

## SYNTHESIS OF NON-IONIC SURFACTANTS FROM SUNFLOWER OIL PRODUCTION RESIDUES

N.Seitkaliyeva<sup>1</sup>, G. Kussainova<sup>1</sup> \*, B. Sadykov<sup>1</sup>, Z.Kambarova<sup>1</sup>,  
Chang Chien-Hsiang<sup>2</sup>, K. Abdiyev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Department of Chemical Engineering, National Cheng Kung University, Taiwan

\*E-mail: g.kussainova@satbayev.university

**Abstract:** According to literature data, currently more than 80% of surfactants (SAS) are produced from raw materials of the petrochemical industry. Industrial processes involving petroleum, natural gas, and coal generate significant amounts of carbon dioxide (a greenhouse gas). The accumulation of greenhouse gases in the atmosphere contributes to global warming. Another major concern associated with surfactants synthesized from hydrocarbon-based feedstocks is their low biodegradability in aquatic environments under the influence of microorganisms and sunlight. Therefore, the development of surfactants based on renewable, environmentally friendly sources such as vegetable oils is an important area of research.

This work focuses on the synthesis of nonionic surfactants from technical-grade vegetable oil, specifically from sunflower oil production waste, and the investigation of their properties. A mixture of fatty carboxylic acids obtained from technical vegetable oil was esterified with ethylene glycol (EG), diethylene glycol (DEG), and triethylene glycol (TEG) to produce nonionic surfactants. The chemical composition of the synthesized surfactants was confirmed by IR and NMR spectroscopy. The results demonstrated that the compounds possess surface-active properties and can be used as environmentally safer detergents.

**Keywords:** surfactant, fatty carboxylic acids, technical vegetable oil, inexhaustible source of raw materials, biodegradable compound

|                              |                                                                                                    |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Seitkaliyeva Nurgul -</b> | Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor;<br>E-mail: n.seitkaliyeva@satbayev.university |
| <b>Kussainova Gulsara</b>    | Master of technical science, tutor, researcher;<br>E-mail: g.kussainova@satbayev.university        |
| <b>Sadykov Baltabay</b>      | Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor;<br>E-mail: bl.sadykov@satbayev.university     |
| <b>Kambarova Zarina</b>      | Doctoral student; E-mail:<br>z.kambarova@stud.satbayev.university                                  |
| <b>Chang Chien-Hsiang</b>    | PhD, Professor; E-mail: changch@mail.ncku.edu.tw                                                   |
| <b>Abdiyev Kaldibek</b>      | Doctor of Chemical Sciences, Professor;<br>E-mail: k.abdiyev@satbayev.university                   |

**Citation:** Seitkaliyeva N., Kussainova G., Sadykov B., Kambarova Z., Chang Chien-Hsiang, Abdiyev K. Synthesis of non-ionic surfactants from sunflower oil production residues. *Chem. J. Kaz.*, **2025**, 3(91), 95-104. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.38>

# КҮНБАҒЫС МАЙЫ ӨНДІРІСІ ҚАЛДЫҒЫНАН НЕИОНОГЕНДІК БЕТТІК-АКТИВТІ ЗАТТАР СИНТЕЗДЕУ

**Н.Ж.Сейтқалиева<sup>1</sup>, Г.Қ.\*Құсайынова<sup>1</sup>, Б.Б.Садықов<sup>1</sup>, З.Н.Қамбарова<sup>1</sup>,  
Chang Chien-Hsiang<sup>2</sup>, Қ.Ж.Әбдиев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup> Department of Chemical Engineering, National Cheng Kung University, Taiwan

\*E-mail: g.kussainova@satbayev.university

**Түйіндемe:** Әдеби деректерге сәйкес, қазіргі таңда беттік-активті заттардың (БАЗ) 80%-дан астамы мұнай-химия өнеркәсібінің шикізаттарынан өндіріледі. Мұнай, табиғи газ және көмірді пайдаланатын өндіріс процестері барысында көп мөлшерде көміртек диоксиді (парник газы) бөлінеді. Ал парниктік қабаттың жұқаруы жаһандық жылынуға әкелуі мүмкін. Көмірсутектік шикізаттан БАЗ синтездеуден туындайтын тағы да бір күрделі мәселе – ол су айдындарындағы мұндай БАЗ молекулаларының микроорганизмдер мен күн сәулесінің әсерінен табиғи ыдырау жылдамдығының төмендігі. Сондықтан экология тұрғысынан алғанда қауіпсіз, қоры сарқылмайтын өсімдік майлары негізінен БАЗ синтездеу маңызды мәселелердің бірі болып саналады.

