

FTAMP 61.51.17

Р.М. Тулеуов¹ – негізгі автор, | ©
К.К. Сырманова², Ш.С. Арсланов³, Ж.Б. Калдыбекова⁴



¹Докторант, ²Техн. ғылым. д-ры, профессор,
³Техн. ғылым. канд., доцент

ORCID

¹<https://orcid.org/0009-0004-6450-4686> ²<https://orcid.org/0000-0002-1468-6440>
⁴<https://orcid.org/0000-0003-2906-9098>



^{1,2,4}М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент қ., Қазақстан

³Мирзо Улугбек атындағы Өзбекстан ұлтық университеті,
Ташкент қ., Өзбекстан Республикасы



¹tuleuov_rassul@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/VQDG1649>

МОДИФИЦИРЛЕНГЕН БИТУМ ЭМУЛЬСИЯСЫНЫҢ ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЖАҚСARTУ

Аңдатпа. Жол инфрақұрылымын дамыту және оның қоршаған ортаға әсері тұрақты және экологиялық таза жол материалдарын әзірлеуге байыпты назар аударуды талап етеді. Битум эмульсияларының битуммен салыстырғанда басымдықтарын салыстырмалы талдау битум эмульсияларының сапасын жақсартуға, жол салу және жөндеу жұмыстарын жүргізудің технологиялылығы мен жылдамдығын арттыруға арналған артықшылықтарын көрсетті, битум эмульсияларын әлемдік тұтыну бойынша деректер келтірілген. Битум эмульсиясының физика-механикалық сипаттамаларын жақсарту мақсатында жұмыста модификацияланған битум эмульсияларының құрамы құрастырылды. Алғаш рет битум құрамындағы Құлантау вермикулиті температураның кең диапазонында тұрақты адгезияны, қосымша энергетикалық сыйымдылыққа ие болатын меншікті беттің ұлғаюын қамтамасыз ететіні анықталды, бұл битуммен адгезия дәрежесінің жоғарылауына әкеледі. Физикалық-механикалық қасиеттер көрсеткіштерінің кешенін жақсарту битум эмульсиясы эмульсия құрамында беттік белсенді заттарды қолдануға ықпал етеді, бұл олардың сапасының адгезиясын арттырады, ал тұрақтандырғыш қоспалар битум эмульсияларының тұрақтылығына ықпал етеді. ГОСТ 30491-2012 бекіткен әдістемелер бойынша битум эмульсияларының физика-механикалық қасиеттерінің көрсеткіштері зерттеліп, жол құрылысында асфальтбетон қоспалары үшін әзірленген модификацияланған битум эмульсиясын қолдануға болатынын көрсетті.

Тірек сөздер: мұнай битумы, битум эмульсиясы, адгезия модификациясы, Құлантау вермикулиті, созылу серпімділігі.



Тулеуов, Р.М. Модифицирленген битум эмульсиясының физика-механикалық қасиеттерін жақсарту [Мәтін] / Р.М. Тулеуов, К.К. Сырманова, Ш.С. Арсланов, Ж.Б. Калдыбекова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.255-267. <https://doi.org/10.55956/VQDG1649>

Кіріспе. Мұнай-газ кешені республикада жүргізіліп жатқан әлеуметтік-экономикалық реформалардың қозғаушы күші, заманауи инновациялық және басқару шешімдерінің жүргізушісі болып табылады.

Мұнай-газ кешені республикада орындалатын әлеуметтік-экономикалық реформалардың қозғаушы күші, заманауи инновациялық және басқарушылық шешімдердің өткізгіші болып табылады. «Қазақстан-2050» Стратегиясының шеңберінде еліміздің энергетикалық ресурстарын дамытудың және Қазақстанның дамыған 30 елдің қатарына кіруінің ең оңтайлы сценарийін әзірлеу қажет. Прогресстің қайнар көзі шикізат экономикасы емес, өнеркәсіптік өңдеу секторы дамыған әртараптандырылған экономика, инновациялық экономика және т.б. болып табылады.

