

УДК 665.6/.7(045)

МРНТИ 52.47.27

<https://doi.org/10.56525/CJAU7934>

## **МҰНАЙДЫҢ ТҮТҚЫРЛЫҒЫНА ӘСЕР ЕТЕТІН ФАКТОРЛАР ЖӘНЕ ОНЫ ТӨМЕНДЕТУ ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

**А.И.КОЙШИНА**

Yessenov University, Ақтау, Қазақстан

Email: akmaral.koishina@yu.edu.kz

**С.М.НАУРЫЗКУЛОВА**

<sup>1</sup>М. Kh. Dulaty Taraz Regional University, Тараз, Қазақстан

Email: Simbat\_3@mail.ru

**А.Н.БОРАНБАЕВА**

Yessenov University, Ақтау, Қазақстан

Email: assiya.borabayeva@yu.edu.kz

**Б.Н.КОЙЛЫБАЕВ**

Email: Nomad\_bk@bk.ru

Университет Массачусетс, АҚШ

**Автор-корреспондент: Simbat\_3@mail.ru**

**Аңдатпа.:** Мұнай өндіру кезінде шикі мұнайдың жоғары тұтқырлығы өндіріс жылдамдығына кері әсер етіп, елеулі мәселелер тудырады. Көптеген зерттеулер әртүрлі шикі мұнай сорттарының қасиеттерін және оларды өндіру технологияларын бағалауға бағытталған. Жоғары тұтқырлықтың негізгі себептері – қатты бөлшектердің болуы, ауыр фракциялардың жоғары концентрациясы, сондай-ақ "майдағы су" типіндегі эмульсиялардың түзілуі. Бұл мақалада ауыр фракциялардың жоғары концентрациясы бар мұнайдың тұтқырлығын төмендетуге бағытталған механизмдер, эмульсиялардың түзілу және тұрақсыздану механизмдері, сондай-ақ тұтқырлықты төмендету әдістері қарастырылады.

**Түйін сөздер:** Мұнай, тұтқырлық, эмульсия, ауыр мұнай, су, еріткіштер, асфальтендер.

### **Кіріспе**

Соңғы екі онжылдықта әлемдік мұнайға сұраныс тұрақты түрде артуда, бұл энергетикалық ресурстарға деген қажеттіліктің жоғарылауымен, жаһандық экономиканың қарқынды дамуымен және өнеркәсіптік өндірістің ұлғаюымен байланысты [1]. Тек 20-шы ғасырдың соңғы ширегінде бұл көрсеткіш жылына шамамен 1%-ға артты. Халықаралық энергетикалық агенттіктің (ХЭА) және Дүниежүзілік энергетикалық кеңестің (ДЭК) мәліметтеріне сәйкес, мұнайға деген сұраныс 2030 жылға қарай 66%-ға өседі де деп болжануда. Сондай-ақ халықаралық зерттеулер алдағы 20 жылда әлемдегі энергия қажеттілігінің кем дегенде 80%-ы мұнай, табиғи газ және көмір есебінен қанағаттандырылатынын болжайды [2]. Осылайша, баламалы энергия көздерін дамытуға бағытталған шараларға қарамастан, көмірсутектер энергияға деген әлемдік сұранысты қанағаттандыруда әлі де жетекші рөл атқарады. Дегенмен, дәстүрлі жеңіл көмірсутектерді тұтыну осы ресурстардың қорларының азаюына әкелді [3]. Қазба отындары келесі онжылдықтарда негізгі энергия көзі болып қалатындықтан, баламалы қазба ресурстарын дамытуға аса қажеттілік туындайды [4]. Сондықтан дүние жүзіндегі жалпы мұнай қорының шамамен 70%-ын құрайтын қабаттардан ауыр және аса ауыр мұнайды (яғни, табиғи битум немесе мұнай құмдары) тиімді өндіруге айтарлықтай күш жұмсалды [4].