Бұл жұмыста техникалық өсімдік майы - күнбағыс майын өндіру қалдықтары негізінде неионогендік БАЗ синтездеу және олардың қасиеттерін зерттеу нәтижелері қарастырылған. Техникалық өсімдік майынан алынған майлы карбон қышқылдарының коспасын этиленгликольмен (ЭГ), диэтиленгликольмен (ДЭГ) және үшэтиленгликольмен (ҮЭГ) этерификациялау арқылы неионогендік БАЗ (НИБАЗ) синтезделді. Алынған НИБАЗ-ң құрамы ИҚ-және ЯМР-спектроскопия әдістері арқылы анықталды. Аталмыш НИБАЗ беттік-активтік көрсететіндігі және оларды экология тұрғысынан қарағанда қауіпсіз жуғыш заттар ретінде пайдалануға болатындығы анықталды.

**Түйінді сөздер:** беттік-активті зат, майлы карбон қышқылдары, техникалық өсімдік майы, қоры сарқылмайтын шикізат көзі, биологиялық жолмен ыдырайтын қосылыс

|                                          |                                                                 |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <i>Сейтқалиева Нұрғұл Жарылқағанқызы</i> | <i>химия ғылымдарының кандидаты, ассоциативтік профессор.</i>   |
| <i>Құсайынова Гүлсара Қасымханқызы</i>   | <i>техника ғылымдарының магистрі, оқытушы, ғылыми қызметкер</i> |
| <i>Садықов Балтабай Балтабекұлы</i>      | <i>химия ғылымдарының кандидаты, доцент</i>                     |
| <i>Қамбарова Зарина Нұрланқызы</i>       | <i>докторант</i>                                                |
| <i>Chang Chien-Hsiang</i>                | <i>PhD, профессор.</i>                                          |
| <i>Әбдиев Қалдыбек Жамшайұлы</i>         | <i>химия ғылымдарының докторы, профессор</i>                    |

## 1. Кіріспе

Қазіргі заманғы химия өнеркәсібіндегі үрдістер экологиялық тұрғыдан қауіпсіз, биологиялық жолмен ыдырайтын және ресурс үнемдейтін өнімдерді, соның ішінде беттік-активті заттарды (БАЗ) жасауға бағытталған. Ерекше назар НИБАЗ-ға аударылып отыр, себебі олар төмен уыттылыққа, жоғары биологиялық үйлесімділікке ие және тамақ, фармацевтика, косметика және тоқыма өнеркәсібінде кеңінен қолданылады [1, 2]. НИБАЗ синтездеудің тиімді жолы - қоры жаңартылып отыратын өсімдік тектес шикізатты пайдалану. Күнбағыс майын рафинадтау кезінде түзілетін техникалық май қышқылдары мен сабындар арзан, әрі қолжетімді шикізат

болып табылады, бұл оларды экономикалық жағынан тиімді әрі экологиялық жағынан ұтымды етеді [3]. Неионогендік БАЗ синтездеудің кең тараған әдісі ол майлы карбон қышқылдарын этоксилдеу немесе гликольдермен түрлендіру [4].

Бұл жұмыстың мақсаты – күнбағыс майы өндірісінің қалдығынан алынған майлы карбон қышқылдары қоспасы мен әртүрлі гликольдер (ЭГ, ДЭГ және YЭГ) негізінде неионогендік БАЗ-дар синтездеу және олардың физика-химиялық және беттік-активтік қасиеттерін зерттеу.

## 2. Тәжірибелік бөлім

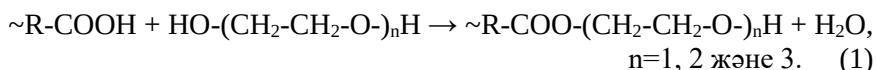
*Майлы карбон қышқылдары (МКҚ) мен этиленгликоль (ЭГ) қоспасынан неионогендік беттік-активті зат синтездеу*

НИБАЗ-дар синтездеу үшін қажетті гидрофобтық фрагмент – майлы карбон қышқылдарының қоспасы (МКҚ) күнбағыс майы өндірісінің қалдығын сілтілік гидролиздеу және экстракциялау арқылы алынды [5].

МКҚ қоспасынан НИБАЗ синтездеу үшін этерификация және поликонденсация әдістері таңдап алынды. МКҚ қоспасынан НИБАЗ синтездеу үшін магнит араластырғышпен, термометрмен және реакциялық ортадан суды бөлу алу үшін қажетті Дин-Старк жинағышымен жабдықталған үшмойынды колба таңдап алынды. Колбаға 0.45 моль ЭГ және катализатор ( $H_2SO_4$  ерітіндісі, жалпы массаның 1 мас. %) құйылды. Ары қарай, катализатор ЭГ-мен араласқан соң, реакциялық ортаға МКҚ қоспасының қажетті мөлшері қосылды. Реакциялық ортадағы МКҚ:ЭГ реагенттерінің мольдік қатынасы 1:1.2 тең болды. Конденсациялану реакциясы ауа моншасында 155-165°C температурада, үздіксіз араластыру жағдайында 2 сағат бойы жүргізілді.