Жол құрылысы Қазақстан Республикасы халық шаруашылығының көп сұранысқа ие салаларының бірі болып табылады. Битум әртүрлі формада жол құрылысында байланыстырушы материал ретінде қолданылады. Жабындардың мерзімінен бұрын бұзылуының негізгі себептері қолданылатын тұтқыр заттардың сапасы мен физикалық-механикалық қасиеттері болып табылады. Мұнай өңдеу зауыттарында өндірілетін жол битумдары өз қасиеттері бойынша жабын ретінде жұмыс істейтін пайдалану температурасына сәйкес келмейді. Нәтижесінде, тұтқыр заттарды әзірлеу қажеттілігі туындайды, оларды қолдану әртүрлі әдістер мен технологияларды қолдана отырып, асфальтбетон жабындарының сдусуға төзімділігін, аязға төзімділігін, жарыққа төзімділігі мен беріктігін арттырады [1].

Қазіргі уақытта, әсіресе шетелде, битум эмульсияларын (БЭ) қолдана отырып, жол жабындарын жасаудың салыстырмалы түрде жаңа әдісіне көшу үрдісі байқалады. Битум эмульсияларын қолдану арқылы дайындалған жол материалдары әр түрлі ауа-райында жақсы жұмыс істейтіні белгілі. Битум эмульсияларын зерттеуге Л.А. Горельшева, М.И. Кучма, И.А. Плотникова, Э.М. Рвачева, Э.А. Казарновская, М.Ф. Никипшина, В.А. Харченко, И.Н. Петухова және т.б. авторлар эмульсиялар тұтқыр заттың өңделетін бетіне біркелкі таралуын қамтамасыз ететінін атап өтті, бұл өңдеу ықтималдығын азайтады «терлеу», кедір-бұдырдың жоғалуы және минералды материалдың дәндерін тұтқыр заттармен жақсы қаптауға ықпал етеді [2,3].

Заманауи жол құрылысында катионды битум эмульсиялары кеңінен қолданылуда. Бұл осындай эмульсиялардың қышқыл тас материалдарының бетінде ыдырау механизмімен түсіндіріледі. Оң зарядталған битум бөлшектері қоспа минералдарының теріс зарядталған бетіне түскенде, олар радикалды орталықтармен әрекеттесіп, агрегаттық материалдарға жақсы адгезияны қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, қышқылдық инертті материалдардың таралуы және олардың физикалық-механикалық қасиеттері катиондық битум эмульсияларының ең көп қолданылуын анықтады. Битум бөлшектеріне оң заряд битум эмульсияларын өндіруде эмульгаторлар немесе тұрақтандырғыштар болып табылатын беттік-белсенді заттармен ББЗ (катионды белсенді заттармен) беріледі, ал битумға қосқанда олар желімдік қоспалар болып табылады.

Битумды эмульсиялардың негізгі құрамдас бөлігі МЕСТ 22245-90 бойынша шығарылатын әртүрлі маркалы тұтқыр жол битумдары болып табылады. Қолданылатын жол битумының нормаланған сынғыштық температурасы жол төсемдерін пайдаланудың климаттық жағдайларына сәйкес келмейді. Бұл Қазақстан аумағының басым бөлігіне (96%-дан астам) тән. Мұнай битумының негізгі кемшіліктерінің бірі қышқыл минералды құрамдағы тас материалдарға төмен адгезиясы болып табылады, бұл шайырдың тотығуы арқылы битумның өндірілуіне байланысты. Көрсетілген кемшіліктер, әрине, битум эмульсияларының сапа көрсеткіштеріне теріс әсер етеді.

Битум эмульсияларының физика-механикалық қасиеттерінің кешенін жақсарту үшін физика-механикалық қасиеттерінің жақсартылған кешені бар модификацияланған битумдарды қолданған жөн. Битум эмульсияларының құрамында беттік белсенді заттарды қолдану олардың адгезиялық қасиеттерін арттырады, ал тұрақтандырғыш қоспалар битум эмульсияларының тұрақтылығына жауап береді.

Пайдаланылған катионды битум эмульсияларына аналитикалық шолу және талдау [1-5] жол шаруашылығы үшін қажетті физика-механикалық қасиеттері бар битум эмульсияларын қолдану қажет екенін көрсетті: сынғыштық төмен температурасы, жоғары жұмсарту температурасы, серпімділігі және жақсы араласуы. минералды материалдар. Қазіргі жағдайда көрсетілген қасиеттері бар эмульсияларды алу өте өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу үшін 70/100 мұнай БНД битумы – ірі тоннажды мұнай өңдеу өнімі пайдаланылды [6]. Ол, құнды техникалық қасиеттердің жиынтығына ие: 25°C – 115 см созылғыштығы, жұмсарту температурасы – 48°C, сынғыштық – 20°C, тұтану температурасы – 240°C.

