

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2023-3-103-110>

УДК 541.18

## КҮКІРТ-ГИПС ҚОСПАСЫНЫҢ СУЛЫ СУСПЕНЗИЯСЫНЫҢ БЕТТІК-АКТИВТІ ЗАТТАР МЕН СУДА ЕРІГІШ ПОЛИМЕРЛЕРДІҢ КОМПОЗИЦИЯСЫ ҚАТЫСЫНДА ҚҰРЫЛЫМДАНУЫ

Қ. Тоштай<sup>1\*</sup>, Г. М. Абызбекова<sup>2</sup>, С. Азат<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан*

<sup>2</sup> *Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан*

<sup>3</sup> *Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан*

\*Байланыс үшін E-mail: [kainaubek.toshtay@gmail.com](mailto:kainaubek.toshtay@gmail.com)

Бұл мақалада коллоидтық химияның әдістерін қолданып, мұнай өндірісіндегі жинақталған күкіртті қолданысқа жарату жолы және күкірттің гипспен қоспасының беттік-активті заттар мен полимерлер комплекстерінің қатысында құрылымдандыру мүмкіндігі көрсетілді. Анионды полиэлектролит (NaКМЦ) мен катионды (ЦТАБ), катионды полиэлектролит (ПДМДААХ) пен анионды сульфано́л беттік-активті заттардан тұратын композициялар дайындалып, олардың судың беттік керілуіне әсері,  $\zeta$ -потенциалы, күкірт бөлшектеріне жасалынған полимер мен беттік активті заттың жұғу әсері анықталды. Полимер-БАЗ композициясының салыстырмалы концентрациясы артқан сайын, суспензияның пластикалық беріктілігі артатыны, белгілі шектен соң беріктіліктің төмендейтіні анықталды. Бұл полимердің полюсті бөлігіне БАЗ-дың полюсті бөлігі келіп қосылғанда полимер гидрофобтана түсетіндіктен, ол күкірт бөлшектеріне жақсырақ адсорбцияланып, жалпы жүйенің беріктілігі арттыратындығымен түсіндіріледі. Ал полимердің барлық полюсті бөліктері БАЗ-дың полюсті бөліктерімен нейтралданғанда БАЗ молекулалары полимерге гидрофобты бөлігімен адсорбциялана бастайды. Соның нәтижесінде полимер жиырылып, глобула түзе бастайды. Бұл жағдайда жүйенің пластикалық беріктілігі төмендейді.

**Түйін сөздер:** күкірт, гипс, беттік-активті заттар, полимерлер, беттік керілу құрылымдану.

### КІРІСПЕ

Бүгінде қазақстан ТМД территориясындағы алдыңғы қатардағы мұнай өндіруші мемлекеттердің бірі. Жоғары күкіртті мұнай кен орындары көп шоғырланған Батыс Қазақстан аймағында мұнай өндірудің қарқынды дамуы нәтижесінде, күкірттің миллиондаған тоннасы жинақталған. Батыс Қазақстанның климаттық жағдайына байланысты (температураның күрт өзгеруі, жел т.б.) уақыт өте келе үлкен аумақтағы күкіртпен ластану орын алуда [1–6]. Мұндай экологиялық жағдай тек батыс Қазақстанда ғана емес, сонымен қатар әлемдік деңгейде туындап отыр. Осыған байланысты күкіртті халық шаруашылығында тиімді пайдалануды зерттеу өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Бұл затты әдетте медицинада, ауыл шаруашылығында, ветеринарияда, химиялық тыңайтқыш және нанокөмпазитті литий батареяларын алуда пайдаланады [7–10]. Көптеген жұмыстарда мұнай өндірісіндегі жинақталған күкіртті тұрмыста бос жерлердегі, көкөніс, астық қоймаларындағы, шөп сақтайтын орындардағы, шарап қоймаларындағы, тоңазытқыш камералар мен жылыжайлардағы ауру қоздырғыштарды, бактерияларды инфекцияларды, зейінді саңырауқұлақтарын, жәндіктерді жоюдағы тиімді құрал ретінде отандық өнім ретінде түтіндеуші күкіртті (күкірт шашкалары) өндіру жолы ұсынылды. Бұл жұмыста ұнтақталған күкірттің гипспен қоспасының судағы ортада полимерлер мен беттік-активті заттар композициясы қатысында құрылымдану ерекшеліктері зерттелді.

### ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

#### Кристалды күкірт

Жұмыста батыс Қазақстан облысында орналасқан Тенгиз-Шевройл өнеркәсіп орнының мұнай өнімдерін өңдеу барысында қосымша өнім ретінде өндірілетін кристалды күкірт қолданылды. Күкірт – ақшыл-сары түсті, ромб пішінде модификацияланған үлкен кристал түрде болады.

*Беттік активті зат (БАЗ) ретінде қолданылғандар:* сульфано́л (додесилбензолсульфанат натрий), сүзбе секілді массаға ие ақ түсті "Unilever Research Laboratory Port Sunlight, Birkenhead, Cheshire, England", фирмасында өндірілген. Цетилтриметиламмоний бромид (ЦТАБ) тазалығы 99%, Loba Chemie Pvt. Ltd., (India).

*Суда ерігіш полимерлер ретінде (СЕР) карбоксилметилцеллюлоза (NaКМЦ) тазалығы 99%, компания «Алтей», полидиметилдиаллиламмоний (ПДМДААХ). Аталған БАЗ-дармен СЕР-тің химиялық құрылымдық формуласы 1-кестеде көрсетілген. Минералды қоспа: Гипс*

#### Жұғу бұрышын анықтау әдістемесі

Жұғу бұрышы  $\theta$  гониометрлік қондырғысы және арнайы жылжымалы үстелшесі бар горизонтальды микроскоп көмегімен анықталды. Микроскоптағы жылжымалы үстелшеге сұйықтықтың булануын болдырмау мақсатымен, тамшы үстінде қаныққан будың тепе-теңдік қысымын тудыру үшін тік бұрышты кювета орналастырылады. Көлемі 0,04–0,05 см<sup>3</sup> ерітінді немесе су тамшысын кюветада орналасқан кварц немесе тефлон табақшасына микрошприц көмегімен тамызады. Үлгі бетінде тамшы түзілгеннен кейін 5

минуттан соң жұғу бұрышының мәнін бақылайды. Осы уақыт ішінде бұрыш мәні 5–10°-қа төмендеп, әрі қарай тұрақты болады. Бақылау өлшеулерді 5 сағат бойы әрбір 30 минуттан соң жүргізеді.

