

ӘӨЖ 622.276.523 (043); <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-3.03>
<https://orcid.org/0000-0001-7331-1633>
<https://orcid.org/0000-0002-6000-6477>
<https://orcid.org/0000-0002-4875-5782>

ТҰНБАГЕЛЬТҰЗУШІ ҚҰРАМДАРДЫҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ СҮЗГІШТІК СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ



Г.Ж. МОЛДАБАЕВА¹,
техника ғылымдарының
докторы, профессор,
g.moldabayeva@satbayev.university



З.Б. ИМАНСАҚЫПОВА^{1,2},
доктор PhD,
старший преподаватель
z.imansakypova@satbayev.university



Г.М. ЭФЕНДИЕВ³,
техника ғылымдарының
докторы, профессор,
Galib_2000@yahoo.com

¹SATBAYEV UNIVERSITY

Республика Казахстан, 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22

²ЖШС «НЕФТЕГАЗКОНСАЛТ-ҚАЗАҚСТАН»

Қазақстан Республикасы, 010008, Астана қ., көш. Күйші Дина, 14 жаста

³МҰНАЙ ЖӘНЕ ГАЗ ЗЕРТТЕУ ИНСТИТУТЫ

Азербайджан, AZ1000, Баку қ., Ф. Амиров көш.,9

Өндіруші ұңғымаларда толық сулану жиі болады, сол екі арада ондағы мұнай қорының көп бөлігі өндірілмеген күйде қалады. Мұндай ерекшелік әртүрлі кен орындарына тән, сонымен қатар Қазақстанның кен орындарына да. Бұл жағдайда қабаттың мұнайберілісін арттырудың ең сенімді тәсілі – заманауи технологиялар мен химреагенттерді пайдалану арқылы сукелімін шектеу болып табылады.

Бұл мақалада ұңғыманың түп аймағын (ҰТА) өңдеу тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретін технологияның бір түрі – тұнбагельтүзуші құрамдарды (ТГТҚ) қолдану ТГТҚ технологиясының негізі – қабаттың түп аймағындағы шайылған зоналардың өткізгіштігін төмендету және оның әркелкілік дәрежесін азайту қарастырылған. Бұл құрамдардың әсері қабаттың түп аймағындағы кеуекті кеңістікте ерімейтін тұнба мен гель полимер түзуге негізделген, аталған тұнба мен гель су шайып кеткен интервалдардың өткізгіштігін блоктайды немесе төмендетеді.

Мақалада эксперименталды зерттеулердің нәтижесінде, мөндерді өңдеу мен мәліметтерді сараптаудың статистикалық әдістерін пайдалана отырып, гельтүзуші компози-

циялардың физика-химиялық қасиеттерін бағалау жүргізілді, соған байланысты әртүрлі компоненттердің (полимер, сілті) құрамы мен орта-концентрацияларын ескере отырып, тұнбагелітүзуші құрамдардың реологиялық қасиеттерін модельдеу жасалды.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: Тұнбагелітүзуші құрамдар, мұнай, өткізгіштік, полимерлі ерітінді, концентрация, су ағыны

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСАДКОГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ СОСТАВОВ

Г.Ж. МОЛДАБАЕВА¹, доктор технических наук, профессор, moldabayeva@satbayev.university

З.Б. ИМАНСАКИПОВА^{1,2}, доктор PhD, старший преподаватель,

z.imansakipova@satbayev.university

Г.М. ЭФЕНДИЕВ³, доктор технических наук, профессор, Galib_2000@yahoo.com

¹SATBAYEVUNIVERSITY

Республика Казахстан, 050013, Алматы қ, Сәтбаев к., 22

²ТОО "НЕФТЕГАЗКОНСАЛТ-КАЗАХСТАН"

Республика Казахстан, 010008, Астана, ул. Күйші дина, 14

³ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА НАНА

Азербайджан, AZ1000, г. Баку, ул. Ф. Амирова,9

В добывающих скважинах часто происходит полное смачивание, в течение которых большая часть запасов нефти в них остается непродуваемой. Такая особенность характерна для различных месторождений, как и для месторождений Казахстана. В этом случае наиболее надежным способом повышения нефтеотдачи пласта является ограничение нефтеотдачи за счет использования современных технологий и химреагентов.

В данной статье рассмотрен вид технологии, позволяющий повысить эффективность обработки дна скважины – применение осадкогелеобразующих составов - ОГОС основа технологии ОГОС – снижение проницаемости смываемых зон в днах пласта и снижение степени его неоднородности. Действие этих составов основано на образовании нерастворимого осадка и гелевого полимера в поровом пространстве в нижней части слоя, указанный осадок и гель блокируют или уменьшают проницаемость смываемых водой интервалов. В статье в результате экспериментальных исследований проведена оценка физико-химических свойств гелеобразующих композиций с использованием статистических методов обработки значений и анализа данных, в связи с чем проведено моделирование реологических свойств осадконакопительных составов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: осадкогелеобразующие составы, нефть, проницаемость, полимерный раствор, концентрация, водоприток.

INVESTIGATION OF RHEOLOGICAL AND FILTRATION CHARACTERISTICS OF SEDIMENTARY GEL-FORMING COMPOUNDS

G.ZH. MOLDABAYEVA¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,

g.moldabayeva@satbayev.university

Z.B. IMANSAKIPOVA^{1,2}, Doctor PhD, z.imansakipova@satbayev.university

G.M. EFFENDIYEV³, Doctor of Technical Sciences, Professor, Galib_2000@yahoo.com

¹SATBAYEV UNIVERSITY,
22, Satpayev str., Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan

²LLP «NEFTEGAZCONSALT-KAZAKHSTAN»
Republic of Kazakhstan, 010008, Astana, st. Kuishi Dina, 14

³AZERBAIJAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES,
Baku, the Republic of Azerbaijan AZ1000

In producing wells, complete wetting often occurs, during which most of the oil reserves in them remain unproductive. This feature is typical for various fields, as well as for the fields of Kazakhstan. In this case, the most reliable way to increase oil recovery is to limit oil recovery through the use of modern technologies and chemicals.

This article discusses the type of technology that allows to increase the efficiency of processing the bottom of the well – the use of sedimentary gel-forming compounds – SRFC the basis of the SRFC technology is to reduce the permeability of the flushed zones in the bottom of the formation and reduce the degree of its heterogeneity. The effect of these formulations is based on the formation of an insoluble precipitate and a gel polymer in the pore space in the lower part of the layer, the specified precipitate and gel block or reduce the permeability of the intervals washed.