Жұмыста ЭМБИТ катионоактивті эмульгаторы, о-фосфор қышқылы, минералды толтырғыш – Құлантау вермкулиті және техникалық су қолданылды.

Алынған битум эмульсияларының үлгілерінің қасиеттерін зерттеу үшін, оны біртекті күйге келтіргеннен кейін, бірден эмульсия берілген ыдыстан зертханалық зерттеулерге үлгілер алынды. Битум эмульсиясының біртектілігін анықтау толық толтырылған сыйымдылығы 1 литрден кем емес, 48 сағат бойы ұсталмаған ыдыстың мазмұнымен бағаланды.

Битум эмульсиясының енуі (иненің ену тереңдігі) МЕСТ 11501-78 – Мұнай битумдары бойынша анықталды. ПНБ-02М пенетрометрінде иненің ену тереңдігін анықтау әдісі» [7].

Битум эмульсиясының икемділігі (созылғыштығы) МЕСТ 11505-75 – Мұнай битумдары бойынша анықталды. [8]. Ұзартуды анықтау әдісі» ДБ-150 дуктилометрі арқылы аныталады. Сынақ 25°C температурада 5 см/мин деформация жылдамдығымен жүргізіледі.

25°C серпімділік «МЕСТ 52056-2003 – типті блоктық сополимерлердің негізіндегі полимер-битум жол байланыстырғыштары» бойынша анықталды. [9]. ПБВ серпімділігі үлгілерді ұзартуға сынаудан кейін тікелей анықталады.

Битум эмульсиясын жұмсарту температурасы МЕСТ 11506-73 – Мұнай битумдары бойынша жүргізілді. Сақина мен шардың көмегімен жұмсарту температурасын анықтау әдісі» [10]. Әдістің мәні берілген өлшемдегі сақинада орналасқан битум эмульсиясы сынақ жағдайында жұмсартатын және болат шардың әсерінен қозғалып, төменгі пластинаға тиетін жұмсарту температурасын анықтау болып табылады.

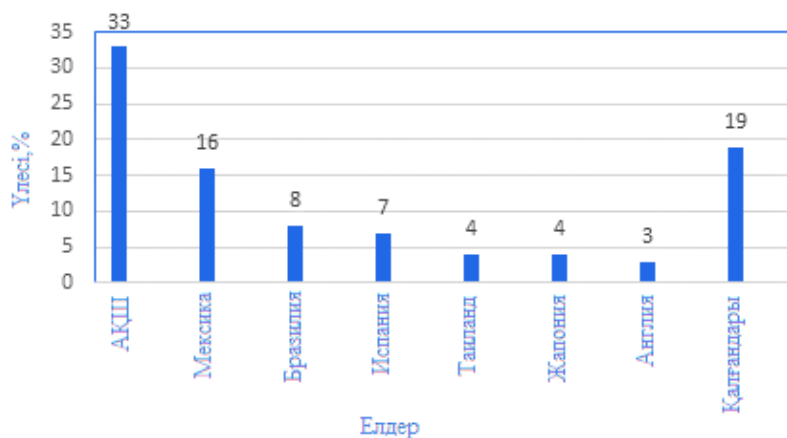
Адгезияны бағалау үшін жұмыста визуалды және сандық әдіс қолданылды [11]. Ыдыраған БЭ бар битуммен қапталған минералды үлгіні қайнатқаннан кейін бетінде қалған байланыстырғыш пленканың күйі, сондай-ақ оның мөлшері бағаланды.

Жұмыста алынған БЭ үлгілерінің тұрақтылығын анықтау эмульсия өзінің бастапқы қасиеттерін сақтаған күндер санын анықтаудан тұрды. Осы әдісті қолданып эмульсияны зерттеу нәтижесі бір шаманы – жойылу уақытын анықтау болды [12].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Қазіргі уақытта заманауи талаптарға сәйкес келетін жол төсемдерін жабындау кезінде битум эмульсиялары жиі қолданылады. Шетелдік тәжірибе көрсеткендей, битум эмульсияны жол құрылысында қолдану битумды 30% үнемдеуге мүмкіндік береді және энергия шығынын 1,5 есе азайтады [13].