Реакция барысында түзілген күрделі эфирдің мөлшері (реакция шығымы) бөлінген су көлемі және қоспаның қышқылдық саны арқылы есептелінді. Реакцияның шығымы 90-95 %. Алынған өнім – қоңыр түсті тұтқыр сұйық зат.

Жоғарыдағы әдіс бойынша МКҚ негізінде ДЭГ және YЭГ қосу арқылы НИБАЗ-дар синтезделді. Реакция барысында МКҚ-ның гликольдермен күрделі эфирлері түзілді:



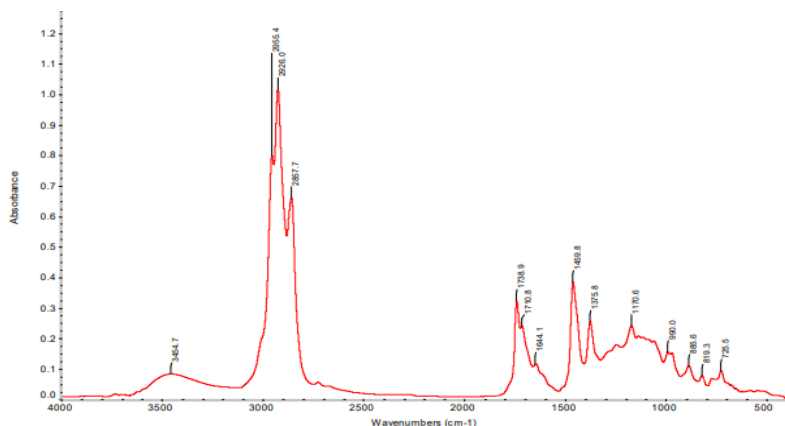
НИБАЗ-дардың ИҚ-спектрлері Nicolet 5700, Termo Corporation, USA спектрометрінде 4000-500  $cm^{-1}$  жиіліктер аралығында түсірілді.  $^1H$  және  $^{13}C$  ЯМР- спектрлері  $CDCl_3$  еріткішін пайдалана отырып JNM-ECA Jeol 400 спектрометрінде (тиісінше 399.78 және 100.53 МГц жиілігі) жазылды. Химиялық ығысулар дейтерленген хлороформның қалдық протондарынан немесе көміртек атомдарынан келетін сигналдарға қатысты өлшенді.

НИБАЗ-дар ерітінділерінің беттік керілуі Вильгельми әдісі арқылы платина пластинкасын қолдана отырып өлшенді. Беттік керілуді өлшеу әдісі [5] мақалада толығымен қарастырылған.

### 3. Нәтижелер және талқылау

#### 3.1 Синтезделген неионогендік БАЗ-дардың элементтік және функциональдық құрамдарын заманауи әдістер арқылы анықтау

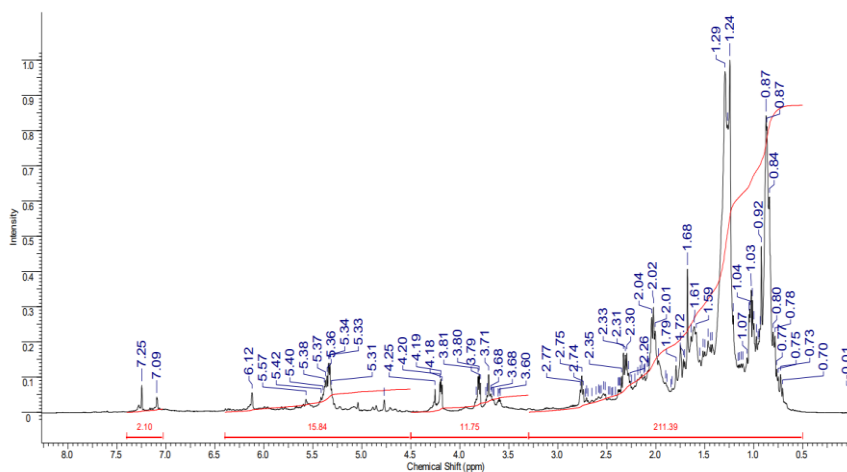
Синтезделген НИБАЗ-ң ИҚ-спектрінде (1-сурет)  $1738\text{ см}^{-1}$  жиілікте қаныққан карбон қышқылының карбоксил  $-\text{CH}_2-\text{COOH}$  тобына тиісті,  $1644\text{ см}^{-1}$  жиілікте қанықпаған карбон қышқылының карбоксил  $-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$  тобына тиісті жолақтар,  $3454\text{ см}^{-1}$  жиілікте этиленгликольдің бос гидроксил тобына тиісті жолақ, ал  $2857\div 2926\text{ см}^{-1}$  жиіліктерде өзара байланысқан гидроксил топтарына тиісті жолақтар көрінеді [6]. Ал қаныққан және қанықпаған карбон қышқылдарының күрделі эфирлеріндегі  $-\text{C}-\text{O}-\text{C}-$  байланыстарына тиісті жолақ  $1170\text{ см}^{-1}$  жиілікте байқалады. Демек, ИҚ-спектрге сүйене отырып, қоспадағы майлы карбон қышқылдары мен этиленгликоль арасында реакция жүріп, күрделі эфир түзілді деп тұжырым жасауға болады.



