

Мұхаметғазы Нұрбатырдың

6D073900-«Мұнайхимия» мамандығы бойынша философия докторы (PhD)

дәрежесін алу үшін ұсынылған

«Акриламид негізіндегі полиамфолиттердің мұнай шығымын арттыруға, мұнай ұңғымаларына және іздеуші агент ретінде пайдалану үшін синтезі мен сипаттамасы»

тақырыбындағы диссертациялық жұмысының

АННОТАЦИЯСЫ

Жұмыстың сипаттамасы.

Бұл зерттеуде акриламид негізіндегі полиамфолиттер синтезделіп сипатталды, сонымен қатар, ол мұнай өндірісіндегі мұнай шығымын арттыруға, бұрғылау сұйықтығына және трассерлік іздестіру сұйықтығына арналған полимерлік қоспалар іретінде тәжірибелік сынақтан өткізілді.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі.

Су әдетте жерасты қабатының матрицалық жыныстарынан мұнайды ығыстыру үшін қолданылады. Алайда, мұнай мен су тұтқырлығының айырмашылығына және матрицалық жыныстардың гетерогенді табиғатына байланысты тұрақсыз ығысу фронты салдарынан мұнай өндіру қарқыны айтарлықтай төмендейді, бұл әдетте мұнайды су арқылы өндірудің өсуімен бірге арта түседі.

Полимер ерітінділерін ұңғымаларға айдау мұнай өндірудегі ең тиімді процестердің бірі болып табылады. Әлемдік тәжірибеде гидролизденген полиакриламид (ГПАА) төмен құны мен коммерциялық қолжетімділігіне байланысты кең ауқымды қолданысқа еген полимер болып табылады. Алайда, ГПАА-ның негізгі кемшілігі жер қабатының жоғары тұзды суларына төзімсіздігі. Тұздылықтың жоғарылауымен ГПАА тізбегі бұралуға бейім, өйткені теріс зарядталған карбон топтары арасындағы электростатикалық серпіліс қосылған тұздар арқылы көрсетіледі. Сонымен қатар, тұзды судағы қос валентті катиондар (Ca^{2+} және Mg^{2+}) ГПАА құрамындағы карбоксил иондары мен байланысып, макромолекулаларды жиырылып-қабысуы нәтижесінде тұнбаға түсіру мөлшері артады. Шын мәнінде, мұнайдың салыстырмалы жоғары тұтқырлығы мен жоғары тұздылық қазақстандық мұнай кен орындары үшін әдеттегі құбылыс болып табылады. Мысалы, Қаражанбас кен орны мұнайының тұтқырлығы 350 цр жоғары болуы мүмкін, ал Жетібай мен Молдабек кен орындарының тұздылығы 150 г/л жоғары болуы мүмкін. Осыған байланысты Қазақстанның мұнай өнеркәсібіне тұзды ерітіндіні тұтқырлауға қабілетті тұзға төзімді полимерлер жоғары сұранысқа ие.

Амфотерлік полиэлектролиттердің ісінуі мен қатар жоғары тұзды және жоғары температуралы қабаттардағы тұтқырлықты тиімді күшейткіштері болу қабілеті мұнай өнімділігін арттыру (МӨА) процестерінде шешуші рөл атқарады. Тұзға және температураға төзімділігіне байланысты күшті зарядталған (немесе сөндірілген) полиамфолиттер тұзды ерітіндіде тұтқырлауға қажет болатын МӨА-да тұтқырлаушы агент ретінде қызмет ете алады. Осыған байланысты, амфотерлік полиэлектролиттер – оң және теріс зарядталған мономерлері бар полимерлер перспективалы болып табылады, өйткені тұздылығы жоғары суда тұздардың аниондары мен катиондары полимер тізбегінің оң және теріс зарядты топтары арасындағы электростатикалық тартылысты қалыптастыру нәтижесінде тұзды ерітіндінің тұтқырлығын арттырады.