In the article, as a result of experimental studies, an assessment of the physico-chemical properties of gel-forming compositions was carried out using statistical methods for processing values and analyzing data, in connection with which the rheological properties of sedimentation compositions were simulated, taking into account the composition and average concentrations of various components (polymer, alkali).

KEY WORDS: *sedimentary rock-forming compounds, oil, permeability, polymer solution, concentration, water inflow.*

Кіріспе. Қазіргі таңда әлемнің көптеген мұнай кен орындары өндірудің соңғы кезеңінде болып табылады, бұл жағдай бірінші кезекте ұңғымалардың сулануының артуымен, соның нәтижесінде мұнай өндіру деңгейінің төмендеуімен сипатталады. Ұңғымалық өнімнің сулануы мұнай кәсіпшілігіндегі маңызды және кеңінен тараған мәселе болып табылады, оған көптеген зерттеулер жасалған. Аталып өткенге модельдеу мен шешім қабылдау жағдайының белгісіздігін қоссақ, бұл мәселенің шешімін табу қиындығы айқындала түседі. Осымен-ақ зерттеушілердің аталмыш мәселеге ден қою себебі түсіндіріледі. Күрделі мәселе болып табылатын кез-келген басқа процесстер сияқты, сулану да артық судың келу себебін анықтауды, дұрыс ұғынуды және сараптауды талап етеді. Суланумен күресу шараларының тиімділігін арттыратын сукелімін шектеуші технологияларды және өндіру процесін реттеу әдістерін сәтті қолдану үшін кешенді зерттеу жүргізу қажет, оған геолого-физикалық жағдайды сараптау, пайдаланылатын құрамдардың реологиялық және сүзгіштік сипаттамаларын меңгеру кіреді.

Зерттеу әдістері мен материалдары. Тұнбагельтүзуші құрамдардың реологиялық сипаттамаларын эксперименталды зерттеу.

Полимер, сілті концентрациясы мен еріткіш түріне байланысты ТГТҚ-дың реологиялық қасиеттерін меңгеру стандартты технология бойынша Реотест деп аталатын ротационды вискозиметрде тұрақты 300⁰С температурада (термостаттау) орындалды [1]. Зерттеуге үлгі ретінде құрамы келесідей болған ТГТҚ-дар алынды: «Л» иономеры немесе аммиакпен тазартылған молекулярлық массасы 1,35·10⁶

болған техникалық ПАА, ащы натр (NaOH) және еріткіш. ТГТҚ-ғы ПАА мен NaOH концентрациясы сәйкесінше 0,05-тен 0,15%-ға дейін және 0,1-ден 0,75%-ға дейін өзгеріп отырды, ал «Л» иономеры мен NaOH - 0,075-тен 1%-ға дейін және 0,1-1%.

Вискозиметрде алынған эксперименталды мәндер негізінде ағу қисықтары тұрғызылды, бұл қисықтар өз кезегінде ығысу кернеуінің (τ) ығысу жылдамдығынан ($\dot{\gamma}$) тәуелділігі түрінде тұрғызылды. Бұл тәуелділіктің параметрлері математикалық статистика әдістерімен ағудың қисықтарын Оствальд-Де Вааленың сатылы заңына сәйкес өңдеу негізінде анықталды [2, 3]. Сонымен қатар, белгілі болғандай, ағу қисықтары тән және координата басынан өтетін орталар псевдопластикалық деп аталады, олардың реологиясын Оствальд-Де Вааленың сатылы моделі сипаттайды. Бұл модель келесідей түрде өтнектеледі:

$$\tau = k \cdot \dot{\gamma}_n \quad (1)$$

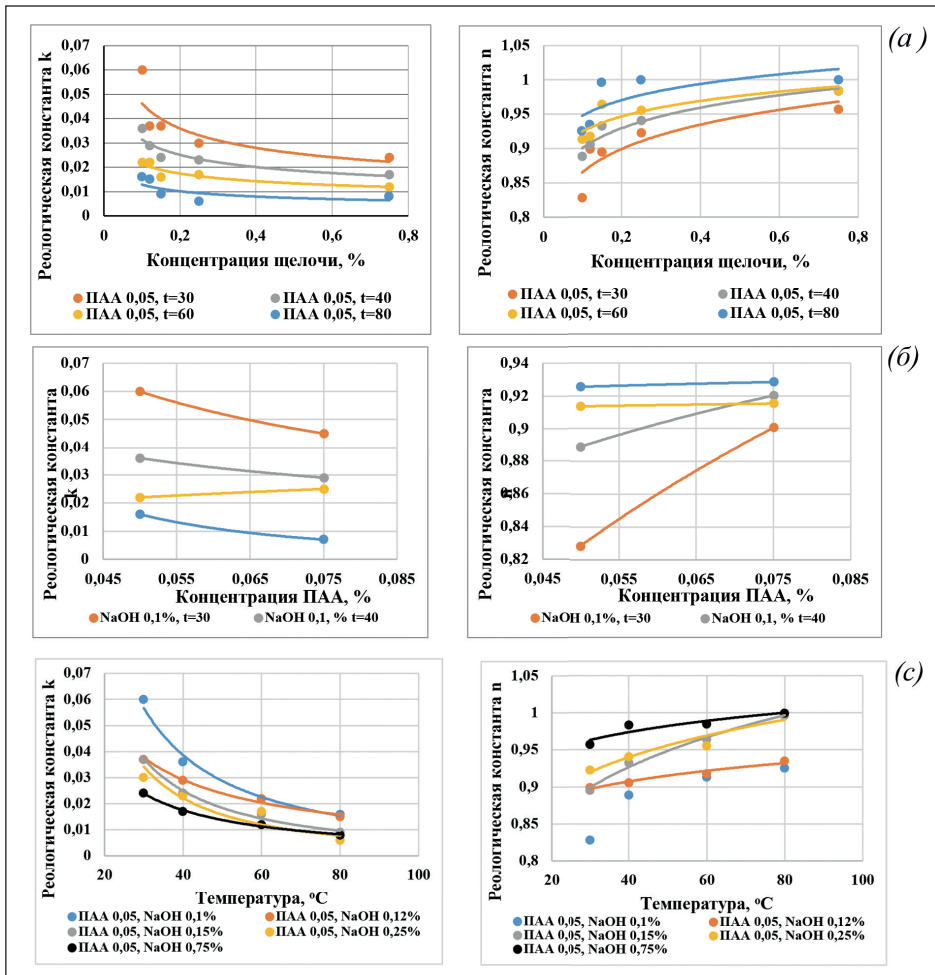
мұндағы τ – ығысу кернеуі, Па; k – консистенттік коэффициенті, Па·сⁿ; $\dot{\gamma}$ – ығысу жылдамдығының градиенті, с-1; n – ағу көрсеткіші.

