

МРНТИ 61.51.13

DOI: <https://doi.org/10.62724/202540606>

Мукамбеткалиева Айнаш Нурбулатовна^{*1}

докторант,

С.Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті,
Атырау, Қазақстан, ainash_m_89@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-2236-0333

Шагильбаев Адил Жолдасович²

Филиал директорының өндіріс жөніндегі орынбасары

"ҚМГ Инжиниринг" ЖШС АФ

Атырау, Қазақстан, a.shagilbayev@kmge.kz, ORCID ID: 0009-0009-3653-7882

Губашев Сарсенбай Абилович³

Бұрғылау және экологияны жобалау департаментінің директоры

"ҚМГ Инжиниринг" ЖШС АФ

Атырау, Қазақстан, S.Gubashev@kmge.kz, ORCID ID: 0009-0009-7261-9324

СУ–МҰНАЙ ЭМУЛЬСИЯЛАРЫН БҰЗУ ЖӘНЕ БӨЛҮДІҢ ЗАМАНАУИ ТӘСІЛДЕРІ

Аңдатпа. Қазіргі уақытта игеріліп жатқан кен орындарының басым бөлігінде өнімнің жоғары сулануы мұнай өнеркәсібіндегі негізгі әрі кең таралған мәселелердің бірі болып қалып отыр. Өндірілетін мұнай құрамындағы судың айтарлықтай мөлшері оны өндіру, тасымалдау және алдын ала дайындау үдерістерін күрделендіріп, қосымша технологиялық және пайдалану қиындықтарын туындатады. Осындай жағдайда мұнай-су эмульсияларын жедел әрі тиімді бөлу міндеті аса маңызды болып табылады, себебі бұл шикізатты әрі қарай өндеуге дайындаудың және өндірістік үдерістердің тұрақтылығын қамтамасыз етудің ажырамас кезеңі.

Осы мақаланың мақсаты – тауарлық мұнайдың талапқа сай сапасын қамтамасыз етуге бағытталған мұнай-су эмульсияларын сусыздандырудың әртүрлі әдістерін қолдану ерекшеліктерін зерттеу. Бұл әдістердің тиімділігі, суды барынша толық жою қабілеті және үдерістің тұрақтылығы қарастырылады. Сонымен қатар қолданылатын әдістер мен жабдықтардың технологиялық күрделілігі талданып, өнеркәсіптік өндіріс жағдайлары үшін олардың экономикалық тиімділігі, сондай-ақ энергия тиімділігі мен шығындарды оңтайландырудың қазіргі талаптары ескеріледі.

Кілт сөздер. су-мұнай эмульсиясы, сусыздандыру әдістері, мұнай, деэмульгатор, ЖЖ және ӨЖЖ электромагниттік өрісі

Мукамбеткалиева Айнаш Нурбулатовна^{*1}

докторант,

Атырауский университет нефти и газа имени С.Утебаева,
Атырау, Казахстан, ainash_m_89@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-2236-0333

Шагильбаев Адил Жолдасович²

Заместитель директора филиала по производству

АФ ТОО «ҚМГ Инжиниринг»

Атырау, Казахстан, a.shagilbayev@kmge.kz, ORCID ID: 0009-0009-3653-7882

Губашев Сарсенбай Абилович³

Директор департамента проектирования бурения и экологии
АФ ТОО «КМГ Инжиниринг»

Атырау, Казахстан, S.Gubashev@kmge.kz, ORCID ID: 0009-0009-7261-9324

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ РАЗРУШЕНИЯ И РАЗДЕЛЕНИЯ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Аннотация. В настоящее время высокая обводнённость продукции на большинстве разрабатываемых месторождений остаётся одной из ключевых и широко распространённых проблем нефтяной промышленности. Значительное содержание воды в добываемой нефти существенно осложняет процессы её извлечения, транспортировки и предварительной подготовки, вызывая дополнительные технологические и эксплуатационные трудности. В этих условиях задача ускоренного и эффективного разделения водонефтяных эмульсий приобретает особую важность, поскольку является неотъемлемым этапом подготовки сырья к дальнейшей переработке и обеспечения стабильности производственных операций.