#### **Беттік керілуді анықтау әдістемесі (Вильгельми әдісі)**

Синтетикалық полиэлектролиттер мен БАЗ ерітінділерінің беттік керілуі ( $\sigma$ ) Вильгельми әдісімен Surface tensiometer DCAТ-21 (Date physics, Германия) құралының көмегімен бөлме температурасында ( $28 \pm 0,5$  °C) анықталды.

#### **Электрокинетикалық потенциалынды электрофорез әдісімен өлшеу**

Күкірт бөлшектерінің электрофоретикалық қозғалғыштығын қозғалмалы шекара әдісімен Рабинович пен Фодиманның түрі өзгерген приборларында өлшедік. Бұйырлық сұйықтық ретінде калий хлориді ерітіндісі пайдаланылды. Электрокинетикалық потенциал Смолуховский теңдеуі бойынша есептелді:

$$\zeta = \frac{4\pi\eta}{H\varepsilon} \cdot U \cdot 300^2 \quad (1)$$

$U$  – электрофоретикалық жылдамдық;  $\eta$  – ортаның тұтқырлығы;  $H$  – потенциал градиенті, В/см.

#### **Конустық пластометр көмегімен дисперсті жүйенің пластикалық беріктігін өлшеу**

Конусты пластометрде суспензияның беріктілігін анықтау үшін, суспензияны металдан жасалған қалыпқа салады. Форманы күшті есептеу үшін қолданылатын лабораториялық таразының үстіне қояды.

Конустың жоғарғы жағындағы горизонталь бөлігі суспензияның бетімен теңескенше конусты суспензияға батырамыз. Конустың биіктігі батыру тереңдігіне сәйкес келеді (0,5 см). Содан кейін зерттеп отырған жүйемізге пластометрдің конусын белгілі  $h$  тереңдікке батыру үшін қандай  $F$  күш қажет екенін жазып алады.

Созыңқы (иімді) беріктілік мәні  $P_m$  мына өрнекпен анықталады:

$$P_m = K \left( F/h_m^2 \right) \quad (2)$$

$$K_\alpha = \frac{100}{\pi} \cdot g \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \quad (3)$$

$K_\alpha$  – конустың ұшындағы  $\alpha$  бұрышқа тәуелді сандық коэффициент.  $\alpha = 40^\circ$  болғанда  $K=0,77$ . Конусты әр рет метал форманың периметрі бойынша сынамааның жаңа бөлігіне батырады.

#### **Сканерлеуші-электронды микроскопиялық түсірілімдер**

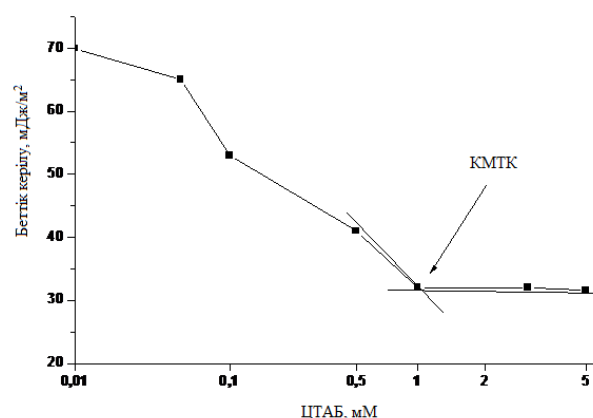
Өңделмеген күкірт бөлшектерінің бетінің, БАЗ, полимер және олардың комплекстерімен өңделген күкірттің электронды-микроскопиялық суреттері сканерлеуші-электронды микроскопиялық әдіс арқылы алынды.

#### **ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ**

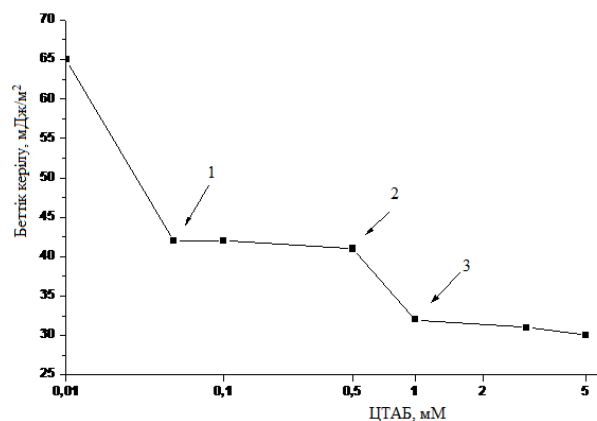
Композициялық БАЗ-дарды халық шаруашылығының көптеген саласына қолдану үшін олардың

әртүрлі фазааралық шекарадағы қасиеттерін зерттеу қажет. БАЗ-полимер ассоциаттарының әрекеттесу заңдылықтары шетел және отандық ғалымдардың еңбектерінде анықталып, мұндай ассоциаттарды, не комплекстерді БАЗ-дардың жаңа тобына жатқызуға болатыны көрсетілді [11–16].

Осыған байланысты, осы жұмыста анионды полиэлектролит NaКМЦ мен катионды ЦТАБ, катионды ПДМДААХ пен анионды сульфано́л беттік-активті заттардан тұратын композициялар құрастырылып, олардың беттік керілуі өлшенді. Өйткені беттік керілу қандайда болсын заттың беттік активтілігін бағалайтын шама болып табылады.