Бұл тәуелділіктердің параметрлері өз кезегінде сілті мен полимер концентрациясына және температураға байланысты болады. Алынған мәндер *1-кестеде* берілген.

Кесте 1 – ТГТҚ ағу сипатының полимер, сілті мен температураға байланысты тәуелділігі

ТГТҚ		Температура, °C							
Концентрация, %		30		40		60		80	
ПАА	NaOH	Реологиялық константалар							
		k	n	k	n	k	n	k	n
0,05	0,1	0,06	0,8284	0,036	0,8889	0,022	0,9136	0,016	0,9255
	0,12	0,037	0,8992	0,029	0,9059	0,022	0,9180	0,015	0,9350
	0,15	0,037	0,8953	0,024	0,9328	0,016	0,9645	0,009	0,9965
	0,25	0,03	0,9229	0,023	0,9409	0,017	0,9559	0,006	1,0000
	0,75	0,024	0,9575	0,017	0,9836	0,012	0,9849	0,008	1,0000
0,075	0,1	0,045	0,9006	0,029	0,9202	0,025	0,9153	0,007	0,9284
	0,12	0,08	0,9196	0,036	0,9116	0,026	0,9220	0,015	0,9630
	0,15	0,031	0,9695	0,025	0,9712	0,018	0,9721	0,013	0,9766
	0,25	0,031	0,9688	0,023	0,9802	0,015	1,0000	0,012	1,0000
	0,75	0,026	0,9814	0,018	1,0000	0,014	1,0000	0,008	1,0000

1-суретте реологиялық константалардың сілтіден (а), полимерден (б), температурадан (с) тәуелділік графиктері берілген



Сурет 1 – Реологиялық константалардың Оствальд-Де Ваале моделіндегі температурадан және полиакриламид пен сілті концентрацияларынан тәуелділік графиктері

« k » коэффициенті мен « n » дәреже көрсеткіші – константалар, олар ерітіндіні сипаттайды. « k » – консистенция көрсеткіші, ол ерітіндінің сорылуын сипаттайды; « n » – дәреже көрсеткіші, ньютондық емес сипаттамалардың дәрежесін көрсетеді. Ерітіндінің тұтқырлығы артқан сайын, « k » да артады. Тұтқырлықтың төмендеуімен « n » де төмендейді [4].

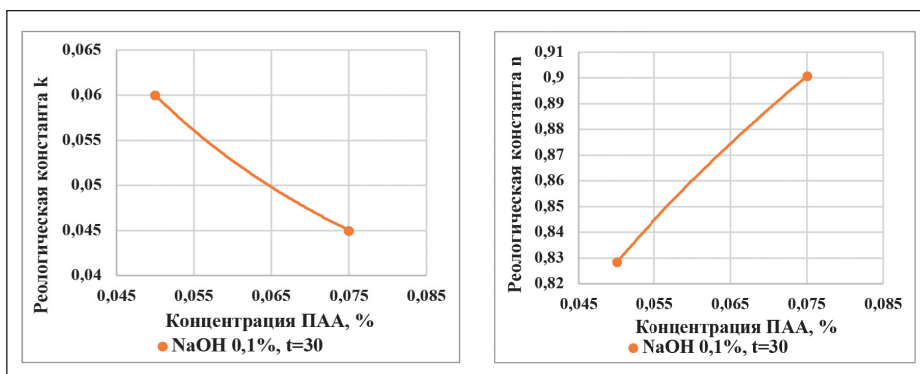
Бізге белгілі болғандай, $n = 1$ болғанда сұйықтық ньютондық болып саналады, « n »-ның төмендеуімен сұйықтықтың тұтқырлығы да азаяды. Басқаша айтқанда, ығысу кернеуінің ығысу жылдамдығынан тәуелділік графигі $n=1$ болғанда түзу сызықты болып келеді, ал « n » кемігенде сызық барған сайын қисая түседі. Қисықтың иілуі артқан сайын тиімді тұтқырлықтың кему жылдамдығы, ығысу жылдамдығының ұлғаюымен, артады. Сәйкесінше, сұйықтықтың тұтқырлығы азайып, сұйылады. $n>1$ кезінде сұйық дилатантты күйге енеді де, ығысу жылдамдығы артқан сайын оның тұтқырлығы да артады, сөйтіп қоюланады және тұтқырланады.

1-кестеден байқағанымыздай, ПАА мен NaOH негізіндегі ТГТҚ вискозиметрлік ағу кезінде псевдопластикалық қасиеттер көрсетеді ($p < 1$), бұл қасиеттер ТГТҚ-ғы полимер концентрациясы азайып, сілті концентрациясы 0,1-ден 0,75%-ға дейін артқанда және температура 30-дан 80°C-ге көтерілгенде әлсірейді. 80°C температурада ПАА концентрациясы 0,05%, сілті концентрациясы 0,25-0,75% ТГТҚ үшін және 40°C температурада ПАА концентрациясы 0,075%, сілті концентрациясы 0,75% ТГТҚ үшін, сонымен қатар 60°C, 80°C температурада 0,25-0,75% сілті концентрациясы үшін псевдопластикалық қасиеттен ньютондық қасиеттерге өтуі байқалады. Сонымен қатар, жоғарыда айтылғандай, координата басынан өтетін ағын қисықтары тән болатын орталар псевдопластикалық деп аталады және оның реологиясын Оствальд де Вааленың дәрежелік моделі сипаттайды. Бұл модель 1-суретте жоғарыда берілген.