Цель настоящей статьи состоит в исследовании особенностей применения различных методов обезвоживания водонефтяных эмульсий, направленных на получение товарной нефти требуемого качества. Рассматривается их эффективность, способность обеспечивать максимальное удаление воды и стабильность процесса. Помимо этого проводится анализ технологической сложности применяемых методов и оборудования, а также оценивается их экономическая целесообразность для условий промышленного производства, учитывая современные требования к энергоэффективности и оптимизации затрат.

Ключевые слова: водонефтяная эмульсия, методы обезвоживания, нефть, деэмульгатор, ВЧ и СВЧ ЭМ поле.

Mukambetkaliyeva Ainash Nurbulatovna^{*1}

Doctoral Student,

Atyrau University of Oil and Gas named after Safi Utebaev,

Atyrau, Kazakhstan, ainash_m_89@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-2236-0333

Shagilbayev Adil Zholdasovich²

Deputy Director for Production,

Branch of “KMG Engineering” LLP,

Atyrau, Kazakhstan, a.shagilbayev@kmge.kz, ORCID ID: 0009-0009-3653-7882

Gubashev Sarsenbay Abilovich³

Director of the Department for Drilling and Environmental Design,

Branch of “KMG Engineering” LLP,

Atyrau, Kazakhstan, S.Gubashev@kmge.kz, ORCID ID: 0009-0009-7261-9324

MODERN METHODS FOR BREAKING AND SEPARATING WATER–OIL EMULSIONS

Abstract. Currently, the high water cut observed at most developed oil fields remains one of the key and widespread challenges in the petroleum industry. The significant amount of water

present in produced crude oil complicates its extraction, transportation, and preliminary processing, creating additional technological and operational difficulties. Under these conditions, the task of rapid and efficient separation of water–oil emulsions becomes particularly important, as it represents an essential stage in preparing the feedstock for further refining and ensuring the stability of production operations.

The purpose of this article is to examine the specific features of applying various dehydration methods for water–oil emulsions aimed at producing marketable crude oil of the required quality. The analysis focuses on their effectiveness, ability to ensure maximum water removal, and process stability. Additionally, the technological complexity of the applied methods and equipment is reviewed, and their economic feasibility for industrial conditions is evaluated, taking into account modern requirements for energy efficiency and cost optimization.

Keywords. water-oil emulsion, dehydration methods, oil, demulsifier, RF and microwave EM field.

Кіріспе. Қазіргі уақытта көптеген игеріліп жатқан кен орындарының өнімінің обводнендігі мұнай өнеркәсібіндегі негізгі және кең таралған мәселелердің бірі болып табылады. Бұл мәселе мұнайды өндіру, жинау және дайындау процесінде айтарлықтай қиындықтар тудырады. Эмульсиялар түзілу кезінде дисперстік фазаның үлкен беткі ауданы пайда болады, онда эмульсияны тұрақтандыратын заттар – эмульгаторлар – адсорбциялануы мүмкін. Асфальтендер, нафтендер, шайырлар, қатты балқитын парафиндер (табиғи БАҚ) су–мұнай эмульсияларының негізгі эмульгаторлары және тұрақтандырғыштары болып табылады. Бұған қоса, глина, кварц, әртүрлі тұздар сияқты ұсақ қатты бөлшектер де қосылады[1].

Эмульсиялар – бір-бірінде аз еритін немесе мүлде ерімейтін екі сұйықтықтан тұратын дисперстік жүйелер, олардың біреуі екіншісінде ұсақ тамшылар (глобулдар) түрінде диспергирленген. Глобулдар таралған сұйықтық дисперсиялық орта болып табылады, ал диспергирленген сұйықтық – дисперстік фаза. Мұнай эмульсияларының екі түрі бар: «мұнай суда» (Н/В) – гидрофильді және «су мұнайда» (В/Н) – гидрофобты. Бірінші жағдайда мұнай тамшылары су ортасында дисперстік фазаны құрайды, ал екінші жағдайда су тамшылары мұнай ортасындағы дисперстік фаза болып табылады [2].