Дүние жүзінде битум эмульсияларының өндірісі 8 млн тоннаны құрайды, оның 20% анионды және 80% катиондық болып табылады [14].

Битум эмульсияларының негізгі өндірушілері АҚШ, Франция, Мексика, Бразилия, Испания, Таиланд, Жапония, Англия және т.б. (1-сурет). Ресейде шамамен 250 мың тонна битум эмульсиясы өндіріледі [13].



Сурет 1. Битум эмульсияларының әлемдік тұтыну үлесі

Эмульсиялық технологияларды пайдалану кезінде қолданылатын минералды және органикалық материалдардың әртүрлілігін, жол төсемдері жұмыс істейтін климаттық және пайдалану жағдайларын ескеру қажет.

Шетелде катионды су-битум эмульсияларын пайдаланатын технологиялар жол құрылысында бұрыннан кеңінен қолданылып келеді [15]. Мұндай технологияларды қолдануды шектейтін факторлардың бірі тиімді отандық катионды эмульгаторлардың жоқтығы және импорттықтардың жоғары құны болып табылады. Сонымен қатар, соңғы жылдары жол құрылысының әлемдік тәжірибесінде негізінен (100% дерлік) катионды типтегі эмульсиялар өндіріліп, қолданылуда, өйткені олар ең әмбебап болып табылады және минералды материалдардың бетіне байланыстырғыштың жеткілікті адгезиясын қамтамасыз етеді. Шетелде катиондық битум эмульсияларын өндірудің 60 жылдан астам уақытында әртүрлі композициялар мен оларды жол құрылысында қолдану технологиялары жетілдірілді және олардың тағайындалуына байланысты әртүрлі эмульсиялық композицияларға арналған эмульгаторлардың кең ауқымды өнеркәсіптік өндірісі жолға қойылды. Битум эмульсияларының теориялық әзірлемелерінде және практикалық қолдануында ең үлкен тәжірибе Францияда жинақталған, ол осы мәселелер бойынша әлемде көшбасшы болып саналады және жол мақсаттары үшін органикалық байланыстырғыштардың жалпы көлемінің 30%-дан астамы эмульсияланған түрде пайдаланылады.

Битумды эмульсиялардың артықшылығы – жол құрылысы мен жөндеу жұмыстарының сапасын жақсарту, өндіру қабілетін және жылдамдығын арттыру мүмкіндігі. Битум эмульсияларының битуммен салыстырғандағы басымдықтары 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

Жол құрылысындағы битуммен салыстырғанда битум эмульсияларының негізгі артықшылықтары

№	Жол құрылысындағы битум эмульсияларының артықшылықтары	Жол жұмыстарына арналған битумның кемшіліктері
1	катиондық эмульсияның оң заряды және жол негізі бетінің теріс заряды есебінен негізге толық жабысу;	битумның негіз бетіне төмен адгезиясы (нашар адгезия)
2	эмульсияның өтімділігі суға жақын, сондықтан ол бетке таралып, барлық тесіктер мен бұзылуларды толтырады.	бетінде нашар және біркелкі таралу
3	ылғалданған бетке битум эмульсияларын төгуге рұқсат етіледі;	тазартылған бетінде ылғалдың толық болмауы қажеттілігі
4	Битум эмульсияларын өндіру технологиясы әр жұмыс түріне қажетті оның сапа көрсеткіштерін өзгертуге мүмкіндік береді.	орындалатын жұмысқа байланысты битумның сапа көрсеткіштерін өзгерту мүмкін еместігі
5	жоғары температураны ұстап тұру қажеттілігінің болмауына байланысты төмен энергия сыйымдылығы;	жоғары температураны сақтауға байланысты жоғары энергия сыйымдылығы
6	битум эмульсияларын 30-дан 70°C-қа дейінгі температурада пайдалану оны пайдалануды қауіпсіз етеді.	жұмыс қаупі артады, өйткені битум 160°C-қа дейінгі температурада қолданылады