Шикі мұнай-бұл негізінен қарапайым көмірсутек түрлерінен тұратын көптеген функционалды топтары бар мыңдаған қосылыстардың күрделі қоспасы және оның құрамындағы айырмашылықтар оған әртүрлі қасиеттер береді. Мұнай оның құрамында қаныққан, ароматты, шайырлар және асфальтендер деп аталатын фракциялардың болуымен сипатталады. Бұл фракциялар кремний диоксиді сияқты белсенді беттерде әр түрлі полярлығы мен адсорбциясы бар еріткіштерді қолдана отырып, полярлығына қарай мұнайдан бөлінеді [5]. Қаныққан көмірсутектер негізінен полярлы емес және қос байланысы жоқ. Алифатты көмірсутектер мен алициклді көмірсутектер осы классификацияның бөлігі болып табылады және мұнайдың ең жеңіл бөлігін құрайды. Ароматты көмірсутектер – құрамында бір немесе бірнеше бензол сақиналары бар қосылыстар, олардың құрамында алифаттық тізбектер және/немесе бензол сақинасына қосылған нафтендік сақиналар болуы мүмкін [6]. Шайырлар жеңіл алкандарда еритін мұнай фракциясы ретінде сипатталады. Олардың хош иісті және полярлық сипаттамалары бар, сонымен қатар олардың құрылымында азот пен оттегі сияқты гетероатомдар бар [7,8]. Асфальтендер мұнайдың n-алкандарда (мысалы, n-пентен және n-гептан) ерімейтін және хош иісті еріткіштерде (бензол және толуол) еритін бөлігі ретінде анықталады [9,10]. Сонымен қатар, бұл мұнайда кездесетін жоғары полярлыққа және жоғары молекулалық массаға ие компоненттер. Олар поликонденсацияланған ароматты сақиналардан тұратын күрделі құрылымдарға ие, олардың құрамында әртүрлі өлшемдердегі алкил радикалдары мен оттегі, азот және күкірт элементтерінен, сондай-ақ ванадий, никель және темір сияқты металлдардан құралған функционалды топтар бар [11]. Асфальтендер - ауыр мұнай мен битумның негізгі компоненттері болып табылады. Қабаттар мұнайларды өндіруде қаныққан, ароматты, шайырлы және асфальтенді қосылыстардың әртүрлі пропорциялары және күкірт құрамымен ерекшеленетін геологиялық айырмашылықтарды көрсетеді. Мысалы, құрамында күкірті жоғары ауыр мұнай негізінен Солтүстік Америкада, Оңтүстік Америкада және Таяу Шығыста кездеседі [12]. Ауыр немесе аса ауыр мұнай — бұл жоғары тұтқырлыққа ие мұнай, ол қабаттың қалыпты жағдайында эксплуатациялық ұңғымаларға оңай ағып бара алмайды. «Ауыр» анықтамасы мұнайдың тығыздығы немесе салыстырмалы салмағына негізделген, ол жеңіл мұнайға қарағанда жоғары болады [2]. Гравитация мен тұтқырлық — жеңіл, ауыр және аса ауыр мұнайларды классификациялауда қолданылатын екі негізгі стандарт, олар келесідей сипатталады: (1) *жеңіл мұнай*: °API > 22, тұтқырлық < 100 сР, тығыздық < 934 кг/м<sup>3</sup>; (2) *ауыр мұнай*: °API 10-22, тұтқырлық > 100 сР, тығыздық 934-1000 кг/м<sup>3</sup>; (3) *аса ауыр мұнай (битум)*: °API < 10, тұтқырлық > 10 000 сР, тығыздық > 1000 кг/м<sup>3</sup> [13]. Тұтқырлық, тығыздық және °API көрсеткіштерінен бөлек, ауыр және аса ауыр мұнайлар сондай-ақ дәстүрлі мұнайларға қарағанда физикалық және химиялық қасиеттері бойынша айтарлықтай ерекшеленеді. Оларға ауыр металдардың жоғары концентрациялары, көміртек/сутек (С/Н) қатынастарының жоғары болуы және гетероатомдардың көп болуы жатады [2,3]. Бұл майлар суды және майды бөлу, тасымалдау және тазарту процестерінің күрделілігіне байланысты құндылығы төмен болып есептеледі [14]. Олар өте тұтқыр және қалыпты қабат жағдайында эксплуатация ұңғымаларына оңай ағып кете алмайды, өйткені олардың консистенциясы бөлме температурасында пастадан қатты күйге дейін ауытқиды, тұтқырлығы бөлме температурасында 102°C-ден 105°C-ге дейін өзгереді. Әдетте, тұтқырлығы < 400 °C болатын шикі мұнай құбыр арқылы тасымалдау үшін ең қолайлы тұтқырлыққа ие деп саналады [15]. Тұтқырлыққа бірнеше факторлар әсер етуі мүмкін, мысалы, асфальтендер сияқты ауыр фракциялардың жоғары концентрациясы және "майдағы су" (В/М) эмульсияларының болуы [16]. Мұнайдағы су эмульсияларының қалыптасуы эмульсиялардың жоғары тұтқырлығына байланысты мұнай өндіру қарқынын айтарлықтай төмендетуі мүмкін, ол судың мөлшерімен фазалық инверсия нүктесіне (ФИН) жеткенге дейін артады. Желілер мен жабдықтардың өлшеміне қатысты дұрыс шешім қабылдау және өндіріс стратегияларын бағалау үшін эмульсия тұтқырлығын да, фазалық инверсия нүктесін де білу маңызды [14]. Шикі мұнай құрамындағы