Сурет 1 – МКҚ қоспасы мен ЭГ негізіндегі НИБАЗ-дың ИҚ-спектрі

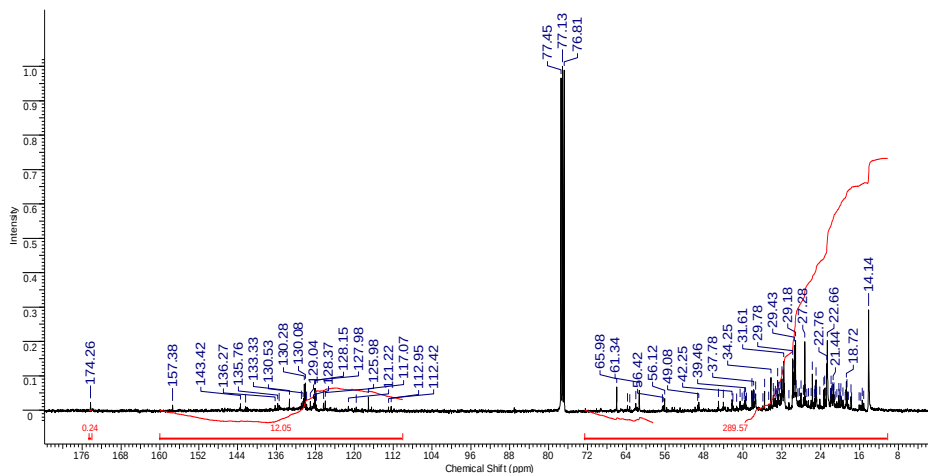
МКҚ қоспасының ЭГ-мен күрделі эфирінің  $^1\text{H}$  ЯМР спектрі барлық диа-пазонда әртүрлі фрагменттік құрылымдардың протондарынан сигналдардың болуымен сипатталады (2-сурет).  $0.50\text{--}3.30\text{ ppm}$  аймағында МКҚ қалдықтары мен ЭГ фрагменттерінің метил және метилен топтарынна тиісті протондар сигналдары байқалады. Бұл МКҚ-ЭГ эфирлері қоспасындағы фрагменттердің ең көп тобы, олардың интегралдық протондық қарқындылығы  $211.39\text{H}$ . Ал  $3.30\text{--}4.50\text{ ppm}$  аймағындағы сигналдар көршілес жатқан оттегі атомдары немесе басқа электртеріс функциональдық топтары бар протондарға тиісті жолақтар. Олардың

интегралдық протондық қарқындылығы 11,75Н. Ал 4.50-6.40 ppm аймағында байқалатын май қышқылдары қалдықтарының протондық сигналдары карбон қышқылдарының қанықпаған фрагменттеріне тиісті. Олардың интегралдық протондық қарқындылығы 15.84Н. 6.70-7.40 ppm аймағындағы қалған сигналдар ЭГ мен МКҚ-ның күрделі эфирлерінің құрамында ароматтық протондардың бар екендігін көрсетеді, олардың протондық интегралдық қарқындылығы 2.10Н. Жоғарыда келтірілген нәтижелерден МКҚ-ЭГ эфирлерінің қоспасында 6.5% қанықпаған сутек атомдары бар деп болжауға болады. МКҚ қоспасының ЭК-мен этерификациялануы барысында күрделі эфирлердің жалпы қанықпағандығы аздап төмендейді және этерификациялану реакциясы жүретіндігін растайды. Сонымен бірге, МКҚ-ның ЭГ-мен әрекеттесуі барысында қоспадағы ароматтық күрделі эфирлердің үлесі бастапқы май қышқылдары құрамындағы (2.54 %) мөлшерінен 0.87%-ға дейін азаятындығы анықталды.