Бұл диссертациялық жұмыс тұзды ерітінді қабатындағы судың тұтқырлығын жоғарылататын антиполиэлектролиттік әсері бар арнайы жасалған полиамфолит терполимерлерінің синтезі мен сипаттамасына арналған. Су негізіндегі бұрғылау ерітінділері мұнай ұңғымасын бұрғылау жұмыстарында маңызды рөл атқарады, оған ұңғыманың ішкі

жақтауын тазалау, кесінділерді жабыстырып тасымалдау, бұрғылау құралдарын салқындату және майлау, ұңғыма мен жер асты қабатының тұрақтылығын сақтау сияқты т.б қызметтер кіреді. Гидролиздеген полиакриламид (ГПАА), полианионды целлюлоза (ПАЦ) және карбоксиметил (немесе этил) целлюлоза (КМЦ) сияқты дәстүрлі қолданыстағы полимерлік қоспалар полиэлектролит әсеріне байланысты тұзды ортада нашар жұмыс істейді. Таза судағы ісінген (немесе кеңейтілген) полиэлектролит тізбегі біркелкі зарядталған макроиондар (полиэлектролиттік әсер) арасындағы пайдаболған электростатикалық итеру күші әсерінде тұзды ерітіндіде жиырылады және полимерлік тізбекте конформация пайда болады. Бұл, өз кезегінде, гидратация дисперсиясын сақтаудың әлсіреуіне және реологиялық қасиетінің нашарлауына, тіпті полимердің нашар еруіне әкеледі. Бұл мәселені шешу мақсатында тұздылығы жоғары ұңғымаларға пайдалану үшін құрамында тұзға төзімді полиамфолит, бентонит сазы және жоғары қоюлықтағы бейорганикалық NaCl тұзы бар су негізіндегі бұрғылау ерітіндісі әзірленді.

Өндіруші мен инжектор арасындағы өзара әрекеттесу, ұңғыма аралық және қабат аралық байланыстарды бағалау, сонымен қатар мұнай қабаттарының гетерогенділігі (біртектілігі) туралы ақпарат алу үшін көптеген ұңғыма аралық барлау (іздеуші) агенті ретінде кең қолданыс тапқан. Флуоресценцияны анықтау технологиясы радиоактивті изотоптарға, иондық және органикалық іздестіргіштерге қарағанда көптеген артықшылықтарға ие болуына байланысты мұнай өндіру операциялары үшін үлкен қызығушылық тудырады. Құдық аралық өткізгіштігі мен кеуектілігін бағалау үшін ультракүлгін сәулелену кезінде флуоресценттік полиакриламидті микросфераларды қолдану ауқымды қолданысқа ие. Дегенмен, полимер негізіндегі флуоресцентті трассерлердің кейбір бөліктері, соның ішінде микросфералар қабаттағы тау жыныстарының кеуекті бетіне сіңіп қалады, сол себепті олардың мөлшерін дәл анықтау қиын. Осы диссертациялық жұмыстың шеңберінде флуоресцентті мономердің – акриламидті нил көкінің 1 моль. %-тік мөлшері оның тау жыныстарына адсорбциясын азайту немесе болдырмау үшін глобулярлы және толық электронды бейтарап макромолекулалық тізбектерді дайындау үшін бұрын синтезделген күшті зарядталған полиамфолит құрамына енгізілді. Ұсынылған тәсілдің артықшылығы мынада: құрамында флуоресцентті бояғышы бар эквимольарлы құрамдағы күшті зарядталған полиамфолитті-нил көк, майда ерімейді, бірақ суда ериді, тұзға төзімді, өте төмен концентрацияласында мөлшерінде де анықталады және тау жыныстары мен саз минералдарына адсорбцияланбайды. Негізгі үлгі акриламид туындыларына негізделген үштік полиамфолит арқылы ұңғымалар арасындағы қосылыстарды бақылау үшін көрсетілді.