Эмульсиялардың түзілуі дисперстік жүйе фазаларының бөліну шекарасындағы беткі құбылыстармен, ең алдымен беткі керілуімен байланысты. Беттік керілу – сұйықтықтың өзінің бетінің ұлғаюына қарсы тұратын күш. Беттік-белсенді заттар (ББЗ) беткі керілуді төмендету қасиетіне ие. Бұл қасиет ББЗ-ның дисперстік жүйенің фазаларының бірінде таңдамалы түрде еруімен, шекара бетінде адсорбциялық қабат – ББЗ пленкасын түзуімен түсіндіріледі. Беткі керілудің төмендеуі дисперстік фазаның ұсақталуын арттырады, ал адсорбциялық қабаттың – глобулдар бетіндегі өзіндік «қалқанның» түзілуі олардың тұндыру кезінде коалесценциялануына кедергі жасайды.

Эмульсиялардың түзілуіне және тұрақтануына ықпал ететін заттар эмульгаторлар деп аталады; ал тұрақты эмульсиялардың беткі адсорбциялық қабатын бұзатын заттар деэмульгаторлар деп аталады.

Эмульсиялардың тұрақтылығы көбіне эмульгаторлардың дисперстігіне байланысты деп саналады, ал ол өз кезегінде мұнайдағы парафиндер мен арендердің құрамына тәуелді болады, эмульгаторлардың концентрациясынан гөрі. Су–мұнай эмульсияларының тұрақтылығы мұнайдың тығыздығы мен тұтқырлығына, сондай-ақ судың глобулаларының көлеміне, яғни дисперстігіне тәуелді. Өнеркәсіптік жағдайда дисперстік судың тамшаларының мөлшері 0,1–250 мкм аралығында болады. Үлкенірек

мөлшерлер тек ағымдағы жағдайда ғана кездеседі, бұл статикалық жағдайда үдемелі седиментация нәтижесінде болады. Эмульсиялар жасы ұлғайған сайын, судың глобулаларының бетіндегі эмульгатор қабаты қалыңдай түседі, нәтижесінде көптеген су-мұнай эмульсияларының тұрақтылығы артып, механикалық беріктігі күшейеді. Эмульсиялардың қартаюы тек түзілу кезеңінің бастапқы кезеңінде қарқынды өтеді, кейін айтарлықтай бәсеңдейді.

Көптеген ірі кен орындарында обводнендік 80 %-дан астамға жетті. Бұл мұнай өндіруді арттыру мақсатында пласттарды суармалау әдістерін қолданудың нәтижесі болып табылады. Мұнаймен бірге шығарылатын су тек ішінара ғана бөлінеді, оның көп бөлігі эмульсиялық күйге өтеді[1,2].

Эмульгаторлар, әдетте, мұнайдың полярлы заттары болып табылады: шайырлар, асфальтендер, асфальтоген қышқылдары және олардың ангидридтері, нафтен қышқылдарының тұздары, сондай-ақ әртүрлі органикалық қоспалар. Зерттеулер көрсеткендей, тұрақты эмульсиялардың түзілуіне парафиндер мен мұнай церезиндері сияқты әртүрлі қатты көмірсутектер де қатысады. Түзілетін эмульсияның түрі көбіне эмульгатордың қасиеттеріне байланысты: гидрофобты қасиетке ие эмульгаторлар В/Н типіндегі, яғни гидрофобты эмульсия түзеді, ал гидрофильді эмульгаторлар Н/В типіндегі гидрофильді эмульсияның түзілуіне ықпал етеді. Демек, эмульгаторлар өздерінің табиғатына сәйкес эмульсия түрінің түзілуін қамтамасыз етеді. Өндірістік тәжірибеде көбінесе гидрофобты эмульсия түзіледі, себебі бұл жағдайда эмульгаторлар мұнайда еритін шайырлы-асфальтенді заттар, органикалық қышқылдардың тұздары, ұнтақталған саз бөлшектері, металл оксидтері және т.б. болып табылады. Бұл заттар мұнай—су шекарасында адсорбцияланып, су тамшыларының айналасында берік қабықша түзеді.

Керісінше, суда жақсы еритін және көмірсутектерде нашар еритін гидрофильді эмульгаторлар (мысалы, мұнай қышқылдарының сілтілік металдар тұздары — сілтілік тазарту өнімдері) шекара бетінде су фазасы жағынан адсорбцияланып, мұнай тамшыларын қаптайды және гидрофильді эмульсияның түзілуіне ықпал етеді. Егер жүйеде екі типтегі эмульгаторлар да болса, эмульсиялардың түрі өзгеруі — бір типтен екінші типке ауысуы мүмкін. Бұл құбылыс кейде эмульсияларды бұзу процесінде қолданылады[3].