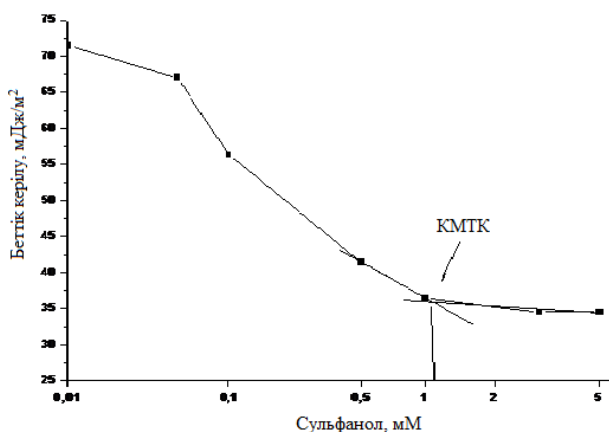
1-сурет. ЦТАБ-тың сулы ерітіндісінің беттік керілуі изотермасы



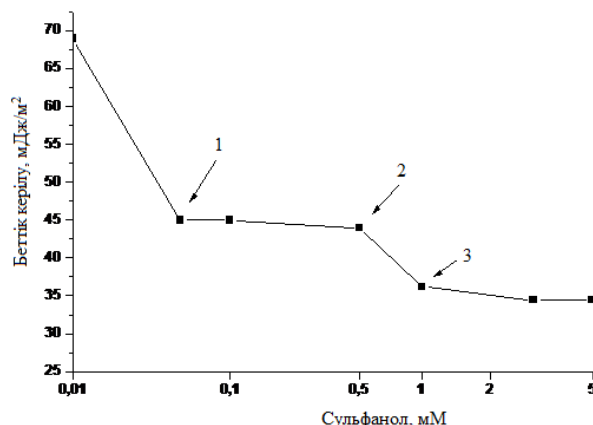
2-сурет. СТАБ пен 0,01%-тік NaКМЦ композициясының сулы ортадағы беттік керілуі изотермасы

2-, 4-суреттерден СЕП/БАЗ композициясының беттік керілуі изотермасы, суреттен СЕП/БАЗ композициясы судың беттік керілуін жылдам төмендетіп, критикалық агрегаттану концентрациясына жеткенде қайтадан аздап өседі де тұрақтанады. Сосын критикалық қанығу концентрациясына, сосын КМТК-дейін төмендейді, ерітіндідегі мицелла түзілуінің себебінен екінші ойыс пайда болады. БАЗ-дың таза судағы графигі тек қана бір КМТК-ын көрсетеді, ал NaКМЦ, ПДМДААХ қатысында 3 критикалық концентрация пайда болады, (1 – критикалық агрегаттану концентрациясы, 2 – критикалық қанығу

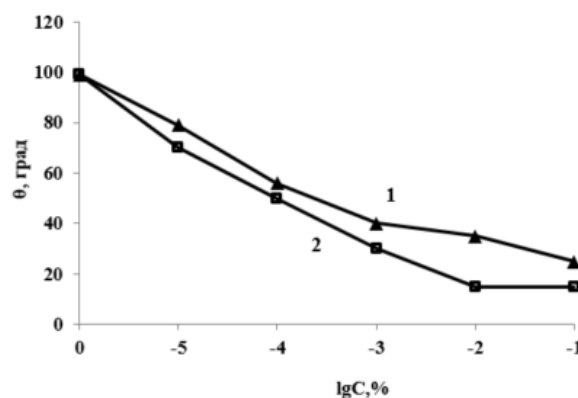
концентрациясы, 3 – критикалық мицелла түзілу концентрациясы) бұл  $\text{NaKMЦ}$ -ның катионды БАЗ ЦТАБ-тің ерітіндісімен, ПДМДААХ-тың анионды БАЗ сульфанола ерітіндісімен ассоциаттар түзетінін көрсетеді. Беттік активті заттың критикалық қанығу концентрациясында БАЗ-дың полиэлектролит бетімен байланысып адсорбциялануының себебінен полиэлектролит бетінде байланысады (ұстасады). Ассоциациялану процесі кезінде (1-ойыс) ерітіндінің беттік керілуі БАЗ-дың полиэлектролит молекулаларымен ассоциациялануынан тұрақтанады, сондай-ақ БАЗ-дің бос молекулалары ерітіндінің беттік қасиеттерін өзгертуге болмайтындығын көрсетеді. БАЗ-дың катиондық, аниондық полярлы топтары электростатикалық тартылыс салдарынан полимер бетінде аниондық карбоксил, катиондық аммоний группаларымен байланысады. Полимер молекулалары беттік-активті зат молекулаларымен байланысып қаныққан кезде беттік керілу БАЗ-дың концентрациясының артуымен БАЗ-дың белгілі бір тұрақты концентрациясына дейін төмендейді. Бұл МТКК деп аталады. Бұл БАЗ-полимер жүйесі екі басқышпен жүреді: бірінші БАЗ-полимер бетінде электростатикалық тартылыс күші арқылы байланысады. екіншіде МТКК кезінде полимер мицелламен қапталып ерімейтін полимер-БАЗ комплексі түзіледі [17–19].



3-сурет. Сульфанола сулы ерітіндісінің беттік керілу изотермасы



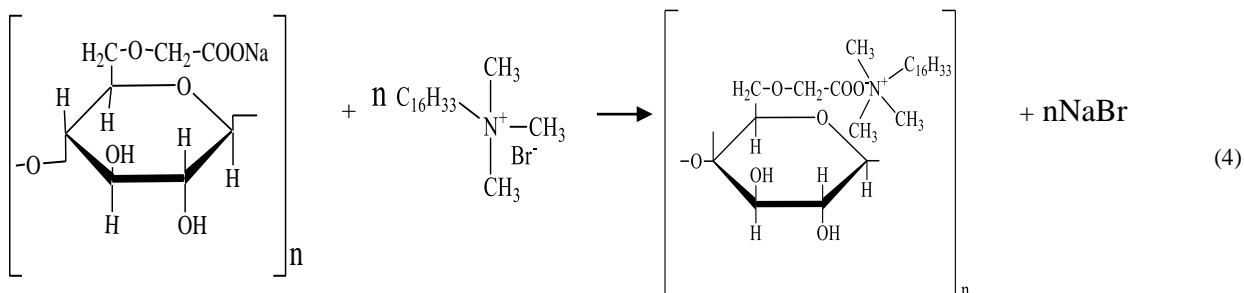
4-сурет. ЦТАБ пен 0,1%-тік ПДМДААХ композициясының сулы ортадағы беттік керілу изотермасы