Зерттеу жұмысының мақсаты мен міндеттері

Зерттеу жұмысының мақсаты иондық емес мономер акриламид (ААм) негізіндегі анионды мономер 2-акриламидо-2-метил-1-пропансульфон қышқылы (АМПС), және катиондық мономер (3-акриламидопропил) триметиламмоний хлориді (АПТМАХ), күшті зарядталған сызықты полиамфолиттерді синтездеу және сипаттау; Бұл полиамфолиттер мұнай өнеркәсібіндегі мұнай өнімділігін арттыруға (МӨА), бұрғылау сұйықтығы ретінде және бақылау агенті ретінде пайдалануға арналған. Осы мақсатта сәйкес келесі міндеттер алға қойылды:

1. Тұздылығы жоғары тұзды ерітіндіде ($200-300 \text{ г.л}^{-1}$) және температурада жоғары тұтқырлыққа ие, жоғары молекулалық салмақты суда еритін үштік полиамфолиттердің синтезі және сипаттамасы.

2. $25 \text{ }^\circ\text{C}$ және $60 \text{ }^\circ\text{C}$ та жоғары тұзды ерітіндідегі таңдалған полиамфолиттің реологиялық сипаттамаларын зерттеу.

3. Мұнай өндіруде полимермен айдау технологиясын қолдану мүмкіндігін бағалау үшін, құмды қалташа және керін (кеуекті тас) үлгі өзектері арқылы жоғары молекулалық полиамфолит ерітінділерін айдаудың зертханалық сынақтарын жасау.

4. Жоғары молекулалық салмақты ҮПА-ның мұнайды ығыстрып шығару тиімділігін Қазақстанның мұнай кен орынырдарындағы дәстүрлі қолданыстағы полимерлік айдау агенті ГПАА-мен салыстыру.

5. Үштік полиамфолиттерді тұзға төзімді су негізіндегі бұрғылау ерітінділерін (СНБЕ) дайындау үшін реологиялық күшейткіш және сұйықтық жоғалтуын азайтушы полммерлік қоспа ретінде зерттеу.

6. Флуоресцентті таңбаланған жаңа үштік полиамфолиттің синтезі және сипаттамасы (АМПС-ко-АПТМАХ-ко-АНК=50:49:1 моль.%) негізгі полимерлік айдау тәжірибелерінде бақылау агенті ретінде сынау.

Зерттеу объектілері: акриламид негізіндегі полиамфолиттердің синтезі мен сипаттамасы, және олардың мұнай өнімділігін арттыру, мұнай ұңғымаларын бұрғылау және іздеуші агент ретінде қолдану әлеуетін бағалау.

Зерттеу пәні: мұнайды шығару және бұрғылау ерітінділерінде қолдану үшін тұзды су мен температураның кең диапазонында тұтқырлық мәні ең жоғары акриламид негізіндегі полиамфолиттердің оптималды молярлық құрамын таңдау.

Зерттеу әдістері

Диссертациялық жұмыста мұнай өнеркәсібіне пайдалану үшін Диссертациялық жұмыста сулы ерітіндіде кәдімгі бос радикалды сополимерлеу арқылы синтезделген жаңа жоғары молекулалық үштік полиамфолит (ҮПА) енгізілген. Жан-жақты сипаттау үшін әртүрлі аналитикалық әдістер қолданылды:

1. ИК- Фурье - спектроскопиясы
2. ^1H және ^{13}C -ЯМР спектроскопиясы
3. UV-Vis және флуоресцентті спектроскопиясы
4. Жарықтың динамикалық шашырауы (ЖДШ) және дзета-потенциалды өлшемдер
5. Гель өткізгіш хроматография (ГӨХ)
6. Дифференциалды сканерлеуші калориметрия (ДСК) және термогравиметриялық талдау (ТГА)
7. Сканерлеуші электрондық микроскопия (СЭМ) және трансмиссиялық электронды микроскопия (ТЭМ)
8. Химиялық анализ (XRF)
9. Элементтік анализ (C,H,S,N)
10. Реологиялық зерттеуле
11. Керн/құм қалташасы үлгілерінің өткізгіштігі мен кеуектілігін өлшеу
12. Керн/құм қалташасы арқылы айдау сынақтары
13. Бентонит/су және бентонит/полимер дисперсиясын дайындау
14. Сұйықтықты жоғалту сынақтары
15. Сүзгі тортының өткізгіштігі және SEM талдаулары.

