %. Полученные соли хорошо растворяются в этиловом спирте, этилацетате, ацетоне и в воде.

На рис. 1 приведен ИК-спектр 1,5-дибромпентановой соли ЭАСКСМ. В спектре присутствуют полосы валентных колебаний C–H связи в группах CH₃, CH₂ и CH при 2921.91 и 2852.23 см⁻¹, полосы валентных колебаний полярной группы –N⁺–H при 2677.05 и 2504.40 см⁻¹, полоса валентных колебаний амидной группы N–C=O при 1638.50 см⁻¹, полоса деформационных колебаний C–H в группах CH₃, CH₂ и CH в области 1456.31 см⁻¹, полосы валентных колебаний C–N при 1256.64 и 1225.04 см⁻¹, полоса маятниковых колебаний (–CH₂)_x цепи в области 722.14 см⁻¹.

Кондуктометрическим методом исследована удельная электропроводность солей на основе алкилдиалогенидов ЭАСКСМ при различных концентрациях водных растворов реагента при температуре 25 °С (рис. 2).

Как видно, с ростом концентрации реагентов значение κ увеличивается. Этот факт можно объяснить тем, что эти соли в своем составе имеют фрагмент третичного амина, который в водной среде гидратируется, образуя аммониевый катион и гидроксид-анион:



Степень диссоциации ПАВ α рассчитывается по формуле

$$\alpha = 1 - \beta = S_2/S_1,$$

где β – степень связывания противоиона.

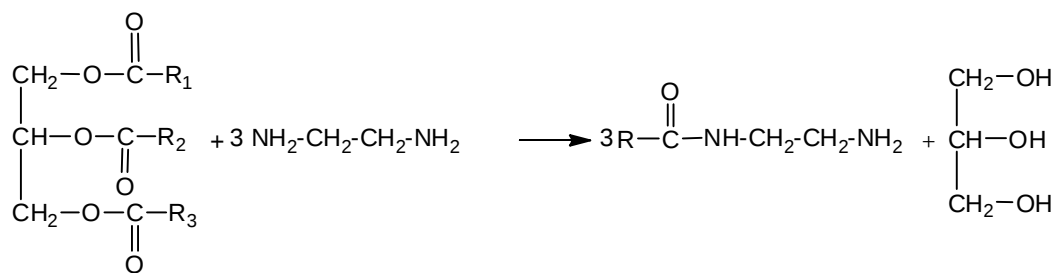
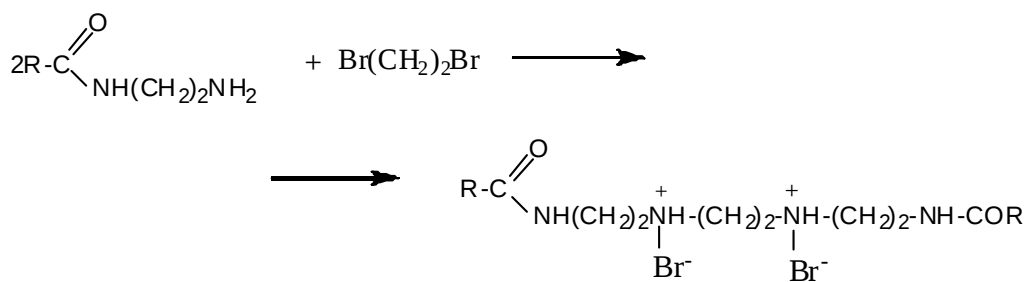
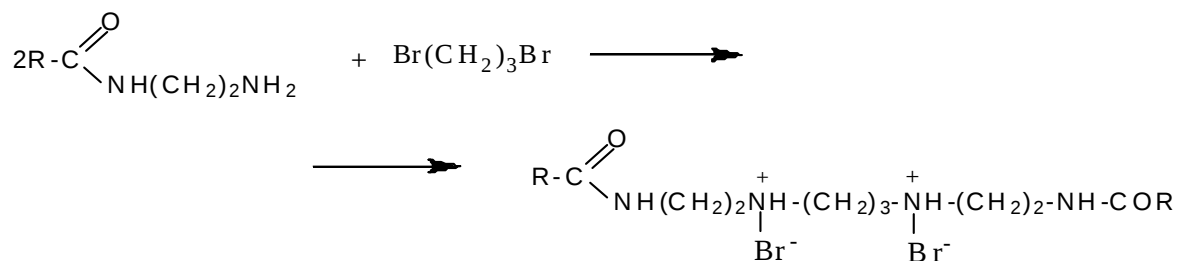
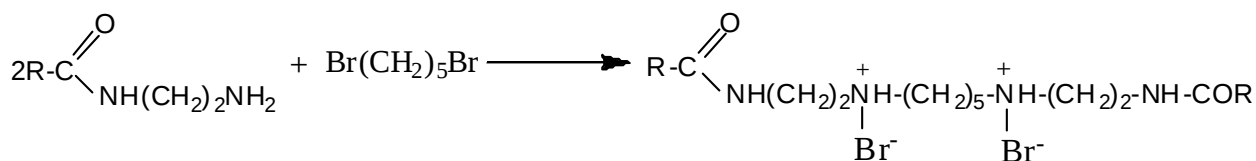