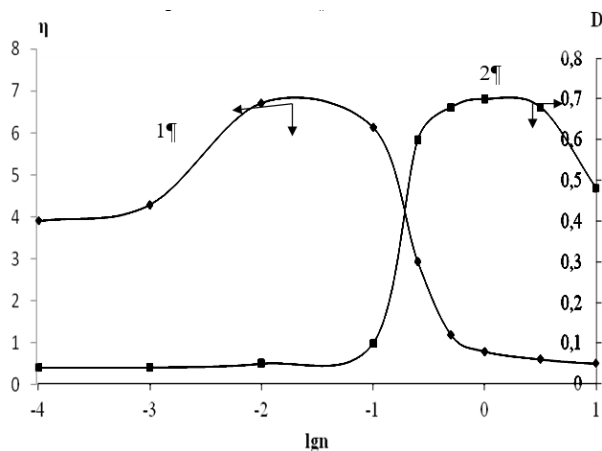
5-сурет. Престелген күкірт бетіне ЦТАБ пен  $\text{NaKMЦ}$  (1) және Сульфанола мен ПДМДААХ композициясының (2) судағы ерітінділерінің жұғу изотермалары,  $t=25\text{ }^{\circ}\text{C}$

БАЗ-полимер композициясының судағы ерітінділерінің сығылған күкірт бетіне жұғу изотермасы зерттелді (5-сурет). Суреттен адсорбцияланған БАЗ-полимер композициясының әсерінен жеке БАЗ және полимерлерге қарағанда күкірт бетінің едәуір гидрофильденетінін байқаймыз және өз кезегінде БАЗ-полимер композициясы дисперстік жүйедегі контактылар санын арттырады.

ЦТАБ- $\text{NaKMЦ}$  ерітінділерінде ионалмасу реакциясының нәтижесінде мынадай комплекс түзіледі:



Мұндай реакцияның жүру нәтижесінде  $\text{NaKMЦ}$  тізбегінің гидрофильді-липофильді балансы өзгереді де, оның беттік активтілігі артады. Бірақ та ЦТАБ пен  $\text{NaKMЦ}$ -нің әрекеттесу реакциясы рН-тың өзгеруіне алып келмейді. Бұл  $\text{NaKMЦ}$ -нің ЦТАБ-пен әрекеттескенде бейтарап өнім- тұз түзілуіне байланысты. Сол себепті электростатикалық әрекеттесуді әлсіз негіз бен әлсіз қышқылдың электростатикалық әрекеттесуін анықтау үшін қолданылатын дәстүрлі әдіс – ортаның рН-ның өзгеруіне негізделген әдіспен есептеу мүмкін емес. Сондықтан ЦТАБ пен  $\text{NaKMЦ}$ -ның әрекеттесуін тұтқырлықтың, оптикалық тығыздықтың және олардың бинарлы ерітінділерінің электростатикалық қасиеттерінің өзгеруіне негізделе отырып болжадық.

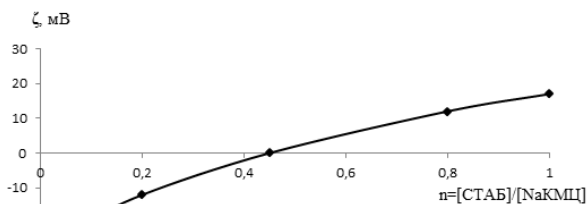


6- сурет. Келтірілген тұтқырлық (1) пен оптикалық тығыздықтың (2) ЦТАБ- $\text{NaKMЦ}$  композициясының салыстырмалы концентрациясына ( $n$ ) тәуелділігі.  
 $C_{\text{NaKMЦ}}=0,01\%$

Поликомплексстердің түзілуі келтірілген тұтқырлықтың алдымен артып, содан кейін төмендеуімен жүреді. Келтірілген тұтқырлықтың артуы мына себептен болады: толығымен жайылмаған  $\text{NaKMЦ}$ -ның макромолекуласы ЦТАБ-тың молекуласымен әрекеттесіп, жайылады. Сол кезде келтірілген тұтқырлық арта бастайды. Келтірілген тұтқырлықтың төмендеуі оптикалық тығыздықтың артуымен қатар жүреді. Бұл БАЗ-дың мөлшерінің артуымен макромолекулалардың өте күшті сығыла бастауын көрсетеді. Полиэлектролиттің заряды ЦТАБ-тың қарама-қарсы зарядымен толығымен нейтралданғанда полиэлектролит тұна бастайды.

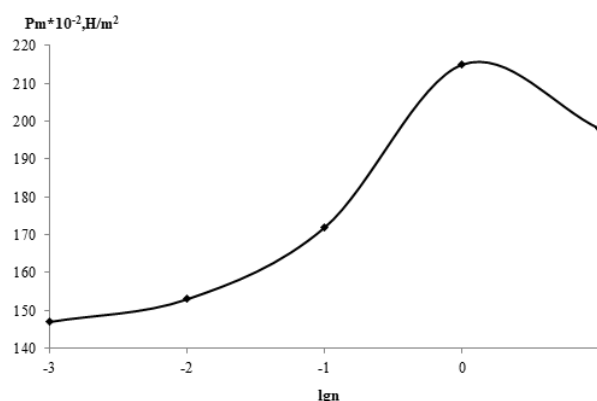
ЦТАБ пен  $\text{NaKMЦ}$ -ның әрекеттесуі туралы қосымша мәліметті  $\text{NaKMЦ}$ -ның сулы ерітіндісін ( $C=0,01\%$ ) ЦТАБ-тың ерітіндісімен титрленгендегі поликомплексстің электрокинетикалық потенциалының өзгеруін зерттеу арқылы анықтадық.