Сурет 2 - МКҚ қоспасы мен этиленгликоль (ЭГ) негізіндегі НИБАЗ-дың  $^1\text{H}$  ЯМР моделі

Майлы карбон қышқылдарының этиленгликольмен эфирлері қоспасының  $^{13}\text{C}$  ЯМР спектрінде метил және метилен топтарындағы көміртегі атомдарының сигналдары 10.00-49.32 ppm аймағында көрінеді (3-сурет).



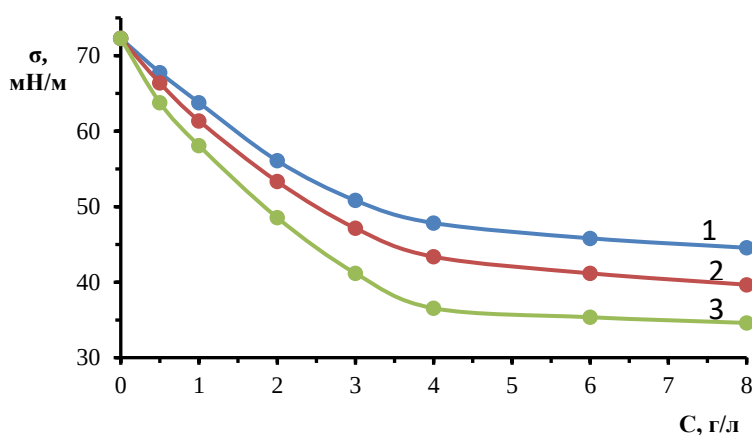
Сурет 3 - МКҚ қоспасы мен этиленгликоль (ЭГ) негізіндегі  
НИБАЗ-дың  $^{13}\text{C}$  ЯМР моделі

Оттегі атомдарымен және басқа электртеріс атомдармен іргелес жатқан көміртегі атомдарының сигналдары 49.32-73.00 ppm аймағында, яғни метил және метилен топтарынан әрірек орналасқан. Бұл ядролардың көміртектік интегралдық қарқындылығы 289.57. Ал 110.00-160.00 ppm аймағында пайда болған сигналдардың шағын тобы қанықпаған топтардың көміртек атомдарына тиісті жолақтар. Олардың интегралдық қарқындылығы 12.06.  $^{13}\text{C}$  ЯМР спектрінде 174.26 ppm сигналының болуы майлы карбон қышқылдарының этиленгликольмен қоспасында күрделі эфир топтарының және карбоксил топтары қалдықтарының бар екендігін көрсетеді, оның интегралдық қарқындылығы 0.24. ДЭГ, ҮЭГ және МКҚ қоспасы негізінде түзілген НИБАЗ-дардың құрамдары да жоғарыдағыдай ИҚ- және ЯМР-спектроскопия әдістерімен дәлелденді.

### 3.2 Синтезделген НИБАЗ-дардың беттік-активтік қасиеттері

Неионогендік беттік-активті заттардың беттік қасиеттеріне - беттік керілу мен адсорбциялық мәндері және ерітіндіде мицелла түзілуінің критикалық концентрациясы (ККМ) жатады. Бұл көрсеткіштер «сұйық/газ» және «сұйық/сұйық» жүйелеріндегі БАЗ-ң адсорбцияға қабілеттілігін анықтайтын негізгі параметрлер болып саналады. Бұл қасиеттерді кешенді зерттеу молекулалардың құрылымдық ерекшеліктері мен олардың фазалар арасындағы активтігі арасындағы байланысты анықтауға мүмкіндік береді.

Беттік керілу мәндерінің тепе-теңдік нәтижелері бойынша БАЗ ерітінділерінің беттік керілу изотермасы тұрғызылды. 4-суретте этиленгликоль негізіндегі (МКҚ-ЭГ), диэтиленгликоль негізіндегі (МКҚ-ДЭГ) және үшэтиленгликоль негізіндегі (МКҚ-ҮЭГ) НИБАЗ-дардың беттік керілу изотермалары көрсетілген.

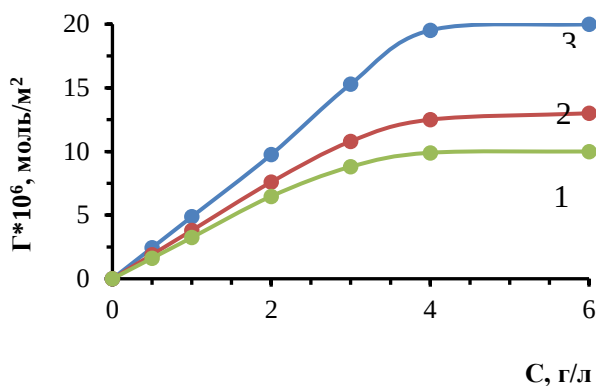


Сурет 4 – МКҚ-ЭГ (1), МКҚ-ДЭГ (2) және МКҚ-ҮЭГ (3) НИБАЗ ерітінділерінің беттік керілу изотермалары.  $T=298$  К.