Схема 1



где $\text{R} = \text{C}_{14}-\text{C}_{22}$.

Схема 2

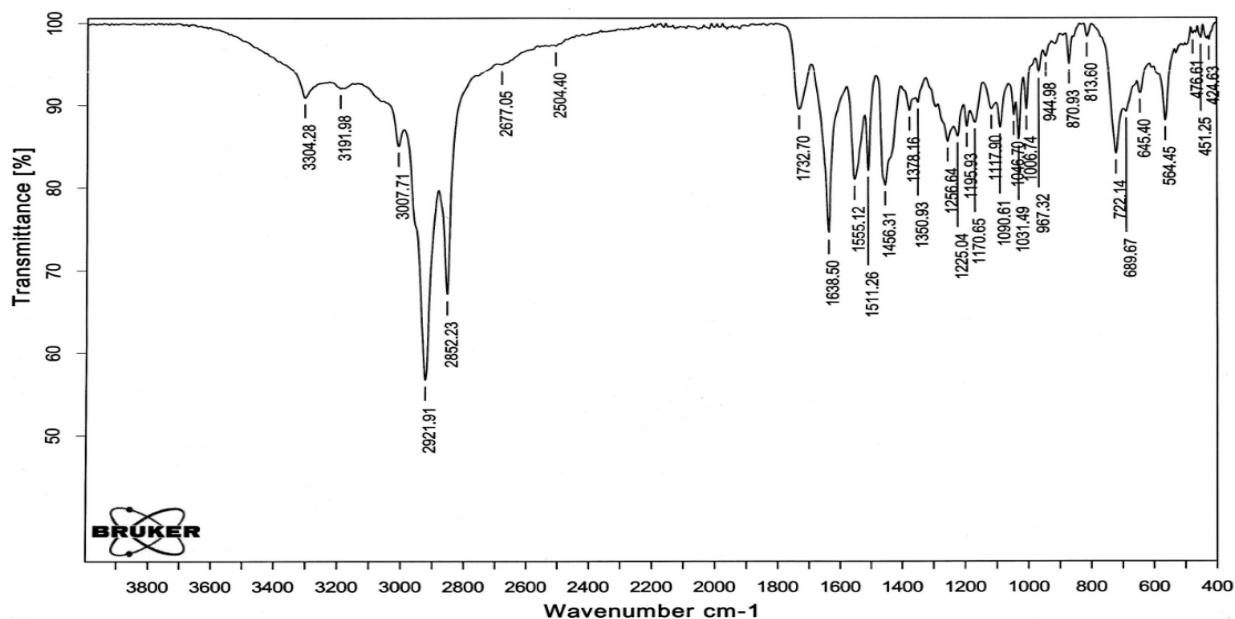


Рис. 1. ИК-спектр 1,5- дибромпентановой соли ЭАСКСМ

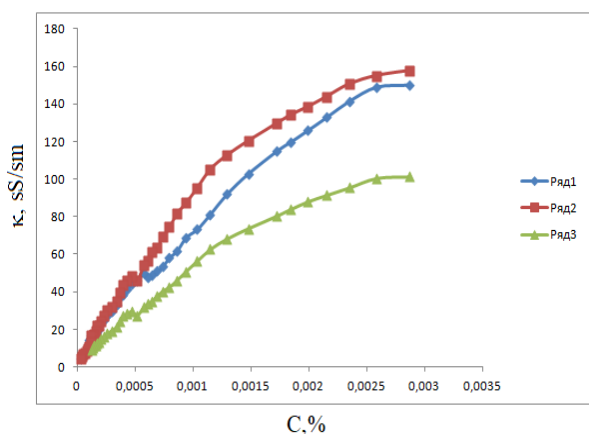


Рис. 2. Зависимость удельной электропроводности водных растворов солей на основе ЭАСКСМ и алкил-дигалогенидов от концентрации: 1 – 1,5-дибромпентана; 2 – 1,3-дибромпропана; 3 – 1,2-дибромэтана