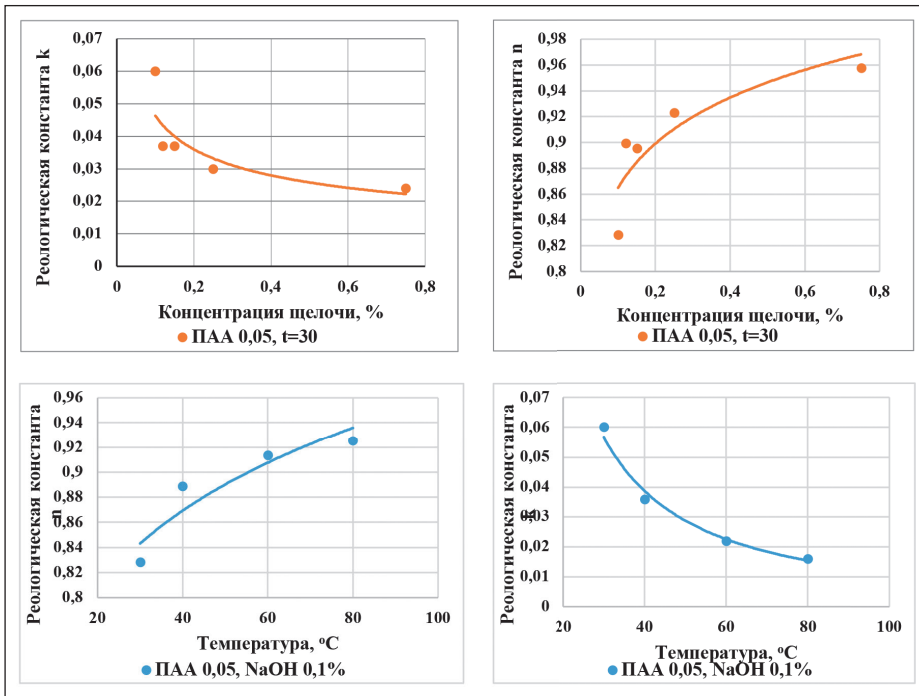
Статистикалық өңдеу барысында реологиялық константалардың ПАА, сілті концентрациясынан және температурадан орташаланған жеке тәуелділіктері тұрғызылды, олардың аналитикалық аппроксимациялары анықталды және математикалық статистикада белгілі болған әдістердің көмегімен n -ның (немесе k -ның) жалпылама тәуелділіктері анықталды n (не k) = $f(\text{СПАА}, \text{CNaOH}, t)$.

Бұл параметрлер математикалық статистика әдістерімен ағынның қисықтарын өңдеу негізінде, жоғарыда аталып өткендей, Оствальд де Вааленың дәрежелік заңына сәйкес анықталды [3,5,6]. Белгіленген жеке тәуелділіктер графикалық түрде 2-суретте берілген.

Сурет 2 – Реологиялық константалардың Оствальд-Де Ваале моделіндегі температурадан және полиакриламид пен сілті концентрацияларынан тәуелділік графиктері « k » коэффициенті мен « n » дәреже көрсеткіші – константалар, олар ерітіндіні сипаттайды. « k » – консистенция көрсеткіші, ол ерітіндінің сорылуын сипаттайды; « n » – дәреже көрсеткіші, ньютондық емес сипаттамалардың дәрежесін көрсетеді. Ерітіндінің тұтқырлығы артқан сайын, « k » да артады. Тұтқырлықтың төмендеуімен « n » де төмендейді [3,7].



Сурет 2 – Статистикалық өңдеуден өткен әр зерттелуші факторлардың реологиялық константаларының жеке тәуелділіктері



Сурет 2 – Статистикалық өңдеуден өткен әр зерттелуші факторлардың реологиялық константаларының жеке тәуелділіктері

2 кестеде берілген тәуелділіктер статистикалық әдістердің көмегімен сәйкес критерийлер бойынша байланыс жақындығы мен баламалылығын бағалап, өңделді.

Кесте 2 – Реологиялық константалардың мәндерін бағалауға арналған жеке және жалпыланған өрнектер

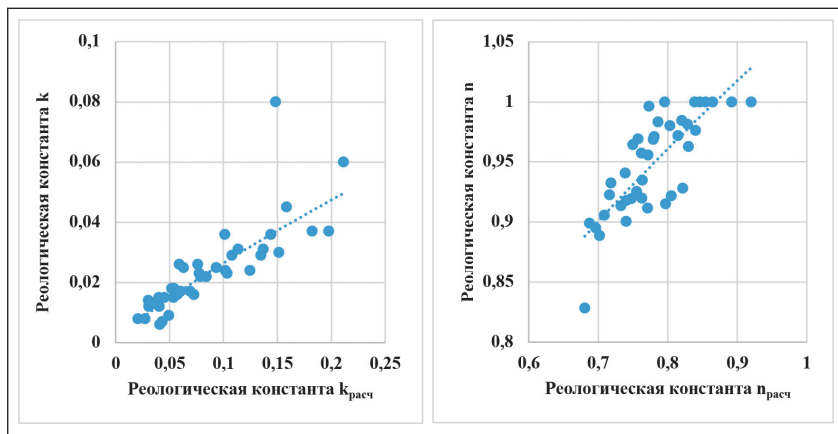
	f(CPAA)	f(CNaOH)	f(t)	f(CPAA,CNaOH,t)
k	k=0,0072 CPAA -0,71	k=0,02 CNaOH -0,363	k=5,1882t-1,328	$k = 0,1837 \cdot C_{\text{PAA}}^{-0,598} \cdot C_{\text{NaOH}}^{-0,306} \cdot t^{-1,118}$
n	n=1,536 CPAA 0,2061	n=0,984 CNaOH 0,0561	n=0,5872t0,1064	$n = 1,0712 \cdot C_{\text{PAA}}^{0,1} \cdot C_{\text{NaOH}}^{0,027} \cdot t^{0,052}$

Есептік және эксперименталды мәндер 3-суретте салыстырылған. Суреттен байқағанымыздай, есептік және эксперименталды мәндердің арасында өте жақсы сәйкестік бар.

[3,8,9] жұмыстарда «Л» иономеры мен сілті негізіндегі ПГТҚ-ның реологиялық сипаттамаларының зерттеулері жүргізілді. Иономерлер бірегей физикалық қасиеттерге ие, оның ішінде электрөткізгіштігі мен тұтқырлығы – яғни иономер ерітіндісінің тұтқырлығы температураның артуымен жоғарылайды.