бейорганикалық қатты заттардың болуы тасымалдау кезінде қиындықтар туындатуы мүмкін. Егер бұл бөлшектердің өлшемі өте кішкентай (бірнеше микрон немесе одан аз) болса, олар шайырлар мен асфальтен сияқты ауыр фракцияларға адсорбцияланады. Содан кейін бұл толтырғыштар су-мұнай интерфейсіне ауысады, өте тұрақты эмульсиялар түзеді және эмульсия мөлшері мен қатты заттардың мөлшеріне байланысты мұнайды өте тұтқыр етеді [17].

Бүгінгі таңда барланған мұнай қоры бойынша Қазақстан дүние жүзіндегі мұнай қорының 3 пайызына ие болып, әлемдегі жетекші 15 елдің қатарына кіреді. Бұл ретте көмірсутегі қорының шамамен 70%-ы Қазақстанның батысында шоғырланған. Маңғыстау облысының аумағында өнеркәсіптік мұнайдың алынатын қоры 725 млн тонна, конденсат – 5,6 млн тонна болатын 70-тен астам кенорны ашылды. Кенорындарының жартысынан азы жұмыс жасайды. Олардың көпшілігі дамудың соңғы сатысында. Қалдық қорлардың басым көпшілігін қалпына келтіру қиын. Ірі кенорындары: Өзен, Жетібай, Қаламқас, Қаражанбас.

Соңғы кезде бізде қалпына келмейтін табиғи ресурстарды тиімсіз пайдалану және қоршаған ортаның ауқымды ластануы байқалады. Республиканың мұнай кәсіпорындары мұнай өнімдерін шығаруды ұлғайту үшін инновациялық технологияларды қажет етеді. Маңғыстау облысындағы мұнай өндіру көлемінің төмендеуі бұл аймақтың мұнай қорын белсенді игеру мүмкін еместігімен түсіндіріледі, өйткені олар қалпына келтіру қиынға жатқызылады. Кенорындардың 70%-ы үлкен күрделі шығындарды қажет етеді. Осыған байланысты ұсынылып отырған мақаланың мақсаты шикі мұнайдың тұтқырлығына әсер ететін факторларды, сондай-ақ оны төмендету әдістері туралы зерттеулерге шолу жасау болып табылады.

#### **Әдістің технологиясы.**

[18,19] авторлардың пікірінше шикі мұнайды коллоидты емес сұйықтықтарға, мальтендер мен асфальтендерге бөлуге болады; соңғылары-агломерацияланатын және мұнайдың тұтқырлығын арттыратын қара қоңыр ұнтақ. 2001 жылы Хенаулт және авторлар тобы ауыр мұнайдың тұтқырлығына асфальтен концентрациясының әсерін зерттеді. Сынақтар массасы бойынша 0-ден 20% - ға дейінгі асфальтендерден тұратын мальтен үлгісінде жүргізілді. Автор 20 °C температурада 0,03 - 596 Па ығысу кернеуі диапазонында сканерлеуді жүргізді. Нәтижелер барлық үлгілер Ньютондық сұйықтықтар сияқты әрекет ететінін және асфальт концентрациясының жоғарылауымен тұтқырлықтың жоғарылағанын көрсетті. Мысалы, мальтендер тұтқырлығы шамамен 20 000 сР болды, ал 17% асфальтендер бар үлгінің тұтқырлығы 600 000 сР жетті [20]. Аргиллер және басқа авторлар (2002)мәліметтері бойынша, кейбір мальтендер мен асфальтендер қоспаларының реологиялық өлшемдері, асфальтендердің критикалық концентрациясынан жоғары (салмағы бойынша 10%) бұл компоненттер тұтқырлықты едәуір арттырып қана қоймай, қоспаның серпімділігін арттыратынын көрсетті [21]. Ганавати және басқалары сусыздандырылған ауыр мұнайдың тұтқырлығына асфальтен мөлшерінің әсерін зерттеді. Осы мақсатта Иранның негізгі кен орындарының бірінен шикі мұнайдың сынамасы алынды. Массасы бойынша 14,9% құрайтын асфальтендер гексанмен экстракцияланып, асфальтендерсіз мальтендер деп аталатын 10 сынама алынды. Содан кейін бұл үлгілерге әртүрлі концентрациядағы асфальтендер қосылды. Нәтижелер көрсеткендей, сұйылтылған үлгілерде (төмен асфальт үлгілері) тұтқырлықтың жоғарылауы асфальтен концентрациясының жоғарылауымен салыстырмалы түрде сызықты өсетіні және температураға онша тәуелді емес екенін көрсетті. Авторлардың пікірінше, бұл асфальтен бөлшектерінің бір-бірінен үлкен қашықтықта орналасуымен байланысты, сондықтан олардың өзара әрекеттесуі әлсіз. Асфальтен концентрациясының өсуі тұтқырлықтың сызықтық сипаттан ауытқуына және сол температурада сұйылтылған аймаққа қарағанда айтарлықтай жылдам артуына әкелді. Бұл асфальтен бөлшектерінің санының артуымен байланысты, өйткені олардың сұйық бөлігіне қарағанда бір-біріне жақын орналасқан кезде