Негізгі зерттеу нәтижелері:

1. Үштік полиамфолиттердің (ААМ-ко-АМПС-ко-АПТМАХ) судағы динамикалық тұтқырлығы терполимерлердің мономерлік құрамына сәйкес артады ол $80:10:10 > 60:20:20 > 70:15:15 > 50:25:25 > 90:5:5$ моль%. Осыған байланысты тұзды ерітінділердегі ҮПА әрекетін жан-жақты зерттеу үшін оңтайлы құрам ретінде $[\text{ААМ}]:[\text{АМПС}]:[\text{АПТМАХ}] = 80:10:10$ моль% таңдалды. Бастапқыда төменгі молекулалық салмақты ҮПА ерітіндісін негіз еткен полимерлік айдау сынақтары, мұнай өндіру коэффициент (МӨК) 4,8-5%-ға арттырды.

2. Реологиялық зерттеулер ҮПА тұтқырлығының 24 және 60 °С температурада 200-300 г·L⁻¹ тұздылығы диапазонында тұрақты екенін көрсетті, ал тұздылық жоғарылағанда ГПАА ерітіндісінің тұтқырлығы айтарлықтай төмендейді. Сонымен қатар, ҮПА ерітіндісі ГПАА-ға қарағанда бөлме температурасындағы қартаю сынағынан кейін тұтқырлықтың кемею мөлшері аз екені байқалады, өйткені 15 күннен кейінгі қартаю тұтқырлықтың ҮПА-да 18,2 %-ға, сәйкес ГПАА-да 27,5 %-ға төмендеуіне әкелді;

3. Массалық үлестері 0,25-0,5 % амфотерлік терполимерді синтетикалық тұзды ерітіндіде 200-300 г.л⁻¹ ерітілген жоғары өткізгішті құм қаптамасының үлгісіне айдау, жәй тұзды сумен айдау процесіне салыстырғанда мұнай өндіру коэффициентін (МӨК) 23-28 %-ға дейін айтарлықтай жоғарылатты. Нәтижесінде ҮПА арқылы мұнай айдау ГПАА мен ығыстыру процесіне қарағанда 2 есе көп мұнай өндіруге мүмкіндік берді;

4. Үштік полиамфолиттерді (ҮПА) бұрғылау сұйықтығына қосу, оның бөлме температурасында реологиялық қасиеттерін жақсартып, сұйықтық жоғалтуын азайтып қана қоймай, оның үстіне бұрғылау ерітінділерінің тұзға төзімділігін және гельдік беріктігін арттырып, жоғары тұзды ерітінді мен ығысу жылдамдығының кең аумағында тамаша реологиялық қасиет көрсетті;

5. Жаңа мономерлік құрам АМПС-ко-АПТМАХ-ко-АНК =50:49:1 Моль.% тұратын үштік полиамфолиттің дистерленген және тұзды судағы 0,1 масса.% (немесе 1.3·10⁻³ Моль·Л⁻¹) ерітінділерін керн өзегіне айдау, полимерлік ерітіндінің 90 % қалпына келтіру коэффициентін көрсетіп, осы процесс кезінде кеуекіті жыныстағы адсорбцияны азайту үшін тиімді екендігі дәлелденді. Бұл мұнай ұңғымаларының мониторингі үшін полимерді іздестіру агенті ретінде әлеуетті пайдаланылуы мүмкін.

Диссертация тақырыбының жаңалығы.

Бұл PhD диссертациясының жаңалығы ААМ-ко-АМПС-ко-АПТМАХ негізіндегі жоғары молекулалық үштік полиамфолиттер (ҮПА) алғаш рет синтезделді және олардың мұнай өндіруді арттыруда дәстүрлі түрде қолданылатын гидролизденген полиакриламидпен (ГПАА) салыстырғанда тұздылығы жоғары суларда мұнайды ығыстыру қабілеті айтарлықтай жоғары болды.