Сонымен қатар, иономерлердің бірегей морфологиялық қасиеттері бар, өйткені полярлы емес полимердің негізгі тізбегі полярлы ионды топтармен үйлеспейді.

Нәтижесінде, көптеген иономерлердегі ионды топтар микрофазды бөлінуге ұшырайды да, иондарға бай домендер түзіледі. 3-кестеде көрсетілгендей, «Л» иономері мен сілті негізіндегі ТГТҚ – полимер концентрациясы 0,075-0,15% болғанда сілті концентрациясы мен еріткіш түріне қарамастан, ньютондық сұйықтықтар тәрізді әрекет етеді. «Л» иономер концентрациясы 0,5%-тен 1%-ға артқанда ТГТҚ псевдопластикалық сұйықтықтарға ұқсас қасиеттер көрсетеді.



Сурет 3 – Реологиялық константалардың эксперименталды және есептік мәндерінің салыстырылуы

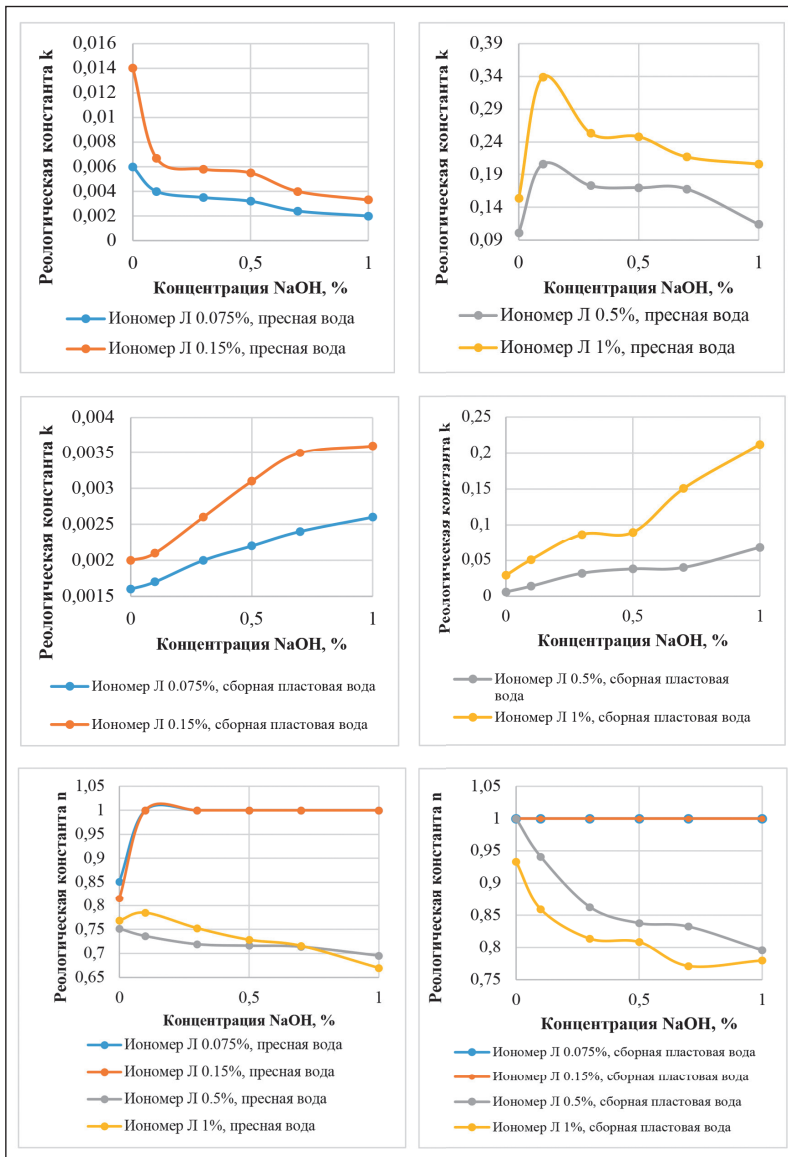
Бұған қоса, ТГТҚ-да сілті концентрациясы артқан сайын олардың псевдопластикалылығы да артады, ал консистенттік коэффициенті – тұщы судағы «Л» иономерының барлық қарастырылған концентрацияларында (0,075-2,5%) минерализациясы әртүрлі сулардағы олардың ерітінділері, құрамында сілтісі жоқ, псевдопластикалық сұйықтықтар тәрізді болады (3-кестені қараңыз).

Кесте 3 – ТГТҚ ағын сипатының полимер, сілті концентрациясы мен еріткіш түріне байланысты тәуелділігі