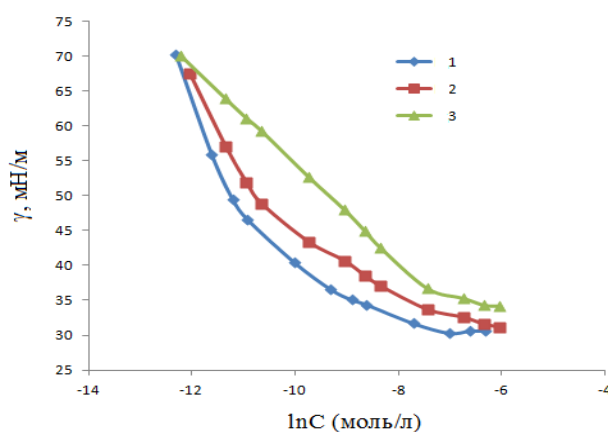


Рис. 3. Изотермы поверхностного натяжения водных растворов солей на основе ЭАСКСМ и алкилдигалогенидов: 1 – 1,5-дибромпентана; 2 – 1,3-дибромпропана; 3 – 1,2-дибромэтана

Для соли на основе ЭАСКСМ и 1,5-дибромпентана $\alpha = 52749/73275 = 0.719877$;

для соли на основе 1,3-дибромпропана $\alpha = 39188/67133 = 0.58373676$;

для соли на основе 1,2-дибромэтана $\alpha = 27824/33370 = 0.8338028$.

По измеренным значениям поверхностного натяжения была построена изотерма поверхностного натяжения¹⁶ в координатах $\gamma - \ln C$ (рис. 3).

Межфазное натяжение на границе вода–воздух в отсутствие реагента равно 72.9 мН/м. Стабилизация значения поверхностного натяжения для солей на основе ЭАСКСМ и алкилдигалогенидов происходит соответственно при значениях 30.3, 31.6 и 34.3 мН/м.

По данным рис. 2 и 3 графическими методами и по известным формулам^{13, 16} были рассчитаны коллоидно-химические параметры синтезированных реагентов (табл. 1).

Нефтесобирающая и нефтедиспергирующая способность полученных реагентов была изучена в лабораторных условиях на примере тонкой пленки Балаханской нефти (месторождение около г. Баку) на поверхности пресной, морской и дистиллированной воды (табл. 2).

Как видно из табл. 1, соль на основе ЭАСКСМ и 1,5-дибромпентана при использовании в обеих формах применения в средах дистиллированной и пресной вод оказывает смешанный эффект нефтедиспергирования-нефтесобирания (в дистиллированной воде $K_{\max} = 23.4$, K_d 89.3%; пресной воде $K_{\max} = 19.4$, K_d 79.9%). Реагент в морской воде в неразбавленном виде обладает нефтесобирающей способностью ($K_{\max} = 23.4$), а в состоянии 5%-ного водного раствора проявляет нефтедиспергирующий эффект (степень диспергирования K_d 89.3%). Продолжительность действия реагента 5–6 сут.

Соль на основе ЭАСКСМ и 1,3-дибромпропана при использовании в обеих формах применения в средах дистиллированной и пресной вод оказывает смешанный эффект нефтедиспергирования-нефтесобирания (в дистиллированной воде $K_{\max} = 30.3$, K_d 79.9%; в пресной воде $K_{\max} = 16.0$, K_d 94.1%). Реагент в морской воде в неразбавленном состоянии обладает нефтесобирающей способностью ($K_{\max} = 30.3$), а в виде 5%-ного водного раствора через два часа проявляет нефтедиспергирующее

Таблица 1

Коллоидно-химические параметры солей на основе ЭАСКСМ и алкилдигалогенидов (1 – 1,5-дибромпентан, 2 – 1,3-дибромпропан, 3 – 1,2-дибромэтан)

Соли	β	$KKM \cdot 10^{-4}$, моль/л	$\Gamma_{\max} \cdot 10^{-10}$, моль/см ²	$A_{\min} \cdot 10^{-2}$, нм ²	γ_{KKM} , мН/м	π_{KKM} , мН/м	pC_{20}	$\Delta G_{\text{миц}}$, кДж/моль	$\Delta G_{\text{ад}}$, кДж/моль
1	0.280	0.29	1.84	90.1	30.3	40.49	4.88	-21.93	-43.86
2	0.416	1.43	1.81	91.5	31.6	39.44	4.71	-24.67	-46.41
3	0.166	1.76	1.07	155.5	34.3	37.7	4.19	-17.58	-35.30