Зерттеу материалдары мен әдістері. Су-мұнай эмульсияларын тез арада қабаттарға бөлу мүмкіндігі мұнайды өңдеуге дайындау үдерісінде аса маңызды болып табылады. Тауарлық сусыздандырылған мұнай алу үшін әртүрлі заманауи сусыздандыру әдістері қолданылады:

- механикалық;
- химиялық;
- термикалық;
- электрлік.

Механикалық әдістерге эмульсияларды бұзудың келесі тәсілдері жатады:

- тұндыру;
- центрифугалау;
- сүзгілеу.

Химиялық әдістерге түтік ішіндегі деэмульсация жатады, ол эмульсияға химиялық реагенттер – деэмульгаторлар қосу арқылы жүргізіледі. Эмульсиямен араласып қозғалған кезде олар оны бұзады. Деэмульгаторды тандау мұнайдың түріне, су фазасының мөлшері мен құрамына, араластыру қарқынына, температураға, тұндыру жылдамдығына және басқа факторларға тәуелді. Ең тиімді реагенттер – тапшылығы жоқ, аз мөлшерде қолданылатын, аппараттарды коррозияламайтын және мұнай қасиеттерін

өзгертпейтін заттар. Мұнай эмульсияларына әсер ету сипатына қарай оларға мыналар жатады:

–электролиттер (кейбір минералдық және органикалық қышқылдар, сілтілер, тұздар);

–неэлектролиттер (бензол, көміртекті сульфид, ацетон, спирт, фенол, эфир, бензин);

–коллоидтар (жоғары молекулалы шайыр, май және сульфокислоталардың натрий тұздары).

Эмульсиялардың түзілу себептерін білсе және оларды жойса, деэмульгация процесін едәуір жеңілдетуге болады және мұнайды қайта өңдеу зауыттарына дайындау шығындарын азайтуға мүмкіндік туады. Химиялық әдістердің ерекшелігі – колданудың икемділігі мен қарапайымдылығы[4,5].

Термикалық әдістерге мұнайды тұндыру алдында 45–80 °С температураға дейін қыздыру жатады. Қыздыру кезінде тамшалардың бетінде орналасқан эмульгатор қабатының беріктігі төмендеп, олардың бірігуі жеңілдейді. Сонымен қатар, мұнайдың тұтқырлығы азайып, су мен мұнай тығыздығының айырмашылығы артады, бұл эмульсияның тез бөлінуіне ықпал етеді. Қыздыру резервуарларда, жылу алмастырғыштарда және түтікшелі пештерде жүргізіледі.

Электрлік әдіс негізінен мұнай өңдеу зауыттарында қолданылады. Оның негізгі мақсаты – ЭЛТҚ-да (электроочисткалық қондырғыларда) мұнайды тұздан тазалау процесі. Сонымен қатар әдіс мұнай өнімдерін сілтілік және қышқылдық су ерітінділерінен тазарту үшін де қолданылады, бұл процесс электрофайнинг деп аталады. Барлық жағдайларда жоғары кернеулі электр өрісі пайдаланылады. Эмульсияны айнымалы токпен жасалған электр өрісіне орналастырғанда, глобулалардың бірігуі және эмульсияның қабаттарға бөліну жылдамдығы 5 есе артады. Айнымалы ток глобулалардың соқтығысу ықтималдығын арттырады, ал глобулалардағы эмульгатор қабаттарының кернеу мен тартылыс әсерінен үзілуі жеңілдейді. Тұнған су (еріп кеткен тұзбен бірге) электродегидратордың төменгі бөлігінен, ал сусыздандырылған мұнай жоғарғы бөлігінен шығарылады[6].