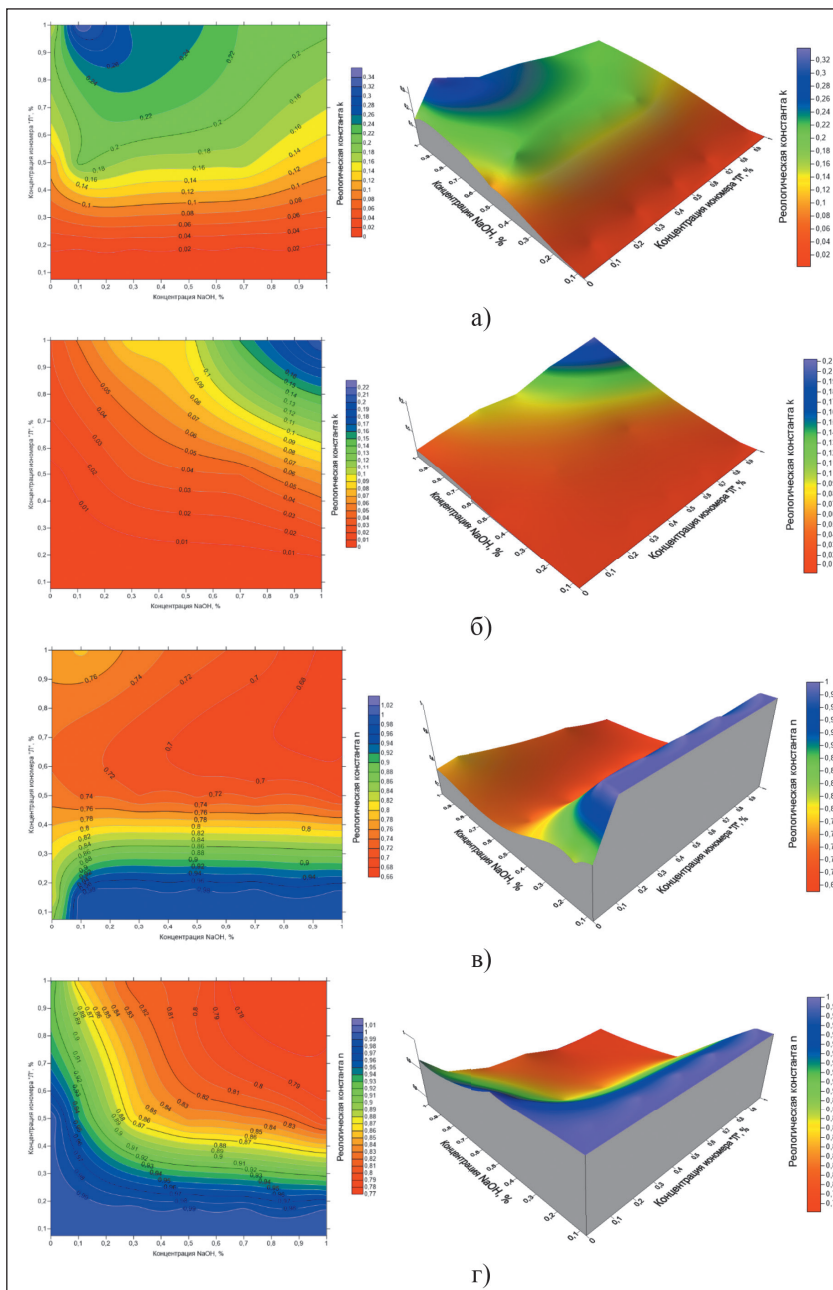
Су	NaOH, %	Полимер концентрациясы, %							
		«Л» иономері							
		0,075		0,15		0,5		1	
		Реологиялық константалар							
		k	n	k	n	k	n	k	n
Тұщы	0	0,006	0,8517	0,014	0,8156	0,101	0,7516	0,154	0,7686
	0,1	0,004	1,0000	0,0067	1,0000	0,206	0,7362	0,339	0,7848
	0,3	0,0035	1,0000	0,0058	1,0000	0,173	0,7192	0,253	0,7526
	0,5	0,0032	1,0000	0,0055	1,0000	0,17	0,7161	0,248	0,7284
	0,7	0,0024	1,0000	0,004	1,0000	0,168	0,714	0,217	0,7159
	1	0,002	1,0000	0,0033	1,0000	0,114	0,6955	0,206	0,6698
Қабаттан жиналған	0	0,0016	1,0000	0,002	1,0000	0,006	1,0000	0,029	0,9332
	0,1	0,0017	1,0000	0,0021	1,0000	0,014	0,9409	0,051	0,8595
	0,3	0,002	1,0000	0,0026	1,0000	0,032	0,8628	0,087	0,8136
	0,5	0,0022	1,0000	0,0031	1,0000	0,038	0,8378	0,09	0,8084
	0,7	0,0024	1,0000	0,0035	1,0000	0,04	0,8324	0,151	0,7713
	1	0,0026	1,0000	0,0036	1,0000	0,068	0,7957	0,212	0,7799

Аталған жұмыстарда «реологиялық қисықтар» беріледі, олар ығысу кернеуінің ығысу жылдамдығынан тәуелділігін көрсетеді.

3-кестеде берілген мәндерді салыстырғанда байқайтынымыз – ащы натрдың концентрациясы ПАА негізіндегі ТГТҚ-ң псевдопластикалық қасиеттерінің нашарлауына алып келеді, ал керісінше «Л» иономері негізіндегі ТГТҚ үшін күшеюіне алып келеді. 3-кестеде келтірілген зерттеулер нәтижелері бойынша статистикалық өңдеу жүргізілді, графиктер тұрғызылды, және де реологиялық константалар жазықтық пен кеңістікте үлестірілді. Графикалық тәуелділіктер 4-суретте берілген. 5-суретте бұл параметрлердің екі- және үшөлшемді кескінде үлестірілгені берілген.



Сурет 4 – ТГТҚ құрамының реологиялық константаларға әсерін зерттеу нәтижелері



а) «к» тұңғы су ортасында; б) «к» қабаттан жиналған су ортасында; в) «п» тұңғы су ортасында;
 г) «п» қабаттан жиналған су ортасында

Сурет 5 – Өртүрлі ортадағы тұнбагелтузуші құрамдардың реологиялық константаларының үлестірілуі

Бұл нәтижелердің салыстырмалы сараптамасы реологиялық константалардың өзгерісін және экспериментте қолданылған құрамдардың сипаттамаларын айқын қадағалауға мүмкіндік береді. Суреттерде ағу мен деформациялануға байланысты құрамдардың қасиеттерін сипаттайтын әртүрлі аумақтар анық көрініп тұр, яғни ньютондық немесе псевдопластикалық сипаттар. Бұл, «реологиялық константалар» деп аталатын параметрлер, белгілі бір өлшемдермен сипатталады да, бұл өлшемдер өлшеу жағдайы мен өлшеу аспаптарының құрылымынан тәуелсіз болады.

Ротационды вискозиметрде алынған мәндерді қолданып, [3] жұмыста берілген ($\mu_s = k \cdot \dot{\gamma}^{n-1}$) формуласына сәйкес зерттелген ТГТҚ үшін тиімді тұтқырлық мәндері есептелді.

[3] жұмыста эксперименталды бақылаулардың сараптамасы берілген, ол бойынша – тұщы суда дайындалған ТГТҚ-ның тиімді және ньютондық тұтқырлықтары сілті концентрациясының артуымен төмендейді, ал керісінше ТГТҚ-ның осы қасиеттерінің көрсеткіштері қабаттан жиналған суда – артады.

Сонымен қатар, жүргізілген зерттеулер нәтижесі көрсеткендей, ТГТҚ-ның реофизикалық қасиеттері бірқатар себептерге байланысты еріткіштің минералдануына, ащы натрдың, полимердің концентрациясына, ығысу жылдамдығына және температураға байланысты болады [3].