7-суретте ЦТАБ- $\text{NaKMЦ}$  поликомплексінің  $\zeta$ -потенциалының титранттың салыстырмалы концентрациясына ( $n$ ) тәуелділігі көрсетілген.  $\text{NaKMЦ}$ -ның тұрақты концентрациясына ЦТАБ-ты қосқанда  $n \approx 0,01$ -де  $\zeta$ -потенциал  $-38$  мВ-тен  $n \approx 1,0$ -де  $+20$  мВ-ка дейін өзгереді.  $\zeta$ -потенциал  $n \approx 0,45$ -те 0-ге тең.



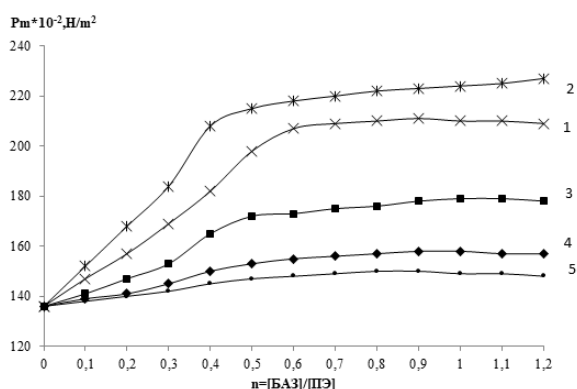
7-сурет.  $\text{NaKMЦ}$ -ЦТАБ комплексінің электрокинетикалық ( $\zeta$ ) потенциалының ЦТАБ-тың салыстырмалы концентрациясына ( $n$ ) тәуелділігі

Қарама-қарсы зарядталған полиэлектролит пен беттік активті заттың қоспасын қолдану жүйенің беріктілігін арттырып, құрылымын жақсартады. Макромолекулалар мен беттік активті заттардың бинарлы қоспаларының адсорбциясы жайлы қазіргі көзқарастар бойынша полиэлектролит және беттік активті заттың полярлы топтарының әрекеттесуі нәтижесінде, алдымен беттік активті ион адсорбцияланады, сосын электростатикалық әрекеттесулердің нәтижесінде қарсы зарядталған макромолекулалар адсорбцияланады. Бұл жүйенің беріктілігінің жоғарылауына алып келеді (8-сурет).



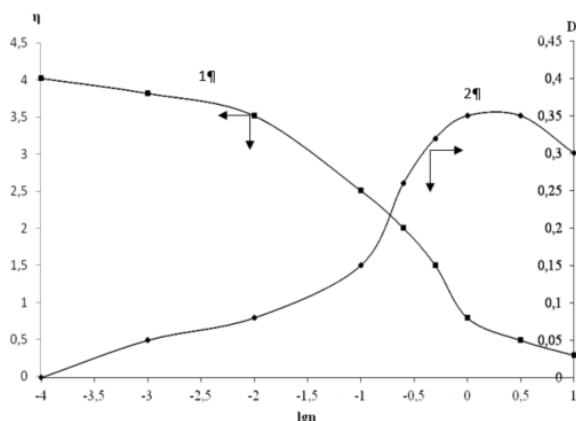
8-сурет. Күкірт-гипс қоспасының суспензиясы құрылымының беріктілігінің ЦТАБ- $\text{NaKMЦ}$  композициясының салыстырмалы концентрациясына тәуелділігі,  
 $C_{\text{NaKMЦ}}=0,01\%$ ,  $t=25^\circ\text{C}$

9-суреттен көрініп тұрғандай, полимер-БАЗ композициясының салыстырмалы концентрациясы артқан сайын беріктілік жоғарылап, содан кейін төмендейді. Полимердің полюсті бөлігіне БАЗ-дың полюсті бөлігі келіп қосылғанда полимер гидрофобтана түседі. Сол себепті ол күкірт бөлшектеріне жақсырақ адсорбцияланып, жалпы жүйенің беріктілігі артады. Ал полимердің барлық полюсті бөліктері БАЗ-дың полюсті бөліктерімен нейтралданғанда БАЗ молекулалары полимерге гидрофобты бөлігімен адсорбциялана бастайды. Соның нәтижесінде полимер жиырылып, глобула түзе бастайды. Бұл жағдайда жүйенің беріктілігі төмендейді.



9-сурет. NaКМЦ-ЦТАБ комплексінің қатысындағы күкірт-гипс қоспасының суспензиясы құрылымының беріктілігінің ЦТАБ-тың салыстырмалы концентрациясына ( $n$ ) тәуелділігі. 1 – 0,1%; 2 – 0,01%; 3 – 0,001%; 4 – 0,0001%; 5 – 0,00001%.  $C_{\text{NaКМЦ}}=0,01\%$ ,  $t=25^\circ\text{C}$

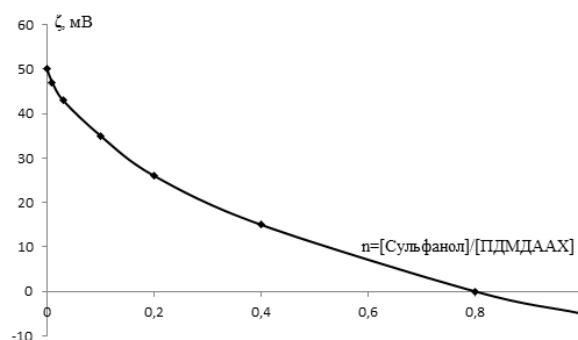
Сульфано́л мен ПДМДААХ-тың әрекеттесуін тұтқырлықтың, оптикалық тығыздықтың және олардың бинарлы ерітінділерінің электростатикалық қасиеттерінің өзгеруіне негізделе отырып зерттедік.



10-сурет. Келтірілген тұтқырлық (1) пен оптикалық тығыздықтың (2) сульфано́л-ПДМДААХ композициясының салыстырмалы концентрациясына тәуелділігі.