өзара әрекеттесуін күшейтеді. Ортааймақтан кейін салыстырмалы тұтқырлық асфальтен концентрациясының жоғарылауымен жылдам қарқынмен өседі, бұл ең аяқтан денцияға айналады. Сонымен қатар, салыстырмалы тұтқырлықтың әртүрлі температураларда бөлінуі бұл аймақта температураның әсерінің күшті екенін көрсетеді [1]. [22] әдебиет авторлары, әртүрлі температураларда қайта қалпына келтірілген ауыр мұнай үлгілерінің тұтқырлығына асфальтендер концентрациясының әсерін зерттеген. Құрамында масса бойынша 14,5 % асфальтендері бар қайта қалпына келтірілген ауыр мұнай сынамасының тұтқырлығы 23,9 °С температурада 23 199 сР болды, ал асфальтендерсіз қайта қалпына келтірілген үлгінің тұтқырлығы (яғни, тек мальтендер) бар болғаны 767 сР болды. Авторлардың пікірінше, бұл сыналған ауыр мұнайдың жоғары тұтқырлығы негізінен асфальтендердің әсерінен болғанын, ал асфальтендер флокуляциялана бастаған кезде тұтқырлық күрт өскенін білдіреді.

#### **Әдісті қолдану нәтижелерін талдау**

Тарихи тұрғыдан алғанда, ауыр және аса ауыр шикі мұнайға сұраныс төмен болды, өйткені оның жоғары тұтқырлығы мен күрделі құрамы оны өндіруді, тасымалдауды және өндеуді қиындатады және қымбат етеді. Бұл мәселелерді шешу айтарлықтай технологиялық жетістіктерді қажет етеді. Ауыр және аса ауыр мұнайдың тұтқырлығын төмендету және олардың құбырда ағуын жақсарту үшін әртүрлі әдістер қолданылды немесе зерттелді. Бұл әдістерге мыналар жатады: жеңіл майлармен немесе спирттермен сұйылту, өндіріс желілерін немесе мұнайдың өзін жылыту, тұтқырлықты төмендететін эмульсияларды қолдану, беттік белсенді заттардың сулы ерітіндісіндегі мұнайдың тұтқырлығын төмендететін эмульсиялық құралдарды қолдану [23,24].

#### ***Шикі мұнайды жеңіл майлармен немесе спиртпен сұйылту***

Сұйылту-ауыр мұнайдың тұтқырлығын төмендетудің ең көне және ең танымал әдістерінің бірі. Бұл технология ауыр мұнайға жеңіл сұйық көмірсутектерді қосудан тұрады. Бұл әдіс негізінен мұнайды құбырлар арқылы өткізу процесін жеңілдету үшін қолданылады. 20-30% арақатынастағы еріткіш жиі жоғары қысымның төмендеуін немесе жоғары температураның қажеттілігін болдырмас үшін жеткілікті болып табылады. Бұдан басқа, сұйылту әдісі осы мұнайларды дегидратациялау және тұзсыздандыруды жеңілдетуі мүмкін. Бұл технология осы мақсат үшін жиі қолданылатын шешім болып табылады, бірақ ол тасымалданатын көлемнің ұлғаюына және кейбір нүктелерде еріткішті мұнайдан бөлу қажеттілігіне байланысты сорғы және құбыр жабдығына үлкен инвестицияларды қажет етуі мүмкін [2].