Процестің негізгі технологиялық параметрлері: температура, қысым, дегидраторлардың нақты өнімділігі, деэмульгатор мен жуу суының шығыны, олардың мұнаймен араласу дәрежесі, электр өрісінің кернеулігі. Мұнайды қыздыру ЭЛТҚ-да оның тұтқырлығын азайтып, су тамшаларының қозғалысын жылдамдатады және коалесценцияны күшейтеді. Дегенмен, қыздыру кейбір кемшіліктерге ие: температура көтерілген сайын мұнайдың электр өткізгіштігі артып, энергия шығыны ұлғаяды, ал оқшаулағыштардың жұмыс шарттары күрделенеді. Сондықтан әр түрлі мұнайларды ЭЛТҚ-да 60–150 °С аралығында қыздырып, онтайлы температурасын таңдайды, бұл тұздан тазалау шығынын азайтуға мүмкіндік береді.

Өндірісте көбінесе су–мұнай эмульсияларын бұзудың комбинирленген әдістері қолданылады. Олар тек бір топқа жатпайды. Термо-химиялық тұндыру, тиімді бұзатын реагенттер – деэмульгаторларды қолданумен – кен орындарында мұнайды деэмульгирлеудің негізгі заманауи әдісі болып саналады. Араластыру түтікшелі жылу алмастырғыштарда (кәсіпорындарда көбінесе түтікшелі пештерде) 50–70 °С температурада жүргізіледі. Процесс арнайы тұндырғыштарда 15 атмосфераға дейін қысымда жүзеге асырылады. Су тұндырылады және мұнайдан бөлінеді, содан кейін арнаға төгіледі[7].

Кейбір қондырғыларда деэмульсацияны жеңілдететін қосымша шаралар қолданылады. Мысалы, тұндырғыштан бөлінген судың бір бөлігін қыздырғышқа жіберу арқылы эмульсияға қайта қосу. Бұл әдіс деэмульгатор шығынын азайтуға мүмкіндік

береді, себебі тұндырғыштан алынған деэмульгатор қайта пайдаланылады. Сілті немесе мұнай өңдеу қалдықтарының қосылуы эмульсияның қышқыл ортада бұзылуына оң әсер етеді, деэмульгатор шығынын азайтады, ал эмульсияны толық бөлу үшін төменгі температура жеткілікті болады. Бұл әдіс қарапайым әрі қызмет көрсетуге ыңғайлы, сонымен қатар шетелдік мамандардың пікірінше ең үнемді болып саналады[6].

Нәтижелер және оларды талқылау. Жоғарыда аталған барлық сусыздандыру әдістері және олардың комбинациялары «көмірсутек–су» типтес тұрақты эмульсияларды бұзу мәселесін шешу үшін қолданылады. Дегенмен, бұл әдістердің аталмыш типтегі эмульсияларға тиімділігі салыстырмалы түрде төмен. Эмульсияларды бұзудың күрделілігі олардың құрамындағы табиғи эмульгаторлардың жоғары мөлшері және көмірсутек пен су фазаларының тығыздық мәндерінің өте жақын болуымен түсіндіріледі. Дәстүрлі бұзу әдістерін қолдану мұнайды өндіру және дайындау шығындарын арттырады.

Осыған байланысты, гельдік қосылыстары бар тұрақты су–мұнай эмульсияларын бұзудың перспективалы әдісі ұсынылған. Ол радиожилілік (РЖ) және микротолқынды (МТ) диапазондағы электромагниттік өрісті қолдануға негізделген, бұл жағдайда өріс пен заттың резонанстық өзара әрекеттесуі жүзеге асады. Бұл әдістің негізгі мақсаты – гельдік эмульсия құрамындағы су және мұнай фазаларын бөлу.

Радиожилілік (РЖ) электромагниттік өрісі мұнайдың полярлы құрамдас бөліктеріне – асфальтендер мен шайырларға әсер етеді. Эмульсияның құрамына байланысты суды бөлу дәрежесі өзгереді. Мысалы, 0,1–0,57 Тл индукциясы бар тұрақты магниттік өріске 1–3 минут әсер еткенде суды бөлу дәрежесі 48–71 % аралығында болады. Сол сияқты, 0,1–1,0 Тл индукциясы бар тұрақты және айнымалы электромагниттік өріске әсер еткенде ұқсас нәтижелер алынады.

Су–мұнай эмульсияларын бұзудың ең жоғары әсері РЖ электромагниттік өрісінде байқалады. Бұл жағдайда қыздыру мұнайдағы полярлы құрамдас бөліктердің поляризациясы арқылы жүзеге асады. Мұнайдың жоғары молекулалы қосылыстарының құрылымы бұзылады, егер полярлы молекулалардың жиілігі электромагниттік өрістің жиілігімен сәйкес келсе. Осылайша, РЖ электромагниттік өрісті тиімді пайдалану үшін шикі мұнайдың диэлектрлік қасиеттерін өлшеп, РЖ диапазонында резонанстық жиілікті анықтау қажет[8,9].