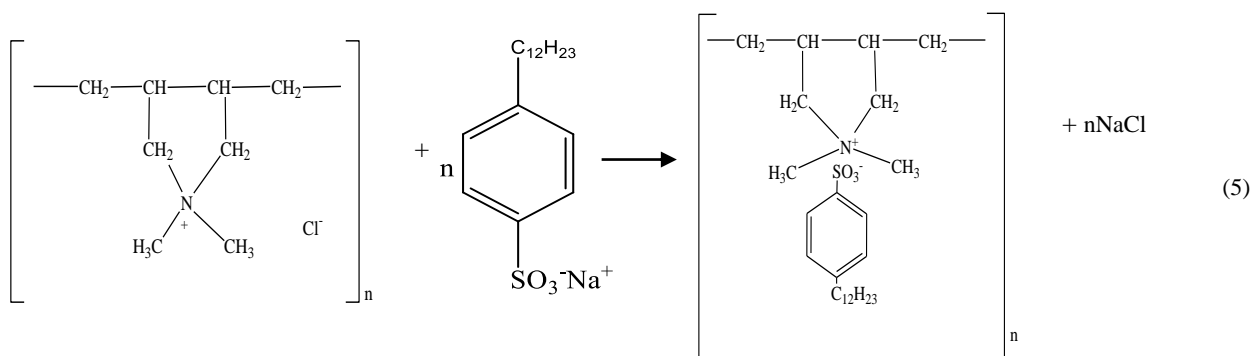
Поликомплексстердің түзілуі келтірілген тұтқырлықтың төмендеуімен және оптикалық тығыздықтың артуымен қатар жүреді. Бұл БАЗ-дың мөлшерінің артуымен макромолекулалардың өте күшті сығыла бастауын көрсетеді. ПДМДААХ-тың заряды қосылған сульфано́лдың қарама-қарсы зарядымен толығымен нейтралданғанда макромолекула тұна бастайды. Сульфано́л-ПДМДААХ ерітінділерінде ионалмасу реакциясының нәтижесінде мынадай комплекс түзіледі (5).

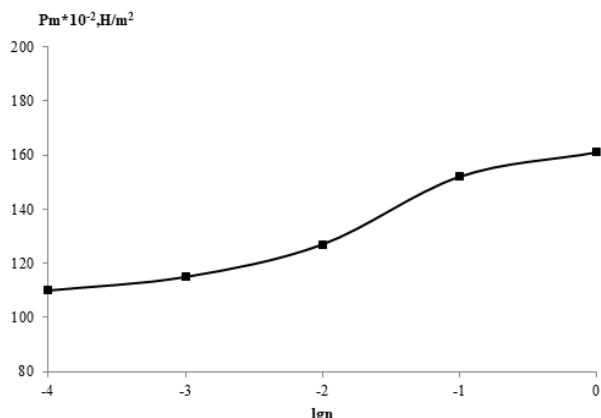
Мұндай реакцияның жүру нәтижесінде ПДМДААХ тізбегінің гидрофильді-липофильді балансы өзгереді де, оның беттік активтілігі артады. Сульфано́л мен ПДМДААХ-тың әрекеттесуі туралы қосымша ақпаратты ПДМДААХ-тың сулы ерітіндісін ( $C=0,1\%$ ) сульфано́лдың ерітіндісімен титрленгендегі поликомплексстің электрокинетикалық потенциалының өзгеруін зерттеу арқылы анықтадық.



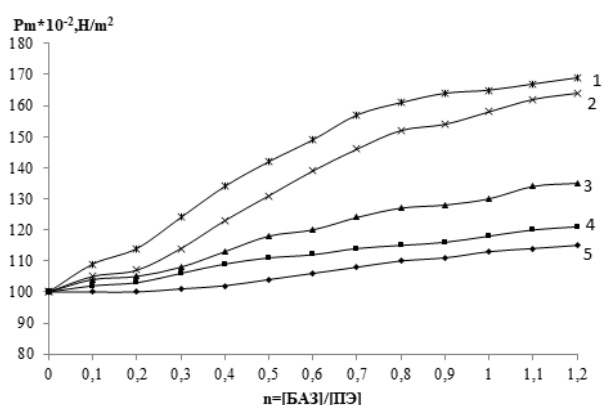
11-сурет. ПДМДААХ-сульфано́л комплексінің электрокинетикалық ( $\zeta$ ) потенциалының сульфано́лдың салыстырмалы концентрациясына ( $n$ ) тәуелділігі

12-суретте сульфано́л-ПДМДААХ поликомплексінің  $\zeta$ -потенциалының титранттың салыстырмалы концентрациясына ( $n$ ) қатынасы көрсетілген. Полимердің тұрақты концентрациясына беттік активті заттың ерітіндісін қосқанда  $n \approx 0,01$ -де  $\zeta$ -потенциал +47 мВ-тен  $n \approx 1,0$ -де –8 мВ-қа дейін өзгереді.  $\zeta$ -потенциалдың таңбасы  $n \approx 0,8$ -те ауысады.

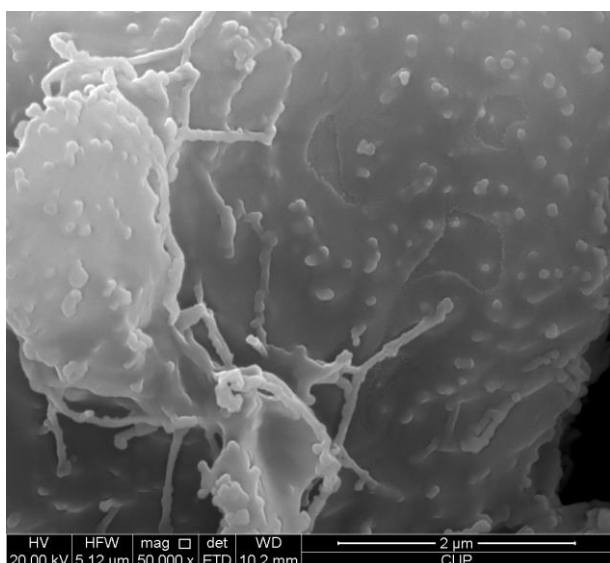




12-сурет. Күкірт-гипс қоспасының суспензиясы құрылымының беріктілігінің сульфанол-ПДМДААХ композициясының салыстырмалы концентрациясына тәуелділігі,  $C_{\text{ПДМДААХ}}=0,1\%$ ,  $t=25^\circ\text{C}$