ТГТҚ-да полимер концентрациясы аз болғанда макромолекулалар арасындағы қашықтық олардың өз өлшемдерімен салыстырғанда үлкен болады. Сондықтан, ньютондық сұйықтыққа (еріткіш) полимерді қосқанда белгілі бір концентрацияға дейін ТГТҚ-ның тұтқырлығы артады, ал ығысу кернеуі (τ) мен ығысу жылдамдығының ($\dot{\gamma}$) арасындағы сызықты тәуелділік бұзылмайды [10]. Алайда, нақты бір концентрацияға жеткенде бұл сызықты тәуелділік бұзылады, осы арқылы тұтқырлық аномалиясына алып келеді. Бұл жағдайда ТГТҚ псевдопластикалық қасиеттер көрсетеді де, олардың тиімді тұтқырлығы ығысу жылдамдығының артуымен төмендейді (3.8-кесте, «Л» иономерінің концентрациясы 0,5; 1% болғанда).

Басқа қырынан қарайтын болсақ, бізге белгілі болғандай, макромолекулалардың конформациясы (атомлар мен атом топтарының кеңістік орналасуы. Бұл орналасу – конфигурациялық изомерлердің топтамасы және реттілігімен, сондай-ақ олардың тізбекте өзара қатысты орналасуымен анықталады) әртүрлі еріткіштердегі полимер ерітінділерінің тұтқырлығын анықтайды [11, 12]. Әлсізминералданған ортада өз полярлы топтарының әрекеттесуі – макромолекулалық тізбектердің түзелуін және өлшемдерінің артуын қамтамасыз етеді. Минералданған ортада полярлық топтардың өз зарядтары ішінара нейтралданады және макромолекулалық тізбектер жұмырланады да, шағын болып қалады. Сондықтан, тұщы судан дайындалған ТГТҚ тұтқырлығы қабаттық жиналған суда дайындалған ТГТҚ тұтқырлығынан жоғары. Бұдан бөлек, тұщы суда дайындалған ТГТҚ-ға сілтіні қосқанда еріткіштің минералдануы жоғарылайды да, ТГТҚ тұтқырлығы төмендейді. Ал қабаттан жиналған суда жасалған ТГТҚ-ға сілтіні қосқанда оның тұтқырлығы артады, өйткені тұздардың жартысы тұнба болып түседі де, еріткіштің минералдануы кемиді.

Температураның артуымен ТГТҚ-ның тиімді тұтқырлығының азаюы – еріткіш тұтқырлығының төмендеуімен және температураның әсерінен полимердің тұтқырлық пен тұтқырсерпімді қасиеттерінің азаюымен байланысты [13, 14, 15].

Осылайша, жасалған эксперименталды зерттеулердің сараптамасы көрсеткендей, ТГТҚ құрамына кіретін компоненттер концентрациясы, еріткіш түрі, температура, және де ығысу жылдамдығы ТГТҚ-ның реологиялық қасиеттеріне едәуір әсерін тигізеді, ал алынған заңдылықтар гельтүзуші жүйелердің қасиеттерін реттеу негізі болып табылады.

Сараптаманы кеңірек жасау үшін және жасалған эксперименталды зерттеулердің нәтижелерін интерпретациялау үшін – нәтижелер сілті, полимер концентрациясы мен ортаға байланысты реологиялық константалардың екі- және үшөлшемді үлестірілу түрінде берілген. Бұл кескіндер 3.7-суретте келтірілген.

Сонымен, эксперименталды зерттеулердің нәтижесінде, мәндерді өңдеу мен мәліметтерді сараптаудың статистикалық әдістерін пайдалана отырып, гельтүзуші композициялардың физика-химиялық қасиеттерін бағалау жүргізілді, соған байланысты әртүрлі компоненттердің (полимер, сілті) құрамы мен орта-концентрацияларын ескере отырып, тұнбагельтүзуші құрамдардың реологиялық қасиеттерін модельдеу жасалды.

Қорытынды. Тұнбагельтүзуші құрамдардың физико-химиялық қасиеттері мен ағу сипаты полимер мен сілті концентрациясына, температураға және судың минералдануына байланысты, сондай-ақ полимердің аз концентрациясында құрам ньютондық сипат көрсетеді. Тұщы суда дайындалған ТГТҚ-ға сілтіні қосқанда еріткіштің минералдануы артады да, ТГТҚ тұтқырлығы төмендейді. Қабаттан жиналған суда дайындалған ТГТҚ-ға сілтіні қосқанда тұздың жартысы тұнбаға түсудің салдарынан еріткіштің минералдануы төмендейді де, нәтижесінде ТГТҚ тұтқырлығы жоғарылайды. Тұнбагельтүзуші құрамдардың реологиялық сипаттамаларының модельдері жасалды, сонымен қатар реологиялық константалардың температурадан, полимер мен сілті концентрациясынан тәуелділігін сипаттайтын өрнектер алынды. Модельдеу барысында әртүрлі компоненттердің (полимер, сілті) құрамы мен орта-концентрациясы, температура мен судың минералдануы ескерілді.

Қабат тілімделуінің артып, қабаттық қысымның және қабаттық жағдайда мұнай тұтқырлығының жоғарлауы, сонымен қатар ұңғыманың су бойынша дебиті мен полимерлі ерітіндімен ҰТА-ны қамту көрсеткішінің жоғарлауы – қосымша мұнайды өндірудің артуына алып келді. Сукелімдерін шектеу технологиясының тиімділік көрсеткіштерінің өзгеруіне жасалған сараптама нәтижесінде зерттеліп жатқан келесідей тәуелділіктердің параметрлеріне баға берілді: эффект ұзақтығы, қосымша өндірілген мұнай мөлшері, шектелген су көлемі, полимер бағасын ескере отырып әр ұңғыма бойынша түсетін пайда. Бұл параметрлер геолого-физикалық жағдайлар мен технологиялық іс-шаралардың функциясы ретінде қарастырылды. 📍

Алғыс. "Зерттеу ҚР БҒМ Ғылым комитетінің қаржылық қолдауымен орындалды (АР 14971684 «Су басқан ұңғымаларда мұнай өндіру әдісін және жүзеге асыруға арналған құрылғыны жетілдіру»).