Егер бұл мүмкін болмаса, СВЧ (микротолқынды) электромагниттік өріске әсер ету тиімдірек болады. Микротолқын сәулесі әсер еткенде судың молекулалары поляризацияланып қызады. РЖ және МТ әсері кезінде су–мұнай эмульсиясы қарқынды қызады. Температура көтерілгенде мұнайдың тұтқырлығы төмендейді, сондай-ақ фазалар арасындағы беттік кернеу азаяды. Дегенмен, СВЧ өрісінің әсері глобулаларды қоршап тұрған қабықтың қалыңдығына тәуелді болады. Қалыңдыққа байланысты су глобулаларының шашырау процесі байқалады. Статикалық режимнен айырмашылығы, динамикалық режимде СВЧ өрісінің әсері зерттелген үлгілерде судың тамшаларының ұлғаюы және олардың бірігуі байқалады. Әсердің тиімділігі ағым жылдамдығына байланысты: ағым жылдамдығы артқан сайын өріс әсерінің тиімділігі де артады. Диэлектрлік өтімділік тұндыру ықтималдығына әсер етеді деген қорытынды жасауға болады.

Тұрақты гельдік қосылыстары бар су–мұнай эмульсияларынан суды және мұнай фазасын толық бөлу үшін ультрадыбыстық әсерді алюминий оксидінің нанопорошок суспензиясын ацетонитрилге қосу арқылы қолдану ұсынылады. Бұл жағдайда «гель» толығымен бұзылады және су мен мұнай фазасы 100 % бөлінеді.

Су фазасының температурасына байланысты эмульсияны бөлу дәрежесі шамалы өзгереді. Көбірек тәуелділік эмульсияның орташа температурасына байланысты.

Сонымен қатар, егер ұзақ уақыт бойы жоғары микротолқынды энергия қолданылса, бұл суды бөліп алу үшін тиімді болмайды, себебі үлгілерде артық қайнау байқалады.

Су–мұнай эмульсияларын электромагниттік өрістерде бұзу әртүрлі факторларға тәуелді:

- жоғары молекулалы қосылыстардың мөлшері мен концентрациясы;
- судың көлемі;
- су–мұнай эмульсияларының диэлектрлік қасиеттері;
- электромагниттік өрістің жиілігі мен интенсивіті;
- әсер ету уақыты [10,11].

Қорытынды. Жұмыста су–мұнай эмульсияларын бұзудың әртүрлі әдістері қарастырылған, алайда олардың ішінен ең рационалдысын таңдау өте қиын. Сондықтан негізгі міндет – ең тиімді және мақсатқа сай әдісті таңдау және қолдану болып табылады. Мұны жүзеге асыру үшін эмульсиялардың қасиеттері мұқият зерттеледі, ал әртүрлі әдістер сипатталғанда олардың оң және теріс ерекшеліктері бағаланады. Әдістердің рационалдығы келесі сапалық көрсеткіштер арқылы анықталады: әрекеттестің тиімділігі, суды толық бөлу мүмкіндігі, әдіс пен жабдықтың қарапайымдылығы, процестің экономикалық тиімділігі.