13-сурет. ПДМДААХ-сульфанол комплексінің қатысындағы күкірт-гипс қоспасының суспензиясы құрылымының беріктілігінің сульфанолдың салыстырмалы концентрациясына (n) қатынасы 1 –  $10^{-1}\%$ ; 2 –  $10^{-2}\%$ ; 3 –  $10^{-3}\%$ ; 4 –  $10^{-4}\%$ ; 5 –  $10^{-5}\%$ .  $C_{\text{ПДМДААХ}}=0,1\%$ ,  $t=25^\circ\text{C}$



14- сурет. Күкірт-гипс қоспасымен полимер-БАЗ комплексінің (NaКМЦ-ЦТАБ) СЭМ фотографиясы

Полимер-БАЗ композициясының салыстырмалы концентрациясы артқан сайын беріктік жоғарылайды. Полимердің полюсті бөлігіне БАЗ-дың полюсті бөлігі келіп қосылғанда полимер гидрофобтана түседі. Сол себепті ол күкірт бөлшектеріне жақсырақ адсорбцияланып, жалпы жүйенің беріктілігі артады. Күкірт-гипс қоспасының суспензиясына полимер-БАЗ композициясының құрылым түзілуін СЭМ көрінісі нақты дәлелдейді, 14-суреттен күкірт-гипс қоспасы бетін полимер-БАЗ композициясының толық жапқанын көреміз.

### ҚОРЫТЫНДЫ

Жұмыста полимер-БАЗ жүйесін реттей отырып, жүйенің пластикалық беріктілігін реттеуге болатыны анықталды. Полимер-БАЗ (NaКМЦ-ЦТАБ, ПДМДААХ-сульфанол) композициясының түзілу үрдісі анықталып, күкірт-гипс суспензиясында полимер-БАЗ композициясының салыстырмалы концентрациясы артқан сайын беріктік жоғарылайды. Полимердің полюсті бөлігіне БАЗ-дың полюсті бөлігі келіп қосылғанда полимер гидрофобтана түседі. Сол себепті ол күкірт бөлшектеріне жақсырақ адсорбцияланып, жалпы жүйенің беріктілігі артатыны анықталды. Жасалынған полимер-БАЗ композициясы судың беттік керілуіне, күкірттің  $\zeta$ -потенциалына едәуір әсер ететіні көрсетілді.

### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР/ REFERENCES

1. Alimbaev T., Yermagambetova K., Kabyltayeva S., Issayev A., Kairat, Z., Mazhitova Z. Environmental problems of the oil and gas industry in Kazakhstan //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2020. – Vol. 215. – P. 03008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021503008>
2. Gossen L. P., Velichkina L. M. Environmental problems of the oil-and-gas industry //Petroleum Chemistry. – 2006. – Vol. 46. – P. 67–72. <https://doi.org/10.1134/S0965544106020010>
3. Bødtker G., Thorstenson T., Lillebø B. L. P., Thorbjørnsen B. E., Ulvøen R. H., Sunde E., Torsvik T. The effect of long-term nitrate treatment on SRB activity, corrosion rate and bacterial community composition in offshore water injection systems //Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology. – 2008. –Vol. 35. – No. 12. – P. 1625–1636. <https://doi.org/10.1007/s10295-008-0406-x>
4. Kalb P. D. et al. Sustainable Development in Kazakhstan: Using Oil & Gas Production by-Product Sulfur for Cost-Effective Secondary End-Use Products //REWAS 2004 Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology, Madrid, Испания, Eylül. – 2004.
5. Zharylkassyn P. et al. Formulation of Composite Materials Containing Tengiz Sulfur-Oil Production Waste // Ecological Engineering & Environmental Technology. – 2021. – Vol. 22.
6. Lee J. W., Tai S. W. Environmental management and sustainable development in the oil and gas industry: A case study from Kazakhstan //Environmental Management, Sustainable Development and Human Health. – CRC Press, 2008. – P. 201–214.
7. Sung S., Kim B. H., Lee S., Choi S., Yoon W. Y. Increasing sulfur utilization in lithium-sulfur batteries by a Co-