Авторлар [24] 7:3 қатынасында ауыр және жеңіл мұнай қоспасының тұтқырлығы сәйкесінше 30 және 50 °С температурада 1000 және 300 сП болғанын байқады, ал бастапқы ауыр мұнай үшін 20 °С температурада 15000 сП құрайтындығын көрсетті. Хассан және басқа авторлар өңделген мұнай үлгілерінің реологиялық қасиеттерін зерттеу мақсатымен ауыр мұнай үлгілеріндегі тұтқырлықты төмендетудің әртүрлі әдістерін зерттеді. Бірінші және екінші әдістер ауыр мұнайды әр түрлі температурада сәйкесінше спиртпен және жеңіл маймен араластыруды қамтыды. 10% және 20% спирті бар ауыр мұнай қоспаларының тұтқырлық нәтижелерінен бұл сұйықтықтардың таза мұнайға ұқсас реологиялық қасиет көрсететіні анықталды, бірақ тұтқырлық мәндері айтарлықтай төмендеді: 10 000-нан 2 000 сР-қа (10% спиртті жүйе) және 10 000-нан 9 500 сР-қа (20% спиртті жүйе). Авторлардың пікірінше, спирт еріткіш ретінде әрекет етті және асфальтендерде болатын кейбір функционалды топтармен гидроксил топтарының әрекеттесуі нәтижесінде тұтқырлық төмендеді. Тәжірибелердің екінші сериясы бұл мұнайды тұтқырлығы шамамен 300 сР болатын жеңіл мұнай үлгісімен араластыруды қамтыды. Мұндағы мақсат құбырлар арқылы тасымалдау үшін тұтқырлығы мен тығыздығы төмен мұнай үлгісін алу болды. Құрамында спирт және жеңіл мұнайы бар үлгілер осы компоненттерді ауыр мұнаймен араластыру арқылы дайындалды. 10% және 20% жеңіл мұнайды қолдану арқылы алынған нәтижелер бұл сұйықтықтардың таза ауыр мұнайға ұқсас реологиялық қасиеттері бар екенін көрсетті. Тұтқырлық 10% жеңіл мұнай

қоспасы үшін 10 000-нан 1 200 сР-қа дейін және 20% жеңіл мұнай қоспасы үшін 10 000-нан 350 сР-ға дейін төмендеді (бұл таза мұнайдың тұтқырлығынан 26 есе төмен). Авторлар [15] бұл әдіс қалған екеуіне қарағанда жақсы нәтиже көрсетті деген қорытындыға келді, өйткені ауыр шикі мұнайға 20% жеңіл мұнай қосу арқылы 350 сР тұтқырлығын алуға болады.

Жұмыста [20] тасымалдау кезінде тұтқырлықты бақылау және қысымды төмендету үшін еріткіш ретінде диметил эфирін (ДМЭ) қолдануды зерттеді. Бұл процесті қолданудың басты артықшылығы, басқа еріткіштерге қарағанда зауытта ДМЭ қалпына келтіру оңайырақ екендігін көрсетті. Сондай-ақ спирттер еріткіш ретінде зерттелуде, әсіресе пентан-1-ол, ол гидроксил топтарының асфальтендермен сутектік байланысы нәтижесінде, керосинге қарағанда ауыр мұнайлардың тұтқырлығын төмендетуде әлдеқайда тиімді. Жоғары полярлық немесе еріткіштің жоғары деңгейдегі сутектік байланыстары шикі мұнайдың тұтқырлығының төмендеуіне әкеледі. Алайда, сутектік байланыстары көп еріткіштер әдетте көмірсутектерге қарағанда тұтқыр болады. Сутектік байланыстары аз полярлы еріткіштер ғана шикі мұнай тұтқырлығының айтарлықтай төмендеуіне әкеледі [25]. Сонымен қатар, сұйылту әдісі қиындықтар туғызуы мүмкін, себебі мұнай құрамының кез-келген өзгерісі майдың/еріткіштің қажетті пропорциясына әсер етуі мүмкін. Нафта немесе жеңіл мұнай жоғары АРІ тығыздығы және ауыр мұнайларды сұйылтудағы тиімділігі арқасында қызықты балама болып табылады. Алайда, мұндай қоспалар асфальтендердің тұрақтылығын өзгертіп, олардың флокуляциясы мен шөгуді тудыруы мүмкін, бұл өз кезегінде газ құбырларын бітелуіне әкеледі. Асфальтендердің агрегациясы мен флокуляциясы, сондай-ақ балауыздың кристалдануы мен тұндыру процестерін түсіну үшін қосымша зерттеулер қажет [2].