Примечание: β – степень связывания противоиона; ККМ – критическая концентрация мицеллообразования;

$\Gamma_{\max}$ – максимальная адсорбция; $A_{\min}$ – минимальная площадь поперечного сечения полярной группы;

γ_{KKM} – поверхностное натяжение раствора при ККМ; π_{KKM} – поверхностное давление или эффективность;

pC_{20} – значение экономичности; $\Delta G_{\text{миц}}$ – изменение свободной энергии Гиббса процесса мицеллообразования;

$\Delta G_{\text{ад}}$ – изменение свободной энергии Гиббса процесса адсорбции.

Нефтесобирающая и нефтедиспергирующая способность солей на основе ЭАСКСМ и алкилдиалогенидов (толщина пленки 0.17 мм)

Дистиллированная вода		Пресная вода		Морская вода	
τ , ч	K (K_D ,%)	τ , ч	K (K_D ,%)	τ , ч	K (τ , ч,%)
Соль на основе ЭАСКСМ и 1.5-дибромпентана (неразбавленный продукт)					
0	10.0	0	10.0	0	7.6
1.0-4.0	23.4	1.0-4.0	19.4	1.0-44.0	23.4
20.0-44.0	89.3%	20.0-44.0	79.9%	60.0	10.1
60.0	Разлило	60.0	Разлило	84.0	Разлило
Соль на основе ЭАСКСМ и 1.5-дибромпентана (5%-ный водный раствор)					
0	10.0	0	10.0	0	86.6%
1.0-4.0	23.4	1.0-4.0	16.4	1.0-44.0	89.3%
20.0-44.0	86.2%	20.0-44.0	86.2%	60.0-84.0	86.8%
60.0	Разлило	60.0	Разлило		
Соль на основе ЭАСКСМ и 1.3-дибромпропана (неразбавленный продукт)					
0-1.0	7.6	0	6.7	0	4.8
2.0	19.4	2.0-5.0	16.0	5.0	13.4
5.0-23.0	30.3	23.0	94.1%	20.0	16.0
47.0-89.0	79.9%	47.0-89.0	59.7%	89.0	30.3
97.5	Разлило	97.5	Разлило	97.5	6.8
Соль на основе ЭАСКСМ и 1.3-дибромпропана (5%-ный водный раствор)					
0	6.8	0	7.6	0	6.7
2.0-5.0	13.4	2.0	11.5	2.0	9.9
20.0	11.5	5.0-20.0	13.4	5.0-47.0	91.2%
47.0-97.5	95.5%	47.0	94.1%	89.0	Разлило
		89.0	Разлило		
Соль на основе ЭАСКСМ и 1.2-дибромэтана (неразбавленный продукт)					
0	4.4	0	8.6	0-1.0	11.5
1.0-4.0	19.4	1.0-4.0	19.4	4.0-23.0	30.3
23.0-89.0	23.9	23.0-47.0	30.3	68.0-97.5	23.9
97.5	15.2	89.0	19.4		
		97.5	Разлило		
Соль на основе ЭАСКСМ и 1.2-дибромэтана (5%-ный водный раствор)					
0	5.1	0	6.7	0	89.3%
1.0-4.0	79.9%	1.0-4.0	13.4	2.0	19.4
23.0	82.6%	23.0-89.0	16.0	5.0	23.9
44.0-97.5	95.5-91.1%	97.5	Разлило	23.0-89.0	95.5%

действие (степень диспергирования K_D 91.2%). Продолжительность действия реагента 4 сут.

Соль на основе ЭАСКСМ и 1.2-дибромэтана в неразбавленном виде в среде дистиллированной, пресной и морской вод оказывает нефтесобирающее действие (соответственно, в дистиллированной воде $K_{\max}=23.9$, в пресной воде $K_{\max}=30.3$, в морской воде $K_{\max}=30.3$). Реагент в разбавлен-

ном состоянии в среде дистиллированной и морской вод проявляет смешанный эффект нефтедиспергирование-нефтесобирание (соответственно, в дистиллированной воде $K_{\max}=5.1$, K_D 95.5%; в морской воде $K_{\max}=23.9$, K_D 95.5%). В пресной воде реагент демонстрирует нефтесобирающую способность ($K_{\max}=16.0$). Продолжительность действия реагента 4 сут.