Сонымен қатар, тұзға төзімді үштік полиамфолит ААМ-ко-АМПС-ко-АПТМАХ алғаш рет тұзға төзімді су негізіндегі бұрғылау ерітінділерін (СНБЕ) дайындауда қолданылды. Бұл жаңа амфотерлік терполимер бұрғылау сұйықтығының тұзға төзімділігін арттырып қана қоймай, сонымен қатар бұрғылау ерітіндісінің тиімділігін, оның ішінде реологиялық (тұтқырлық, гелдің берктігі) және сұзу қасиеттерін, төмен температуралық геотермиялық шарт-жағдайда жақсартты.

АМПС-ко-АПТМАХ сополимерінің құрамына алғаш рет флуоресцентті мономердің іздік мөлшері – акриламидті нил көк (АНК) енгізілді. Нәтижесінде глобулярлы құрылымды және толық электронды бейтарап макромолекулалық тізбектері бар жаңа үштік полиамфолит [АМПС]:[АПТМАХ]:[АНК] = 50:49:1 моль.% алынды, сонымен бірге іздеуші агенттің тау жыныстарының бетіне адсорбциясын азайту немесе болдырмау мақсатында керн (кеуекті тас) өзегі арқылы полимерлік айдау сынақтары сәтті жасалды.

Диссертациялық жұмыстың практикалық маңызы

Осы зерттеу жұмысы барысында акриламид негізіндегі үштік полиамфолиттер сәтті синтезделіп, жетілдірілді. Сонымен қатар, мұнай өнімділігін арттыру (МӨА), ұңғымаларды бұрғылау және трассерді (бақылау агенті) пайдалану кезінде үштік полиамфолиттерді қолдану үшін оның оңтайлы мономерлік құрамын сандық анықтауға баса назар аударылды.

Тұздылығы 200 г/л ерітіндіде дайындалған 0,25 масса.%-тік үштік полиамфолит (ҮПА) пен ГПАА ерітінділерінің өткізгіштігі 0,62 және 1,77 Дарси болған құм қаптамалары арқылы полимерлік айдау, мұнай алу коэффициентін сәйкесінше 28 % және 18 %-ға айтарлықтай жоғарылатты.

Үштік полиамфолит өте жоғары тұздылық жағдайында мұнай өндірісінде қолданылатын ГПАА-ның жаңа баламасы ретінде, су негізіндегі бұрғылау ерітіндісінің (СНБЕ) реологиялық қасиетін жақсарту және сұйықтықтың жоғалуын азайту үшін маңызды полимерлік қоспа ретінде, және мұнай өнеркәсібіндегі флуоресценцияны анықтау технологиясы аясында ұңғымалар аралық тексерісі үшін керн өзегі арқылы полимерлік айдау сынақтарында бақылау агенті ретінде қолдану, зерттеудің өзектілігі мен практикалық маңыздылығын одан әрі айқындай түседі.

Нәтижелердің негізділігі мен сенімділігі. алынған мәліметтер таңдамалы, дәл және заманауи талдау әдістерімен, сондай-ақ ғылыми зерттеу әдістермен анықталды. Сенімді қайталануды қамтамасыз ету үшін барлық тәжірибелер параллелді анықтау сынақтарымен қатар жүргізілді.

Тақырыптың ғылыми-зерттеу жұмыстарымен және мемлекеттік бағдарламалармен байланысы.