Суреттен БАЗ-ң ерітіндідегі концентрациясы артқан сайын судың беттік керілуі төмендейтіндігін аңғаруға болады. Бұның өзі БАЗ молекулаларының су/ауа фазааралық бөлу бетіне адсорбцияланатындығын көрсетеді. Беттік керілудің ең жоғары төмендеуі МКҚ-ҮЭГ ерітіндісінде байқалады. Бұл басқалармен салыстырғанда, оның беттік-активтігінің жоғары екендігін көрсетеді. МКҚ-ЭГ, МКҚ-ДЭГ және МКҚ-ҮЭГ қатарында солдан оңға қарай беттік-активтіліктің артуын БАЗ молекуласы құрамындағы этиленоксид ( $-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ ) тобының саны артқан сайын молекуланың гидрофильдігі өсетіндігімен түсіндіруге болады. БАЗ-ң ерігіштігі жақсара түседі. Бұл тұжырымды ККМ мәндері де растай түседі: МКҚ-ЭГ-ден МКҚ-ҮЭГ-ке ауысқанда НИБАЗ-ң критикалық мицеллатүзу концентрациясы өсіп отырады. Мұның бәрі, сайып келгенде, БАЗ молекулаларының су/ауа фазааралық бөлу бетіне адсорбциялануын жақсартта түседі. Ары қарай, беттік керілу изотермаларынан Гиббс теңдеуін (4) пайдалана отырып, адсорбция мәндері есептелді:

$$\Gamma = -\frac{c}{RT} \frac{d\sigma}{dc} = -\frac{1}{RT} \frac{d\sigma}{d \ln c} \quad (2)$$

5 - суреттен көріп тұрғанымыздай, МКҚ-этиленоксид негізіндегі НИБАЗ-дың құрамындағы этиленоксид тобының саны артқан сайын адсорбция шамасы өсіп отырады және критикалық мицеллатүзу концентрациясы (ККМ) маңайында адсорбция өзінің тұрақты мәніне жетеді [8].



Сурет 5 – МКҚ-ЭГ (1), МКҚ-ДЭГ (2) және МКҚ-ҮЭГ (3) НИБАЗ-дардың адсорбция изотермалары.

Жалпы адсорбция изотермаларын шартты түрде екі аймаққа бөліп қарастыруға болады. Бастапқы аймақта (концентрацияның аз аймағында) ерітіндінің концентрациясы артқан сайын адсорбция шамасы күрт өсіп отырады. Екінші аймақта (концентрацияның үлкен аймағында) адсорбцияның мәні біршама баяу өседі де, ары қарай өзінің тұрақты мәніне шығады. Адсорбция изотермаларын салыстыратын болсақ, МКҚ-ҮЭГ негізіндегі БАЗ-дың су/ауа бөлу қабатына адсорбциялану қабілеті басқаларына қарағанда жоғары екендігін аңғаруға болады. Бұны МКҚ-ҮЭГ молекуласы гидрофильдігінің басқалармен салыстырғанда, біршама жоғары екендігімен түсіндіруге болады.

Демек, НИБАЗ құрамындағы этиленоксид тобының саны артқан сайын, оның адсорбциялық қабілеті өсіп отырады. Бұл құбылыс әдебиет деректерімен сәйкес келеді, яғни, НИБАЗ молекулаларының гидрофильдігі артқан сайын адсорбция күшейіп, беттік керілудің төмендеуі байқалады [9].

Сонымен бірге, беттік керілу изотермаларынан НИБАЗ-ң критикалық мицеллатүзу концентрацияларын (КМТК) анықтауға болады. Олар мынаған тең болды: КМТК(МКҚ-ЭГ) = 8 г/л; КМТК(МКҚ-ДЭГ) = 6 г/л және КМТК(МКҚ-ҮЭГ) = 4 г/л.

#### 4. Қорытынды

Техникалық өсімдік майын - күнбағыс майы өндірісінің қалдығын сілтілік гидролиздеу және экстракциялау арқылы алынған майлы карбон қыш-қылдарының қоспасын гликольдермен (ЭГ, ДЭГ және ҮЭГ) этерификациялау реакциясы арқылы жаңа неионогендік БАЗ-дар синтезделді. БАЗ-дардың шығымы 90-95 % құрады.

Алынған НИБАЗ-ң функциональдық құрамы ИҚ-спектроскопия, <sup>1</sup>H ЯМР және <sup>13</sup>C ЯМР-спектроскопия әдістері арқылы дәлелденді.