Экономикалық тұрғыдан алғанда, еріткіш ретінде пайдаланылатын жеңіл фракциялардың құны өңделген ауыр мұнайдың жоғары құнымен өтелмейді. Бұл процеске қатысатын ауыр және жеңіл мұнайларды мұқият экономикалық талдау талап етіледі.

#### ***Өндірістік құбырларды немесе шикі мұнайды жылыту***

Жылыту - құбырлар арқылы тасымалданатын ауыр мұнайдың тұтқырлығын төмендетудің екінші жиі қолданылатын әдісі болып табылады. Бұл әдістің негізі-тұтқырлық температураның жоғарылауымен төмендейді, бұл мұнай айдауды жеңілдетеді. Сондықтан мұнайдың тұтқырлығы айтарлықтай төмендейтін температураға дейін қыздыру маңызды. Әдістің негізі – мұнай өндірілетін жоғары температураны құбырларды оқшаулау арқылы сақтау. Оқшаулау опциялары жылуды сақтау үшін дәстүрлі құбырларды тереңдетуді қамтиды. Дегенмен, баяу ағыннан туындаған жылу шығынына байланысты сыртқы жылыту әрқашан дерлік қажет. Бұл сорғы станцияларында тікелей жылытқыштармен қайта қыздыруды қажет етеді. Сонымен қатар, дәстүрлі құбырлар өткізу қабілетін арттыру үшін қоршаған орта қысымына жақын төмен бу қысымымен жұмыс істей алады [26].

Өндірістік желілерді жылытудың кемшілігі-алыс қашықтыққа тасымалдаудың жоғары құны болып табылады. Бұл мәселе, теңіз суының салқындауына және суасты сорғылары мен жылыту станцияларын орнату, сонымен қатар қызмет көрсетудің күрделілігіне байланысты қиындайды.

#### ***Эмульсия түзілуінің шикі мұнайдың тұтқырлығына әсері***

Мұнай өндіру кезінде механикалық энергия өндірістік сұйықтықтарға беріліп, эмульсиялардың пайда болуына себеп болады. Шикі мұнайды өндіру кезінде эмульсиялардың болуы оның тұтқырлығына әсер ететін негізгі факторлардың бірі болып табылады. Таза көмірсутектер сумен немесе тұзды ерітіндімен тұрақты эмульсиялар түзе алмайды. Алайда, мұнайда табиғи беттік-белсенді заттардың болуына және экстракция процесінде пайда болатын ығысуға байланысты эмульсиялардың пайда болу үрдісі байқалады.

Мұнай өндірудің көптеген жағдайларында судың үздіксіз тоқтатылған фазасы, ал майдың үздіксіз фазасы (яғни, мұнайдағы су немесе эмульсиясыз) болатын

эмульсияларды байқау жиі кездеседі). Сондай-ақ, судағы су эмульсиялары (O/W) немесе одан да күрделі эмульсиялар түзілуі мүмкін, олар бірнеше эмульсиялар деп аталатын мұнайдағы судағы мұнайдан (O/W/O) тұрады [27].

Жұмыста [28] жеңіл шикі мұнай эмульсиясының реологиялық әрекетін, әсіресе тұтқырлық әрекетін зерттеді. Эксперименттік нәтижелер эмульсияның тұтқырлығы 0,819-дан 0,0466 Па-ға дейін төмендейтінін көрсетеді. сонымен қатар, су көлемінің үлесін 20% - дан 40% - ға дейін арттыру тұтқырлықтың жоғарылауына әкеледі және үлкен серпімділікпен сипатталады. Эмульсияның тұтқырлығына ығысу жылдамдығы, температура және судың мөлшері айтарлықтай әсер етті.