Бұл зерттеу жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі қаржыландыратын үш түрлі жобалар аясында жүргізілді. Алғашқы жоба ЖТН: AP08855552 «Термо-және тұзға сезімтал полиамфолит нано-және микрогельдерді синтездеу және зерттеу» - деп аталатын 2020-2022 жылдарға арналған жаңа материалдарды әзірлеуге бағытталған. Екінші жоба ЖТН: AP09260574 «Мұнай өнімділігін арттыру үшін жаңа термиялық және тұзға төзімді амфотерлік терполимерлерді әзірлеу» тақырыбында 2021-2023 жырдары жүргізілген ғылыми зерттемен тікелей байланысты. Сонымен қатар, Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетінің «Жас Ғалым» жобасы бойынша ЖТН: AP14972771 «Су негізіндегі бұрғылау ерітінділеріне арналған синтетикалық және табиғи полиамфолиттер негізіндегі модификацияланған жаңа комплекстер синтездеу және оны зерттеу» тақырыбында 2022-2024 жылдарға арналған жобалардың қаржылай қолдауы аясында егжей-тегжейлі зерттеу жасады. Сондықтан диссертация авторы 6D073900 мұнай химиясы мамандығы бойынша философия докторы (Ph.D.) дәрежесін алуға лайық деп есептеймін.

Қорғауға ұсынылатын негізгі ғылыми тұжырымдар:

1. Акриламидті негізіндегі үштік полиамфолиттер ААм-ко-АМПС-ко-АПТМАХ, бейтарап мономер – акриламид (ААм), анионды мономер – 2-акриламидо-2-метил-1-пропансульфон қышқылы (АМПС) және катиондық мономер – (3-акриламидопропил) триметиламмоний хлориді (АПТМАХ) әртүрлі молярлық қатынастар мен орта шарт-жағдайда әдеттегі бос радикалдық (со)полимерлеу әдісі арқылы синтездеу;

2. Полиамфолиттердің химиялық құрамын, кеңістік құрылымын, молекулалық массасын, элементтік үлестерін, конформациясын, морфологиясын және термотұрақтылығын әртүрлі физика-химиялық әдістермен анықтау;

3. Әртүрлі молярлық концентрациядағы ААм, АМПС және АПТМАХ үштік полиамфолиттердің ертіндіні тұтқырлау, кеуекті тазарту тиімділігіне және мұнайды ығыстыру қабілетіне талдау жасап, құм қаптамасы мен жоғары кеуекті керн өзекті пайдалана отырып, жоғары тұзды ерітінділерде мұнай өндіру тиімділігін бағалау;

4. Жоғары молекулалық салмақтағы үштік полиамфолит ААм-ко-АМПС-ко-АПТМАХ = 80:10:10 моль.% пен гидролизденген полиакриламид (ГПАА) арасындағы мұнай шығару тиімділігін салыстырмалы зерттеу;

5. Құрамы ААм-ко-АМПС-ко-АПТМАХ=80:10:10 моль.% үштік полиамфолиттен (ҮПА) тұратын, бентонит сазы мен бейорганикалық тұздарды қосып дайындалған жаңаша тұзға төзімді су негізіндегі бұрғылау ерітінділерін әзірлеу мақсатында, ҮПА сополимерін реологиялық күшейткіш және сұйықтықтың жоғалуын азайту агенті ретінде тәжірибелік өлшеулер мен зерттеулер жасау.

6. Жаңа мономерлік құрам АМПС-ко-АПТМАХ-ко-АНК =50:49:1 моль.% тұратын іздестіруші үштік полиамфолитті флуоресцентті синтездеу және флуоресценттік анықтау технологиясына пайдалану үшін бақылау агенті ретінде физика-химиялық әдістермен сипаттау. Бұл флуоресценттік анықтау әдісі мұнай өнеркәсібінде айдаушы және өндіріші мұнай ұңғымалары арасындағы өзара байланыстар туралы ақпарат алу үшін қажетті тәсіл.