Алынған НИБАЗ-дардың беттік керілу изотермалары тұрғызылып, одан су/ауа фазааралық бөлу бетіндегі адсорбция шамалары есептелді.



Сонда, НИБАЗ-дың құрамында этиленоксид тобының саны артқан сайын оның судың беттік керілуін төмендету қабілеті және адсорбция шамасы арта түсетіндігі анықталды.

МКҚ-этиленгликоль беттік-активті заттарын экология тұрғысынан қарағанда біршама қауіпсіз (биологиялық жолмен ыдырайтын) жуғыш заттар ретінде қолдануға болады.

**Қаржыландыру:** Бұл зерттеуді ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті (грант № AP19678114) қаржыландырды.

**Мүдделер қақтығысы:** авторлар арасында мүдделер қақтығысы жоқ.

## СИНТЕЗ НЕИОНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА

*Сейткалиева<sup>1</sup> Н.Ж., Кусаинова<sup>1</sup> Г.К. \*, Садыков<sup>1</sup> Б.Б., Камбарова<sup>1</sup> З.Н., Chang Chien-Hsiang<sup>2</sup>, Абдиев<sup>1</sup> К.Ж.*

<sup>1</sup> Satbayev University, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup> Department of Chemical Engineering, National Cheng Kung University, Taiwan

\*E-mail: g.kussainova@satbayev.university

**Резюме:** Согласно литературным данным, в настоящее время более 80% поверхностно-активных веществ (ПАВ) производятся из сырья нефтехимической промышленности. В ходе промышленных процессов с использованием нефти, природного газа и угля выделяется большое количество диоксида углерода (парникового газа). Разрушение парникового слоя может привести к глобальному потеплению. Ещё одной серьёзной проблемой, связанной с синтезом ПАВ из углеводородного сырья, является низкая скорость естественного разложения таких молекул ПАВ под воздействием микроорганизмов и солнечного света в водоёмах. Поэтому с экологической точки зрения важным направлением является синтез ПАВ на основе возобновляемого и безопасного растительного сырья, такого как растительные масла.

В данной работе представлены результаты синтеза неионогенных ПАВ (НИПАВ) на основе технического растительного масла – отходов производства подсолнечного масла, а также изучены их свойства. Неионогенные ПАВ синтезированы путём этерификации смеси жирных карбоновых кислот, полученных из технического растительного масла, этиленгликолем (ЭГ), диэтиленгликолем (ДЭГ) и триэтиленгликолем (ТЭГ). Состав полученных НИПАВ был определён методами ИК- и ЯМР-спектроскопии. Установлено, что они обладают поверхностно-активными свойствами и могут быть использованы в качестве экологически безопасных моющих веществ.

**Ключевые слова:** ПАВ, жирные карбоновые кислоты, техническое растительное масло, неисчерпаемый источник сырья, биоразлагаемое соединение.

|                                          |                                                                   |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <i>Сейткалиева Нұрғұл Жарылқағанқызы</i> | <i>кандидат химических наук, ассоциированный профессор</i>        |
| <i>Құсайынова Гүлсара Касымханқызы</i>   | <i>Магистр технических наук, преподаватель, научный сотрудник</i> |
| <i>Садықов Балтабай Балтабекұлы</i>      | <i>кандидат химических наук, доцент</i>                           |
| <i>Қамбарова Зарина Нұрланқызы</i>       | <i>докторант</i>                                                  |
| <i>Chang Chien-Hsiang</i>                | <i>PhD, профессор</i>                                             |
| <i>Әбдиев Қалдыбек Жамшайұлы</i>         | <i>доктор химических наук, профессор</i>                          |