Литература

1. Mariano A.J., Kourafalou V.H., Srinivasan A. et al. On the modeling of the 2010 Gulf of Mexico Oil Spill // *Dynamics of Atmospheres and Oceans*. – 2011. – V.52, №1-2. – Pp.322-340.
2. Levy J.K., Gopalakrishnan Ch. Promoting Ecological Sustainability and Community Resilience in the US Gulf Coast after the 2010 Deepwater Horizon Oil Spill // *J.Natural Resources Policy Res.* – 2010. – V.2, №3. – Pp.297-315.
3. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти нефтепродуктов. – М.: Ин-т риска и безопасности, 2007. – 375 с.

References

1. Mariano A.J., Kourafalou V.H., Srinivasan A. et al. [On the modeling of the 2010 Gulf of Mexico Oil Spill]. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 2011, vol.52, no.1-2, pp.322-340.
2. Levy J.K., Gopalakrishnan Ch. [Promoting Ecological Sustainability and Community Resilience in the US Gulf Coast after the 2010 Deepwater Horizon Oil Spill]. *J.Natural Resources Policy Res.*, 2010, vol.2, no.3, pp.297-315.
3. Vorobyov Yu.L., Akimov V.A., Sokolov Yu.I. *Preduzheniya i likvidatsiya aviarnykh razlivov nefi nefteproduktov* [Prevention and liquidation of emergency oil spills and petroleum products]. Moscow, Institute of Risk and Safety Publ., 2007, 375 p.