### **Қорытынды**

Зерттеу жұмыстарының нәтижелері бойынша мынадай қорытынды келтірсек болады: Қазақстанда, сонымен қатар барлық мұнай өндіруші елдерде ауыр және аса ауыр шикі мұнайды өндіруді ұлғайту, шикі мұнайды тасымалдаудың нақты шешімдерін әзірлеу үшін неғұрлым технологиялық инновациялар, сондай-ақ зерттеулер мен әзірлемелерді қажет етеді. Бұл әдеби шолу зерттеу жұмысында ауыр және аса ауыр шикі мұнайлар мен эмульсияланған мұнайларды өндіріс орындарынан өңдеу зауыттарына тасымалдауды жеңілдететін әдістер зерттелді. Қазіргі уақытта қолданылып жүрген жаңа әдістер негізінен шикі мұнайдың тұтқырлығын төмендетуге негізделген. Бұл әдістер құбырлардағы ағынның жақсаруы, өндіріс шығындарының төмендеуі, жабдықтың сенімділігі мен қол жетімділігінің жақсаруы, өңдеуді жеңілдету сияқты көптеген артықшылықтарға ықпал етеді. Ағынның жылдамдығын арттырудың бір шешімі-эмульсиялық тұтқырлықты төмендететін құралдарды (EVRs) қолдану арқылы айқын тұтқырлықты төмендету екендігі анықталды.

### **ӘДЕБИЕТТЕР**

- [1] Ghanavati M., Shojaei M. J., SA A. R. Effects of asphaltene content and temperature on viscosity of Iranian heavy crude oil: experimental and modeling study //Energy & Fuels. – 2013. – Vol. 27. – №. 12. – P. 7217-7232.
- [2] Martínez-Palou R. et al. Transportation of heavy and extra-heavy crude oil by pipeline: A review //Journal of petroleum science and engineering. – 2011. – Vol. 75. – №. 3-4. – P. 274-282.
- [3] Saniere A., Hénaut I., Argillier J. F. Pipeline transportation of heavy oils, a strategic, economic and technological challenge //Oil & gas science and technology. – 2004. – Vol. 59. – №. 5. – P. 455-466.
- [4] Dusseault, M. B., Shafiei A. Oil sands. Countries OotPE. World oil outlook. 2011.
- [5] Varfolomeev M. A. et al. Thermal decomposition of Tatarstan Ashal'cha heavy crude oil and its SARA fractions //Fuel. – 2016. – Vol. 186. – P. 122-127.
- [6] Castro L. V., Vazquez F. Fractionation and characterization of Mexican crude oils //Energy & fuels. – 2009. – Vol. 23. – №. 3. – P. 1603-16097
- [7] Ashoori S. et al. The relationship between SARA fractions and crude oil stability //Egyptian Journal of Petroleum. – 2017. – Vol. 26. – №. 1. – P. 209-213.
- [8] Muraza O., Galadima A. Aquathermolysis of heavy oil: A review and perspective on catalyst development //Fuel. – 2015. – Vol. 157. – P. 219-231.
- [9] Asomaning S. Test methods for determining asphaltene stability in crude oils //Petroleum science and technology. – 2003. – Vol. 21. – №. 3-4. – P. 581-590.
- [10] Garcia-Olvera G. et al. Effects of asphaltenes and organic acids on crude oil-brine interfacial visco-elasticity and oil recovery in low-salinity waterflooding //Fuel. – 2016. – Vol. 185. – P. 151-163.
- [11] Ovalles C. et al. Synthesis, characterization, and mechanism of asphaltene inhibition of phosphoropoxylated asphaltenes //Fuel. – 2016. – Vol. 180. – P. 20-26.