ӘДЕБИЕТ

- 1 Рзаева С.Д. Селективная изоляция водопритокков в скважину на основе использования отходов производства // SOCAR Proceedings. – 2020. – N.3. – С. 118-125. [Rzaeva S.D. Selektivnaya izolyaciya vodopritokkov v skvazhinu na osnove ispol'zovaniya othodov proizvodstva // SOCAR Proceedings. – 2020. – N.3. – S. 118-125]
- 2 Абасов М.Т, Стреков А.С., Эфендиев Г.М. Повышение эффективности ограничения водопритокков в нефтяных скважинах.- Баку: Nafta-Press, 2009. – С. 256. [Abasov M.T, Strekov A.S., Efendiev G.M. Povyshenie effektivnosti ogranicheniya vodopritokkov v neftyanykh skvazhinah.- Baku: Nafta-Press, 2009. – S. 256.]
- 3 Рзаев П.О. Совершенствование технологии обработки призабойной зоны скважин осадкогелеобразующими составами. - Баку, 2006. - 163 с. [Rzaev P.O. Sovershenstvovanie tekhnologii obrabotki prizabojnoj zony skvazhin osadkogeleobrazuyushchimi sostavami. - Baku, 2006. - 163 s.]
- 4 Стреков А.С., Рзаев П.О, Мамедов М.Р. Совершенствование технологии изоляционных работ полимерными растворами // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 2000. - № 4. - С. 13-17. [Strekov A.S., Rzaev P.O, Mamedov M.R. Sovershenstvovanie tekhnologii izolyacionnykh rabot polimernymi rastvorami // Azerbajdzhanskoe neftyanoye hozyajstvo. – 2000. - № 4. - S. 13-17.]
- 5 Стреков А.С., Койлыбаев Б.Н. Исследование реологических характеристик полимерных растворов, применяемых на месторождениях Казахстана. Геологические и технологические аспекты разработки месторождений трудноизвлекаемых углеводородов // Материалы международной научно-практической конференции. – Актау: 2019. - С. 28-31. [Strekov A.S., Kojlybaev B.N. Isledovanie reologicheskikh karakteristik polimernykh rastvorov, primenyaemykh na mestorozhdeniyah Kazahstana. Geologicheskie i tekhnologicheskie aspekty razrabotki mestorozhdenij trudnoizvlekaemykh uglevodородов // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Aktau: 2019. - S. 28-31.]
- 6 Strekov A.S, Mamedov P.Z., Koyshina A.I. Decisions-making on the choice of geological and technical measures under uncertainty // Seventh International Conference on Soft Computing, Computing with Words and Perceptions in System Analysis, Decision and Control, Turkey September 2-3. – Izmir, 2013. – P. 381-384
- 7 Wenzheng L., Hong H., Fuqing Y., Haocheng L., Fangjian Zh., Huan L., Guangjie L. Influence of the Injection Scheme on the Enhanced Oil Recovery Ability of Heterogeneous Phase Combination Flooding in Mature Waterflooded Reservoirs // ACS OMEGA. – 2022. - №6. - DOI:10.1021/acsomega.2c02007
- 8 Мирзаджанзаде А.Х., Степанова Г.С. Математическая теория эксперимента в добыче нефти и газа. – М.: Недра, 1977. – С. 229. [Mirzadzhanzade A.H., Stepanova G.S. Matematicheskaya teoriya eksperimenta v dobyche nefiti i gaza. – M.: Nedra, 1977. – S. 229.]
- 9 Виноградов Г.А., Малкин А.Я. Реология полимеров. - М.: Химия, 1977. - С. 449 [Vinogradov G.A., Malkin A.YA. Reologiya polimerov. - M.: Himiya, 1977. - S. 449]
- 10 Велиев Э. Ф., Алиев А.А. Оценка нового органически сшитого полимерного геля для целей изоляции водопритокков // Socar Proceedings. – 2023. - Выпуск 2. – С. 42-47. [Veliev E. F., Aliev A.A. Ocenka novogo organicheski sshitogo polimernogo gelya dlya celej izolyacii vodopritokkov // Socar Proceedings. – 2023. - Vypusk 2. – S. 42-47.]
- 11 Соловьев Р.В., Сарваров А.Н. Применение гелеобразующих составов для изоляции пластов на скважинах с НПД и отсутствием циркуляции в ОАО «Белкамнефть» // Инженерная практика. - 2011. - № 7. – С.105. [Solov'ev R.V., Sarvarov A.N. Primenenie

geleobrazuyushchih sostavov dlya izolyacii plastov na skvazhinah s NPD i otsutstviem cirkulyacii v OAO «Belkamneft'» // Inzhenernaya praktika. - 2011. - № 7. – S.105.]

- 12 Wenzheng L., Hong H., Fuqing Y., Haocheng L., Fangjian Zh., Huan L., Guangjie L. Influence of the Injection Scheme on the Enhanced Oil Recovery Ability of Heterogeneous Phase Combination Flooding in Mature Waterflooded Reservoirs // ACS OMEGA. – 2022. - №6. - DOI:10.1021/acsomega.2c02007
- 13 Jianqiao L., Xindi S., Mingzhen W., Baojun B. A Novel Numerical Model of Gelant Inaccessible Pore Volume for In Situ Gel Treatment // GELS. – 2022. - №6. - DOI:10.3390/gels8060375
- 14 Вези́ров Д.Ш., Стреков А.С. Влияние температуры на фактор сопротивления растворов полимеров при их фильтрации через пористую среду // Известия АН Азербайджана. Науки о Земле. – 1984. – №1. – С. 95-103. [Vezirov D.SH., Strekov A.S. Vliyanie temperatury na faktor soprotivleniya rastvorov polimerov pri ih fil'tracii cherez poristuyu sredu // Izvestiya AN Azerbajdzhana. Nauki o Zemle. – 1984. – №1. – S. 95-103.]
- 15 Вези́ров Д.Ш., Стреков А.С., Дадашев А.М. Экспериментальное исследование влияния температуры на реологические характеристики полимерных растворов при пластовых скоростях сдвига // Известия АН Азербайджана. Науки о Земле. – 1983. – №1. – С. 62-69. [Vezirov D.SH., Strekov A.S., Dadashev A.M. Eksperimental'noe issledovanie vliyaniya temperatury na reologicheskie harakteristiki polimernyh rastvorov pri plastovyh skorostyah sdviga // Izvestiya AN Azerbajdzhana. Nauki o Zemle. – 1983. – №1. – S. 62-69.]