Қазіргі таңда барлық типтегі эмульсияларды бұзуға мүмкіндік беретін технологиялар жоқ. Су–көмірсутек эмульсияларының пайда болуы мен жиналуы салдарынан туындайтын экологиялық және экономикалық мәселелер осындай өнімдерді тиімді жоюға мүмкіндік беретін жаңа технологияларды жетілдіруді және жасау қажеттілігін талап етеді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Кузнецов А.Н., Павлов В.В. *Технология переработки нефти и газа*. – Москва: Недра, 2015. – 432 с.
2. Аджиев А.Ю., Пуртов П.А. Подготовка и переработка попутного нефтяного газа в России / А.Ю. Аджиев, П.А. Пуртов. – Краснодар: ЭНДИ, 2014. – 776с.
3. Ахметов С.А., Сериков Т.П., Кузеев И.Р., Ба-язитов М.И. *Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учебное пособие* / С.А. Ахметов, Т.П. Сериков, И.Р. Кузеев, М.И. Баязитов. – СПб.: Недра, 2006. – 868с.
4. Kitto V.I., Stainley D. *Handbook of Industrial Hydrocarbon Processes*. – Houston: Gulf Publishing Company, 2016. – 520 p.
5. Сейтханов А.Ж. *Су–мұнай эмульсияларын тұрақтандыру және бұзу әдістері*. – Алматы: Қазақ Ұлттық Университеті, 2018. – 210 с.
6. Kumar R., Singh S. *Dehydration of Crude Oil Emulsions: Techniques and Applications*. – Journal of Petroleum Science, 2020, Vol. 12, №3, pp. 45–63.
7. Иванов В.П., Смирнова Е.В. *Эмульсии в нефтяной промышленности и методы их разрушения*. – Санкт-Петербург: Химия, 2017. – 312 с.
8. Al-Shammasi S., Al-Rashid A. *Electromagnetic Methods for Breaking Water-in-Oil Emulsions*. – Energy & Fuels, 2019, Vol. 33, №7, pp. 6800–6812.
9. Мельникова Л.П. *Химические и термические методы обезвоживания нефти*. – Москва: Губкинский университет, 2016. – 178 с.
10. Zhang J., Li M. *Microwave and Ultrasonic Techniques in Crude Oil Dehydration*. – Petroleum Science, 2021, Vol. 18, №4, pp. 1123–1135.
11. Кайсарова А.Б. *Современные методы разрушения стойких гелеобразующих эмульсий*. – Алматы: КазНИИ нефти и газа, 2019. – 140 с.

REFERENCES

1. Kuznetsov A.N., Pavlov V.V. Tekhnologiya pererabotki nefti i gaza. [Technology of oil and gas processing.]. Moscow: Nedra, 2015. – 432 p. – (In Rus)
2. Adzhiev A.Yu., Purtov P.A. Podgotovka i pererabotka poputnogo neftyanogo gaza v Rossii. [Preparation and processing of associated petroleum gas in Russia.]. Krasnodar: ENDI, 2014. – 776 p. – (In Rus)
3. Akhmetov S.A., Serikov T.P., Kuzeev I.R., Bayazitov M.I. Tekhnologiya i oborudovanie processov pererabotki nefti i gaza. [Technology and equipment for oil and gas processing.]. St. Petersburg: Nedra, 2006. – 868 p. – (In Rus)
4. Kitto B.I., Stainley D. Handbook of Industrial Hydrocarbon Processes. Houston: Gulf Publishing Company, 2016. – 520 p.
5. Seitkhanov A.Zh. Su–munai emul'siyalarin turaktandyru zhane buzu adisteri. [Methods for stabilization and breaking of water–oil emulsions.]. Almaty: Kazakh National University, 2018. – 210 p. – (In Kaz)
6. Kumar R., Singh S. Dehydration of crude oil emulsions: techniques and applications. Journal of Petroleum Science, 2020, Vol. 12, No. 3, pp. 45–63.
7. Ivanov V.P., Smirnova E.V. Emul'sii v neftyanoy promyshlennosti i metody ih razrusheniya. [Emulsions in the oil industry and methods of their breaking.]. St. Petersburg: Khimiya, 2017. – 312 p. – (In Rus)
8. Al-Shammasi S., Al-Rashid A. Electromagnetic methods for breaking water-in-oil emulsions. Energy & Fuels, 2019, Vol. 33, No. 7, pp. 6800–6812.
9. Melnikova L.P. Himicheskie i termicheskie metody obezvozhvaniya nefti. [Chemical and thermal methods of oil dehydration.]. Moscow: Gubkin University, 2016. – 178 p. – (In Rus)
10. Zhang J., Li M. Microwave and ultrasonic techniques in crude oil dehydration. Petroleum Science, 2021, Vol. 18, No. 4, pp. 1123–1135.
11. Kaisarova A.B. Sovremennye metody razrusheniya stojkih gel'soderzhashchih emul'sij. [Modern methods for breaking stable gel-containing emulsions.]. Almaty: KazNII of Oil and Gas, 2019. – 140 p. – (In Rus)