**Әдебиеттер тізімі**

1. Rane, S. R., et al. Synthesis, Characterization, and Physicochemical Performance of Non-ionic Surfactants via PEG Modification of Epoxides of Alkyl Oleate Esters. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, **2022**, DOI:10.1021/acssuschemeng.2c06298
2. Physicochemical Characterization of Ethoxylation Products of Fatty Acid Esters. *Frontiers in Chemical Engineering*, **2021**, V3. DOI:10.3389/fceng.2021.617701
3. Mohamed WaselAbdallah El sawyWagdy EL dougdougShow all 5 authorsMohamed El-Attar. Synthesis and evaluation of the surface and thermodynamic properties of nonionic surfactants obtained from vegetable oil waste. *Bulletin of Faculty of Science Zagazig University*, **2024** (1):102-110 DOI:10.21608/bfszu.2023.230401.1299
4. Nashy, E.-S.H.A., Abo-ELwafa, G.A., Aly, S.M., Masoud, R.A., and Elsayed, H. Non-ionic Fatliquoring and Lubricating Agents Based on Ethoxylated Jojoba Fatty Acids. *Waste and Biomass Valorization*, **2023**, V15, Issue 2, p.637. DOI:10.1007/s12649-023-02227-z
5. Abdiyev K.Zh., Sadykov B.B., Zhurumbayeva M.B., Seitkaliyeva N.Zh., Chien-Hsiang Chang, Kussainova G.K., Toktarbay Zh., Kambarova Z.N. New Nonionic Surfactants from Renewable raw materials - Sunflower oil Production Waste. *ES Materials & Manufacturing*, **2025** (30). DOI:10.30919/mm1679
6. Zargar AN, Mishra S, Kumar M, Srivastava P. Isolation and chemical characterization of the biosurfactant produced by *Gordonia* sp. IITR100. *PLoS One*, **2022**, Apr 14;17(4):e0264202. DOI:10.1371/journal.pone.0264202 . PMID: 35421133; PMCID: PMC9009618.
7. Faramarzi, B.; Portaccio, M.; Delfino, I.; Lepore, M. Characterization of Lipid Components in Human Cells by Means of ATR FT-IR Spectroscopy. In *European Conference on Biomedical Optics Optica Publishing Group. Technical Digest Series*, paper 126272Q, **2023**. DOI:10.1117/12.2670762
8. Divya Bajpai Tripathy, Anjali Gupta, Arvind Kumar Jain, Anuradha Mishra. *Surfactants from Renewable Raw Materials*, 1<sup>st</sup> Ed., CRC Press, **2022**. DOI:10.1201/9781003144878
9. Veeramanoharan, Ashokkumar, Seok-Chan Kim. A comprehensive review on sustainable surfactants from CNSL: chemistry, key applications and research perspectives. *RSC Adv.*, **2024**, 14, 25429–25471 DOI: 10.1039/D4RA04684F/

**References**

1. Rane, S. R., et al. Synthesis, Characterization, and Physicochemical Performance of Nonionic Surfactants via PEG Modification of Epoxides of Alkyl Oleate Esters. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, **2022**, DOI:10.1021/acssuschemeng.2c06298
2. Physicochemical Characterization of Ethoxylation Products of Fatty Acid Esters. *Frontiers in Chemical Engineering*, **2021**, V3. DOI:10.3389/fceng.2021.617701
3. Mohamed WaselAbdallah El sawyWagdy EL dougdougShow all 5 authorsMohamed El-Attar. Synthesis and evaluation of the surface and thermodynamic properties of nonionic surfactants obtained from vegetable oil waste. *Bulletin of Faculty of Science Zagazig University*, **2024** (1):102-110 DOI:10.21608/bfszu.2023.230401.1299
4. Nashy, E.-S.H.A., Abo-ELwafa, G.A., Aly, S.M., Masoud, R.A., and Elsayed, H. Nonionic Fatliquoring and Lubricating Agents Based on Ethoxylated Jojoba Fatty Acids. *Waste and Biomass Valorization*, **2023**, V15, Issue 2, p.637. DOI:10.1007/s12649-023-02227-z
5. Abdiyev K.Zh., Sadykov B.B., Zhurumbayeva M.B., Seitkaliyeva N.Zh., Chien-Hsiang Chang, Kussainova G.K., Toktarbay Zh., Kambarova Z.N. New Nonionic Surfactants from Renewable raw materials - Sunflower oil Production Waste. *ES Materials & Manufacturing*, **2025**, (30). DOI:10.30919/mm1679
6. Zargar AN, Mishra S, Kumar M, Srivastava P. Isolation and chemical characterization of the biosurfactant produced by *Gordonia* sp. IITR100. *PLoS One*, **2022**, Apr 14;17(4):e0264202. DOI:10.1371/journal.pone.0264202 . PMID: 35421133; PMCID: PMC9009618.
7. Faramarzi, B.; Portaccio, M.; Delfino, I.; Lepore, M. Characterization of Lipid Components in Human Cells by Means of ATR FT-IR Spectroscopy. In *European Conference on Biomedical Optics Optica Publishing Group. Technical Digest Series*, paper 126272Q, **2023**. DOI:10.1117/12.2670762
8. Divya Bajpai Tripathy, Anjali Gupta, Arvind Kumar Jain, Anuradha Mishra. *Surfactants from Renewable Raw Materials*, 1<sup>st</sup> Ed., CRC Press, **2022**. DOI:10.1201/9781003144878
9. Veeramanoharan, Ashokkumar, Seok-Chan Kim. A comprehensive review on sustainable surfactants from CNSL: chemistry, key applications and research perspectives. *RSC Adv.*, **2024**, 14, 25429–25471 DOI: 10.1039/D4RA04684F/