Жұмыстың практикалық нәтижелерін бекіту. Жұмыстың негізгі нәтижелері келесі халықаралық конференциялар мен симпозиумдарда ұсынылды: 8th International Symposium on

Specialty Polymers (Karaganda, Kazakhstan, August 23-25, 2019); AIP Conference Proceedings, (Conference paper, Scopus/WoS CiteScore 0.7 Percentile 17%, Q 4, Volume 2167, Page 020236- Pages 1-3, Nov 19, 2019); VIII All-Russian Conference "Recovery, Preparation, and Transportation of Oil and Gas" (Tomsk, Russia, October 1-3, 2019); VIII All-Russian Kargin Conference "Polymers in the Strategy of Scientific and Technological Development in the Russian Federation, Polymers-2020" (Tver, Russia, September 20-24, 2020); Uzbek-Kazakh Symposium "Modern Problems of Polymer Science" (Tashkent, Uzbekistan, November 24, 2020); and 13th International Symposium on Polyelectrolytes (Shanghai, China, June 21-25, 2021);

Жарияланымдар.

Ғылыми зерттеу жұмысының нәтижелері 12 басылымда көрсетілген: Scopus/Web of Science дерекқорына енгізілген халықаралық рецензияланған ғылыми журналдарда 1 (Q1, CiteScore 5,7 Percentile 77%) мақала, Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Ғылым және жоғары білім сапасын қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда 4 мақала, Қазақстан Республикасы, басқа ғылыми журналдар мен басқа басылымдарда 1 мақала (Қазақстан мұнай және газ өнеркәсібі журналы), Халықаралық және Ұлттық симпозиумдар мен конференцияларда 6 тезис жарияланған.

Жұмыстың практикалық нәтижелерін және жарияланымдарының жасалуына қосқан автордың жеке үлесі.

Нұрбатыр.М «Comparative Study of Oil Recovery Using Amphoteric Terpolymer and Hydrolyzed Polyacrylamide» мақаласының корреспондент авторы (Polymers 2022, 14(15), 3095; ISSN: 2073-4360. Q1 Scopus/WoS CiteScore 5.7 Percentile 77%). Бұл Ph.D кандидаты барлық эксперименттерді жүргізуге, нәтижелерді түсіндіруге және кіріспенің, әдістеменің, нәтижелердің, қорытындының және графиканың сипаттамасын қамтитын мақаланың бастапқы жобаларын дайындауға қатысты. Сонымен қатар, мақаланы журнал талаптарына сәйкес пішімдеуге және рецензияның әр кезеңінен кейін оны жетілдіруге белсенді қатысқан.

Нұрбатыр М «Salt-Tolerant Acrylamide-Based Quenched Polyampholytes for Polymer Flooding» мақаласында (ҚарУ хабаршысы, Химия сериясы, №4 (100)/2020,119-127 беттер) және «Oil Recovery at High Brine Salinity Conditions Using Amphoteric Terpolymer» (ҚарУ хабаршысы, Химия сериясы. №3 (107)/2022,141-149 беттер), мақалаларының бірінші авторы. Нұрбатыр М. «Synthesis and Characterization of a Novel Acrylamide-Based Ternary Polyampholyte as a Tracer Agent» (ҚазҰУ химиялық хабаршысы, 100(1): 22-29, 2021 ж.), да және «Synthesis and Characterization of High Molecular Weight Amphoteric Terpolymer Based on Acrylamide, 2-Acrylamido-2-Methyl-1-Propanesulfonic Acid Sodium Salt, and (3-Acrylamidopropyl) Trimethylammonium Chloride for Oil Recovery» (ҚазҰУ химиялық хабаршысы, 2021,103,12–20), және «Synthetic Polyampholytes Based on Acrylamide Derivatives – A New Polymer for Enhanced Oil Recovery» (Қазақстан мұнай және газ өнеркәсібі журналы, 4(4), 104-116), мақалаларының корреспондент авторы. Сонымен қатар, Нұрбатыр М. мақалаларды журнал талаптарына сәйкес пішімдеуге, мақалаларды журналдарға жіберуге және рецензияның әр кезеңінен кейін мақалаларды жақсартуға атсалысты.

Диссертация құрылымы. Бұл диссертацияның мазмұны қолданбалы әдебиеттерге шолуды, кіріспені және нәтижелерді талқылауды, қорытындыны және әдебиеттер тізімін қамтиды. Жалпы көлемі 109 бет, оның ішінде 67 сурет, 14 кесте, 206 библиографияға сілтеме жасалған.