Мұнай битумдары қышқыл минералды құрамның тас материалдарына төмен адгезиямен сипатталады, бұл гудронның тотығу әдісімен битум өндірісімен, сондай-ақ серпімді қасиеттердің болмауымен, салыстырмалы түрде ыстыққа төзімділігі аз және төмен температураның қанағаттанарлықсыз көрсеткіштерімен байланысты. Аталған кемшіліктер, әрине, битум эмульсияларының сапалық көрсеткіштеріне теріс әсер етеді. Осыған байланысты жұмыстың мақсаты модификацияланған битум эмульсиясының физикалық-механикалық қасиеттерін жетілдіру болды.

Бұл жұмыста БНД 70/100 бастапқы жол битумының физикалық-механикалық қасиеттері зерттелді. 2-кестеде осы битумның физикалық-механикалық қасиеттері көрсетілген [7].

Модификация процесін жүргізгеннен кейін және қоспаның біртектілігін анықтағаннан соң алынған битум эмульсия үлгілеріндегі олардың тұрақтылығы анықталды. Зерттеу нәтижесінде алынған БЭ үлгілерінің тұрақтылығын анықтау эмульсия өзінің бастапқы қасиеттерін (белгілі бір дәрежеде) сақтаған күндер санын анықтаудан тұрды

Кесте 2

БНД 70/100 физикалық-механикалық қасиеттері

№	Көрсеткіш	Мәні
1	Иненің ену тереңдігі, 0,1 мм:	
	25°C кезінде	75
	0°C кезінде	22
2	Сақина мен шар бойымен жұмсарту температурасы, °C	48
3	Созылғыштық 25°C, см	115
4	Сынғыштық температурасы, °C	-20
5	Тұтану температурасы, °C	240

Осылайша, осы әдісті қолдану арқылы эмульсияны зерттеудің нәтижесі бір мәнді жою уақытын анықтау болды. Деструкция уақыты деп эмульсияның толық бұзылу уақыты, дисперстік ортаның дисперстік фазадан бөлінуі және қыздырусыз және қайта дисперсиясыз бұрынғы күйді қалпына келтіру мүмкін еместігі алынды. БЭ бөлінуі, ең алдымен, жүйеде флокуляция және коалесценция процестерінің пайда болуымен байланысты.

Мұнай битумының негізіндегі модификацияланған битум эмульсиясында Құлантау вермикулиті – триоктаэдрлі гидрослюдадар тобына жататын кеңейетін құрылымдық жасушасы бар ауыспалы химиялық құрамды слюда тәрізді магний-темір алюмосиликаты қолданылады [16,17].

Вермикулит – метаболикалық реакциялар, гидратация процестері және магнезия-безді слюдалардың (биотит, флогопит) басқа өзгерістері нәтижесінде пайда болатын қайталама минерал. Жұмыста осы көрсеткіштері бар вермикулит пайдаланылды: үлес салмағы – 70-180 кг/м³ (түйіршіктердің мөлшеріне байланысты); суды сіңіру қабілеті – 400-530%; рН 6,8-7,0.

Сонымен қатар, вермикулит жоғары адсорбциялық қабілетімен ерекшеленеді және көмірсутектердің тотығуы нәтижесінде пайда болатын өнімдерді, мысалы, шайырларды, оттегі бар қосылыстарды және басқа да гетероорганикалық өнімдерді тиімді сіңіреді.

Бұл модификаторды қолданудағы негізгі мәселелердің бірі оны тұтқыр затқа енгізу болып табылады. Сондықтан 130°C температурада біз вермикулиттің толық еруіне қол жеткіздік. Нәтижелер жұмсарту температурасының айтарлықтай жоғарылауын, сондай-ақ сыну температурасының (-29°C дейін) төмендегеніні көрсетті. Модификацияланған битумдардың сыну температурасы иненің ену тереңдігінің температуралық тәуелділіктерінен жанама түрде анықталды, бұл кейбір қателіктер береді, бірақ тұтастай алғанда көрсеткіштердің мәні қанағаттанарлық. Осы тәуелділіктердің барлығын талдау модификатор ретінде енгізілген компоненттердің оңтайлы санын есептеуге мүмкіндік берді.