- [12] Sheu E. Y., De Tar M. M., Storm D. A. Rheological properties of vacuum residue fractions in organic solvents //Fuel. – 1991. – Vol. 70. – №. 10. – P. 1151-1156.
- [13] Guo K., Li H., Yu Z. In-situ heavy and extra-heavy oil recovery: A review //Fuel. – 2016. – T. 185. – С. 886-902.
- [14] Keleşoğlu S., Pettersen B. H., Sjöblom J. Flow properties of water-in-North Sea heavy crude oil emulsions //Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2012. – Vol. 100. – P. 14-23.
- [15] Hasan S. W., Ghannam M. T., Esmail N. Heavy crude oil viscosity reduction and rheology for pipeline transportation //Fuel. – 2010. – Vol. 89. – №. 5. – P. 1095-1100
- [16] Kessick M. A., Denis C. E. Pipeline transportation of heavy crude oil. – 1982. – №. US 4343323.
- [17] Abdel-Raouf M. (ed.). Crude oil emulsions: Composition stability and characterization. – BoD–Books on Demand, 2012.
- [18] Yudin I. K. et al. Mechanisms of asphaltene aggregation in toluene–heptane mixtures //Journal of Petroleum Science and Engineering. – 1998. – Vol. 20. – №. 3-4. – P. 297-301
- [19] Fenistein D. et al. Viscosimetric and neutron scattering study of asphaltene aggregates in mixed toluene/heptane solvents //Langmuir. – 1998. – Vol. 14. – №. 5. – P. 1013-1020.
- [20] Ибраимов, А. А. Қазақстан Республикасындағы жоғары тұтқырлы мұнайы бар негізгі кен орындары. //Молодой ученый. — 2021. — № 24 (366). — С. 435-438.
- [21] Хадиева А.С., Сабырбаева Г.С. Подбор полимеров для повышения коэффициента вытягивания высоковязких нефтей./ Вестник КазНУ, -2020. – №6/142. – 775стр.
- [22] Azodi M., Nazar A. R. S. An experimental study on factors affecting the heavy crude oil in water emulsions viscosity //Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2013. – T. 106. – С. 1-8.
- [23] Sanchez L. E., Zakin J. L. Transport of viscous crudes as concentrated oil-in-water emulsions //Industrial & engineering chemistry research. – 1994. – T. 33. – №. 12. – С. 3256-3261.
- [24] Yaghi B. M., Al-Bemani A. Heavy crude oil viscosity reduction for pipeline transportation //Energy sources. – 2002. – T. 24. – №. 2. – С. 93-102.
- [25] Plasencia J., Pettersen B., Nydal O. J. Pipe flow of water-in-crude oil emulsions: Effective viscosity, inversion point and droplet size distribution //Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2013. – T. 101. – С. 35-43.
- [26] Ghannam M. T., Esmail N. Flow enhancement of medium-viscosity crude oil //Petroleum science and technology. – 2006. – T. 24. – №. 8. – С. 985-999.
- [27] Sefton, E.; Sinton, D. Evaluation of selected viscosity prediction models for water in bitumen emulsions. Journal of Petroleum Science and Engineering, v. 72(1-2), p. 128-133, 2010.
- [28] Ariffin, T.S.T.; Yahya, E.; Husin, H. The rheology of light crude oil and water-in-oil-emulsion. Procedia Engineering, v.148, p. 1149-1155, 2016.

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЯЗКОСТЬ НЕФТИ И ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ЕЕ СНИЖЕНИЯ**

**А.И.Койшина<sup>2</sup>, С.М.Наурызкулова<sup>1</sup>, А.Н.Боранбаева<sup>2</sup>, Б.Н.Койлыбаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>М. Kh. Dulaty Taraz Regional University, Тараз, Қазақстан

<sup>2</sup>Yessenov University, Актау, Қазақстан

<sup>3</sup>Университет Массачусетс, АҚШ

**Аннотация:** При добыче нефти высокая вязкость сырой нефти отрицательно влияет на скорость производства, вызывая серьезные проблемы. Многочисленные исследования направлены на оценку свойств различных сортов сырой нефти и технологий их добычи. Основными причинами высокой вязкости являются наличие твердых частиц, высокая концентрация тяжелых фракций, а также образование эмульсий типа "вода в масле". В данной статье рассматриваются механизмы, направленные на снижение вязкости нефти с высокой концентрацией твердых фракций, механизмы образования и дестабилизации эмульсий, а также методы снижения вязкости.

**Ключевые слова:** нефть, вязкость, эмульсия, тяжелая нефть, вода, растворители, асфальтены.

## **FACTORS AFFECTING OIL VISCOSITY AND THE STUDY OF METHODS FOR REDUCING IT**

**A.Konshina<sup>2</sup>, S.Nauryzkulova<sup>1</sup>, A.Boranbayeva<sup>2</sup>, B.N.Koilybaev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>M. Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

<sup>2</sup>Yessenov University, Aktau, Kazakhstan

<sup>3</sup>University of Massachusetts, USA

**Annotation:** In oil production, the high viscosity of crude oil negatively affects the production rate, causing serious problems. Numerous studies are aimed at assessing the properties of various grades of crude oil and their extraction technologies. The main reasons for high viscosity are the presence of solid particles, high concentrations of heavy fractions, and the formation of "water-in-oil" emulsions. This article discusses the mechanisms aimed at reducing the viscosity of oil with a high concentration of solid fractions, the mechanisms of formation and destabilization of emulsions, as well as methods for reducing viscosity.

**Key words:** oil, viscosity, emulsion, heavy oil, water, solvents, asphaltenes.