4. Kostka J.E., Prakash O., Overholt W.A. et al. Hydrocarbon-Degrading Bacteria and the Bacterial Community Response in Gulf of Mexico Beach Sands Impacted by the Deepwater Horizon Oil Spill // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2011. – V.77, №22. – Pp.7962-7974.
5. Zhu K., Shang Y.-Y., Sun P.-Z. et. al. Oil spill cleanup from sea water by carbon nanotube sponges // *Frontiers Materials Science.* – 2013. – V.7, №2. – Pp.170-176.
6. Asadov Z.H., Rahimov R.A., Salamova N.V. Synthesis of animal fats ethylolamides, ethylolamide phosphates and their petroleum-collecting and dispersing properties // *J. Am. Oil Chem. Soc.* – 2012. – V.89. – Pp.505-511.
7. Асадов З.Г., Саламова Н.В., Рагимов Р.А. и др. Новые нефтесобирающие и диспергирующие реагенты для очистки водной поверхности от тонких нефтяных пленок на основе этаноламинов, ортофосфорной кислоты и кастрового масла // *Известия национальной академии наук Грузии, серия химическая.* – 2013. – Т.39, №1-2. – С.29-39.
8. Асадов З.Г., Саламова Н.В., Ахмедова Г.А., Зарбалиева И.А. Получение, физико-химические характеристики, нефтесобирающие и диспергирующие свойства оксипропиловых эфиров фракции кислот рыбьего жира и их фосфатов // *Естественные и технические науки.* – 2009. – №3(41). – С.64-68.
9. Sakai T., Kaneko Y., Tsujii K. Premicellar aggregation of fatty acid N-methylethanolamides in aqueous solution // *Langmuir.* – 2006. – V.22. – Pp.2039-2044.
10. Асадов З.Г., Саламова Н.В., Рагимов Р.А., Ахмедбекова С.Ф. Получение и свойства аминоксидов на основе триглицеридов говяжьего жира и их фосфатных модификатов // *Вестник Воронежского государственного университета, серия: Химия, Биология, Фармация.* – 2014. – №4. – С.12-17.
11. Трифонова М.Ю., Бондаренко С.В., Тарасевич Ю.И. Исследование бинарных смесей поверхностно-активных веществ различной природы // *Украинский химический журнал.* – 2009. – Т.75, №1. – С.28-32.
12. Гумбатов Г.Г., Дашдиев Р.А. Применение ПАВ для ликвидации аварийных разливов нефти на водной поверхности. – Баку: Элм, 1998. – 210 с.
13. Patent CN107513025A. Synthetic method of coconut diethanol amide / Dai Y. et al // 2017.
14. Gawali I.T., Usmani G.A. Novel non-ionic gemini surfactants from fatty acid and diethanolamine: synthesis, surface-active properties and anticorrosion study // *Chemistry Africa.* – 2020. – V.3. – Pp.75-88.
15. Ahmad I., Patial P., Kaur C., Kaur S. Cationic imidazolium monomeric surfactants: their synthesis and surface active properties // *J. Surfact Deterg.* – 2014. – V.17. – Pp.269-277.
16. Rosen M. J., Kunjappu J. T. Surfactants and Interfacial Phenomena. – New Jersey: Wiley J & Sons, 2012. – 616 p.
4. Kostka J.E., Prakash O., Overholt W.A. et al. [Hydrocarbon-Degrading Bacteria and the Bacterial Community Response in Gulf of Mexico Beach Sands Impacted by the Deepwater Horizon Oil Spill]. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2011, vol.77, no.22, pp.7962-7974.
5. Zhu K., Shang Y.-Y., Sun P.-Z. et. al. [Oil spill cleanup from sea water by carbon nanotube sponges]. *Frontiers Materials Science*, 2013, vol.7, no.2, pp.170-176.
6. Asadov Z.H., Rahimov R.A., Salamova N.V. [Synthesis of animal fats ethylolamides, ethylolamide phosphates and their petroleum-collecting and dispersing properties]. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2012, vol.89, pp.505-511.
7. Asadov Z.G., Salamova N.V., Ragimov R.A. *Novyye neftesobirayushchiye i dispergiruyushchiye reagenty dlya ochistki vodnoy poverkhnosti ot tonkikh neftyanykh plenok na osnove etanolaminov, ortofosfornoj kisloty i kastrovogo masla* [New oil-collecting and dispersing reagents for cleaning the water surface from thin oil films based on ethanolamines, orthophosphoric acid and castor oil]. *Izvestiya natsional'noy akademii nauk Gruzii, seriya khimicheskaya* [Proceedings of the Georgian National Academy of Sciences], 2013, vol.39, no.1-2, pp.29-39.
8. Asadov Z.G., Salamova N.V., Akhmedova G.A., Zarbaliyeva I.A. *Polucheniye, fiziko-khimicheskiye kharakteristiki, neftesobirayushchiye i dispergiruyushchiye svoystva oksipropilovykh efirov fraktsii kislot ryb'yego zhira i ikh fosfatov* [Preparation, physico-chemical characteristics, oil-collecting and dispersing properties of hydroxypropyl esters of the fraction of fish oil acids and their phosphates]. *Estestvennyye i tekhnicheskkiye nauki* [Natural and Technical Sciences], 2009, no.3(41), pp.64-68.
9. Sakai T., Kaneko Y., Tsujii K. [Premicellar aggregation of fatty acid N-methylethanolamides in aqueous solution]. *Langmuir*, 2006, vol.22, pp.2039-2044.
10. Asadov Z.G., Salamova N.V., Ragimov R.A., Akhmedbekova S.F. *Polucheniye i svoystva aminoamidov na osnove triglitseridov gov'yazhyego zhira i ikh fosfatnykh modifikatov* [Preparation and properties of aminoamides based on beef fat triglycerides and their phosphate modifications] *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, seriya: Khimiya, Biologiya, Farmatsiya* [Bulletin of Voronezh State University, series: Chemistry, Biology, Pharmacy], 2014, no.4, pp.12-17.
11. Trifonova M.Yu., Bondarenko S.V., Tarasevich Yu.I. *Issledovaniye binarnykh smesey poverkhnostno-aktivnykh veshchestv razlichnoy prirody* [Study of binary mixtures of surfactants of various natures]. *Ukrainskiy khimicheskii zhurnal* [Ukrainian Chemical Journal], 2009, vol.75, no.1, pp.28-32.
12. Gumbatov G.G., Dashdiyev R.A. *Primeneniye PAV dlya likvidatsii avariynykh razlivov nefti na vodnoy poverkhnosti* [Application of surfactants to eliminate emergency oil spills on the water surface]. Baku, Elm Publ., 1998, 210 p.
13. Dai Y. et al. [Synthetic method of coconut diethanol amide]. Patent China no.CN107513025A, 2017.
14. Gawali I.T., Usmani G.A. [Novel non-ionic gemini surfactants from fatty acid and diethanolamine: synthesis, surface-active properties and anticorrosion study]. *Chemistry Africa*, 2020, vol.3, pp.75-88.
15. Ahmad I., Patial P., Kaur C., Kaur S. [Cationic imidazolium monomeric surfactants: their synthesis and surface active properties]. *J. Surfact Deterg.*, 2014, vol.17, pp.269-277.
16. Rosen M. J., Kunjappu J. T. [Surfactants and Interfacial Phenomena]. New Jersey, Wiley J & Sons Publ., 2012, 616 p.