Осы жұмыстағы эмульсиялардың агрегативті тұрақтылығына эмульгатор жүйесіне ЭМБИТ енгізу арқылы қол жеткізіледі. Эмульгатор ЭМБИТ маркасы-эмульсияның дисперсиясын қамтамасыз ету үшін қажетті беттік белсенді зат, келесі техникалық көрсеткіштерге ие [18,19]: сыртқы түрі – ашық сарыдан қою қоңырға дейінгі жылжымалы сұйықтық; тығыздығы 200 С, г/см³ 0,960-0,990; амин саны, мг НСІ массасы бар 1 г эмульгаторға 100% үлесі, кемінде – 220; динамикалық тұтқырлық 200 С, сП – 700-ден 1150-ге дейін құрайды. Битум тамшыларының бетіне адсорбциялау арқылы эмульгатор молекулалары олардың айналасында қорғаныс қабаттарын құрайды (құрылымдық-механикалық тосқауыл деп аталады) және тұтқыр заттың коалесценциясын болдырмайды. Бұл жағдайда эмульгатордың

асимметриялық молекулалары белгілі бір жолмен фазааралық шекараға бағытталады – полярлық топтар Сулы фазаға бағытталған, ал полярлы емес (көмірсутек радикалдары) битумға тартылады. Дисперсиялық ортаның рН неғұрлым жоғары болса, эмульгатор молекулаларының көп бөлігі иондық түрге ауыспайды, жүйе соғұрлым аз агрегативті тұрақты болады, бұл зерттеу нәтижелерінен көрінеді (3-кесте)

Мұндай жүйенің дисперсия дәрежесі жақсы иондалған ерітіндіге қарағанда әлдеқайда төмен. Бұл эмульгатордың берілген мөлшерін қамтамасыз ете алатын алынған эмульсияның тұрақтылығына әсер етеді. Эмульгатор иондарының азаюы дисперсті фазалық элементтердің аз санын тұрақтандырады, осылайша ұсақ бөлшектердің флокуляция процесіне және олардың коалесценция арқылы кейіннен кеңеюіне ықпал етеді.

Кесте 3

Құрастырылған эмульгатордың көмегімен дайындалған битум эмульсияларының агрегативті тұрақтылығының, тұтқырлығының және ыдырау уақытының дисперсиялық ортаның рН-на тәуелділігі

Ортаның рН	Битумдық эмульсия қасиеттерінің көрсеткіші		
	Тұрақтылық, күндер	Тұтқырлық, с·с ⁻¹	Ыдырау уақыты, мин
1	22	26,4	29
2	26	27,5	31
3	27	25,1	34
4	28	28,8	38
5	29	29,9	40
6	30	29,8	42

Сол себепті, РН жоғарылаған кезде, аз иондалған ортадағы битум фазасының дисперсиясының төмен дәрежесі эмульсияға тұтқырлықтың жоғарылауы байқалады. Битум эмульсияларының тұтқырлығы мен ыдырау жылдамдығы дисперсиялық ортаның рН жоғарылауымен тікелей пропорционалды түрде өседі (3-кесте). 5-кестеде алынған битум эмульсияларының физика-механикалық сипаттамалары келтірілген.

Битум эмульсияларын әлемдік тұтыну бойынша деректер талданады. Битум эмульсияларының битуммен салыстырғанда басымдықтары жалпыланған, олар сапаны жақсартуға, жол құрылысы мен жөндеу жұмыстарын жүргізудің технологиялылығы мен жылдамдығын арттыруға арналған. Жол-құрылыс және жөндеу жұмыстарын жүргізудің сапасын жақсарту, технологиялылығын және жылдамдығын арттыру үшін модификатор ретінде көтерілген Құлантау вермикулитін, ал баз ретінде эмульгатор ЭМБИТ қамтитын битум эмульсияларының жаңа құрамы әзірленді. Алғаш рет жұмсарту температурасының айтарлықтай жоғарылауын, сондай-ақ сынғыштық температурасының төмендеуін (-29°C дейін) көрсететін нәтижелер алынды. Жол мақсатындағы битум эмульсиясын жасау үшін Құлантау вермикулитін пайдалану Модификацияланған битум эмульсиясының сапалық көрсеткіштерін арттыруға, жабындардың беріктігін арттыруға және асфальт жабындарының өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік бергені анықталды. Эмульгатор жүйесіне эмбит енгізген кезде битум эмульсиясының агрегативті тұрақтылығын зерттеу битум эмульсияларының тұтқырлығы мен ыдырау жылдамдығы дисперсиялық ортаның рН жоғарылауымен тікелей пропорционалды түрде өсетінін көрсетті. Белгілі құрамы бар модификацияланған битум эмульсиясының