- MOF-74@ MWCNT interlayer //Journal of Energy Chemistry. – 2021. – Vol. 60. – P. 186–193.  
<https://doi.org/10.1016/j.jchem.2020.12.033>
8. Valle S. F., Giroto A. S., Klaic R., Guimaraes G. G., Ribeiro C. Sulfur fertilizer based on inverse vulcanization process with soybean oil //Polymer degradation and stability. – 2019. – Vol. 162. – P. 102–105.  
<https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2019.02.011>
9. Turganbay S., Aidarova S. B., Bekturganova N. E., Li C. S., Musabekov K. B., Kumargalieva S. S., Toshtay K. Nanoparticles of sulfur as fungicidal products for agriculture //Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2012. – Vol. 14. – No. 4. – P. 313–319.  
<https://doi.org/10.18321/ectj128>
10. Rai M., Ingle A. P., Paralikar P. Sulfur and sulfur nanoparticles as potential antimicrobials: from traditional medicine to nanomedicine //Expert review of anti-infective therapy. – 2016. – Vol. 14. – No. 10. – P. 969–978.  
<https://doi.org/10.1080/14787210.2016.1221340>
11. Banerjee S., Cazeneuve C., Baghdadli N., Ringeissen S., Leermakers F. A. M., Luengo G. S. Surfactant–polymer interactions: molecular architecture does matter //Soft Matter. – 2015. – Vol. 11. – No. 12. – P. 2504–2511.  
<https://doi.org/10.1039/C5SM00117J>
12. Bhardwaj P., Kamil M., Panda M. Surfactant–polymer interaction: effect of hydroxypropylmethyl cellulose on the surface and solution properties of gemini surfactants //Colloid and Polymer Science. – 2018. – Vol. 296. – P. 1879–1889. <https://doi.org/10.1007/s00396-018-4409-5>
13. Stubenrauch C., Albouy, P. A., Klitzing R., Langevin D. Polymer/surfactant complexes at the water/air interface: a surface tension and X-ray reflectivity study //Langmuir. – 2000. – Vol. 16. – No. 7. – P. 3206–3213.  
<https://doi.org/10.1021/la991277j>
14. Hill C., Abdullahi W., Dalglish R., Crossman M., Griffiths P. C. Charge modification as a mechanism for tunable properties in polymer–surfactant complexes //Polymers. – 2021. – Vol. 13. – No. 16. – P. 2800.  
<https://doi.org/10.3390/polym13162800>
15. Suksamranchit S., Sirivat A., Jamieson A. M. Polymer–surfactant complex formation and its effect on turbulent wall shear stress //Journal of colloid and interface science. – 2006. – Vol. 294. – No. 1. – P. 212–221.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcis.2005.07.001>
16. Guzmán E., Llamas S., Maestro A., Fernández-Peña L., Akanno A., Miller R., Rubio, R. G. Polymer–surfactant systems in bulk and at fluid interfaces //Advances in colloid and interface science. – 2016. – Vol. 233. – P. 38–64.  
<https://doi.org/10.1016/j.cis.2015.11.001>
17. Wang C., Tam K. C. New insights on the interaction mechanism within oppositely charged polymer/surfactant systems //Langmuir. – 2002. – Vol. 18. – No. 17. – P. 6484–6490. <https://doi.org/10.1021/la025573z>
18. Chakraborty T., Chakraborty I., Ghosh S. Sodium carboxymethylcellulose–CTAB interaction: a detailed thermodynamic study of polymer–surfactant interaction with opposite charges //Langmuir. – 2006. – Vol. 22. – No. 24. – P. 9905–9913. <https://doi.org/10.1021/la0621214>
19. Sardar N., Kamil M. Interaction between nonionic polymer hydroxypropyl methyl cellulose (HPMC) and cationic gemini/conventional surfactants //Industrial & engineering chemistry research. – 2012. – T. 51. – No. 3. – P. 1227–1235. <https://doi.org/10.1021/ie2010725>

## СТРУКТУРИРОВАНИЕ ВОДНОЙ СУСПЕНЗИИ СЕРНО-ГИПСОВОЙ СМЕСИ В ПРИСУТСТВИИ СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИМЕРОВ

**К. Тоштай<sup>1\*</sup>, Г. М. Абызбекова<sup>2</sup>, С. Азат<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

<sup>2</sup> *Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан*

<sup>3</sup> *Сатбаев университет, Алматы, Казахстан*

\*E-mail для контактов: [kainaubek.toshtay@gmail.com](mailto:kainaubek.toshtay@gmail.com)

В данной статье методами коллоидной химии показаны пути использования накопленной серы в нефтедобыче и возможность структурирования смеси серы с гипсом в присутствии поверхностно-активных веществ и полимерных комплексов. Приготовлены композиции, состоящие из анионного полиэлектролита (NaKMC) и катионного (ЦТАБ), катионного полиэлектролита (ПДМДААХ) и анионного сульфанолевого ПАВ, изучено их влияние на поверхностное натяжение воды,  $\zeta$ -потенциал и влияние полимера и ПАВ на серу. Установлено, что с увеличением относительной концентрации композиции полимер-ПАВ пластическая прочность суспензии увеличивается, а через определенное время прочность снижается. Это объясняется тем, что при добавлении полярной части ПАВ к полярной части полимера – полимер становится гидрофобным, лучше адсорбируется на частицах серы, повышается прочность всей системы. И когда все полярные части полимера нейтрализуются полярными частями ПАВ, молекулы ПАВ начинают своей гидрофобной частью адсорбироваться на полимере. В результате полимер начинает сжиматься и образовывать глобулу. В этом случае снижается пластическая прочность системы.

**Ключевые слова:** сера, гипс, поверхностно-активные вещества, полимеры, структурирование поверхностного натяжения.

## STRUCTURING OF AN AQUEOUS SUSPENSION OF A SULFUR-GYPSUM MIXTURE IN THE PRESENCE OF A COMPOSITION OF SURFACTANTS AND WATER-SOLUBLE POLYMERS

**K. Toshtay<sup>1\*</sup>, G. M. Abyzbekova<sup>2</sup>, S. Azat<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup> Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

<sup>3</sup> Satbayev university, Almaty, Kazakhstan

\*E-mail for contacts: [kainaubek.toshtay@gmail.com](mailto:kainaubek.toshtay@gmail.com)

In this article, the methods of colloidal chemistry show the ways of using accumulated sulfur in oil production and the possibility of structuring a mixture of sulfur with gypsum in the presence of surfactants and polymer complexes. Compositions consisting of anionic polyelectrolyte (NaKMC) and cationic (CTAB), cationic polyelectrolyte (PDMDAAH) and anionic sulfanol surfactant were prepared, their effect on the surface tension of water,  $\zeta$ -potential and the effect of polymer and surfactant on sulfur were studied. It was found that with an increase in the relative concentration of the polymer-surfactant composition, the plastic strength of the suspension increases, and after a certain time the strength decreases. This is explained by the fact that when the polar part of the surfactant is added to the polar part of the polymer, the polymer becomes hydrophobic, is better adsorbed on sulfur particles, and the strength of the entire system increases. And when all the polar parts of the polymer are neutralized by the polar parts of the surfactant, the surfactant molecules begin to adsorb on the polymer with their hydrophobic part. As a result, the polymer begins to shrink and form a globule. In this case, the plastic strength of the system decreases.

**Keywords:** sulfur, gypsum, surfactants, polymers, structuring of surface tension.