әзірленген құрамының физика-механикалық қасиеттерін салыстырмалы зерттеу) құрамдас құрамның өзгеруі эмульсия үлгілерінің шартты тұтқырлығын 26,4-тен 29,8 с-қа дейін, 22-30 күн тұрақтылықта реттеуге мүмкіндік бергенін көрсетеді, бұл битум эмульсияларын қолданудың пайдалану мүмкіндіктерін кеңейтеді; Модификацияланған битум эмульсиясының әзірленген құрамы модификацияланған битум эмульсиясы ретінде, жол құрылысында және әртүрлі шатырларды жөндеуде асфальтбетон қоспалары үшін пайдаланылуы мүмкін.

Осылайша, жол саласын жоғары сапалы битум материалдарымен қамтамасыз етудің тұрақтылығы, тұтқыр материалдың температураның өзгеруіне беріктігінің сезімталдығын төмендету арқылы олардың пайдалану қасиеттерін жақсарту жалпы битум өндірісінің рентабельділігін арттыруға ықпал етеді. Көрнекі түрде алынған битум эмульсиялары ыдыраған кезде түсін қара түске өзгертетін біртекті қара қоңыр сұйықтық болып табылады (2-сурет).



Сурет 2. Модификацияланған битум эмульсиясы

Модификацияланған битум эмульсияларының физика-механикалық қасиеттерін зерттеу кезінде сақтау орнықтылығы (4-кесте), созылғыштық, жұмсарту температурасы, серпімділік және битум пленкасының минералды материалмен адгезиясы (5-кесте) зерттелді.

Кесте 4

Сақтау кезіндегі битум эмульсияларының тұрақтылығы

Құрамы, №	Битумның төзімділігі эмульсиялар, күндер	ГОСТ Р 58952.1 – 2020 бойынша битум-полимер жолының катионды эмульсиясы (ЭБПДК)
1	27-28	20-22
2	30	
3	38-39	
4	29	
5	31-33	
6	30	
7	30	

Гидрофобты вермикулиттің қажетті құрамын қосу арқылы сақтау тұрақтылығы жақсарады, тұтқырлығы жоғарылайды және қаттылығы артады. Жолда қолдануға арналған битум эмульсияларының қасиеттеріне кеңейтілген вермикулиттің әсерін зерттеу нәтижесінде битум құрамындағы Құлантау

вермикулиті кең температура диапазонында тұрақты адгезияны, меншікті бетінің ұлғаюын қамтамасыз ететіні анықталды, қосымша энергия сыйымдылығы, бұл битумға адгезия дәрежесінің жоғарылауына әкеледі. Битумның жоғары меншікті беті және ұсақ кеуекті құрылымы бар материалмен әрекеттесуі нәтижесінде битумның топтық құрамының өзгеруі майлар мен шайырлардың материалға селективті диффузиясына байланысты болады, бұл бөлшектердің бетіндегі битум қабаттарының қасиеттерінің өзгеруі және дәндер бетінде ұзаққа созылатын битум қабықшаларының түзілуі.

Әрі қарай олардың физика-механикалық қасиеттері анықталды (0 және 25°C иненің ену тереңдігін анықтау, 25°C ұзаруы, сақина мен шар бойымен жұмсарту температурасы, серпімділік және қиыршық тасқа жабысу) [7-11].

5-кестеде алынған битум эмульсияларының физика-механикалық сипаттамалары көрсетілген

Кесте 5

Өңделген битум эмульсияларының физика-механикалық қасиеттері

№	Көрсеткіштер	БЭ1	БЭ2	БЭ3	БЭ4	БЭ
1	Созылғыштық, 0°C кезінде, см	45	54	89	102	95
2	Жұмсарту нүктесі, температурасы, °C	65	67	66	70	69
3	Серпімділік, % 0°C кезінде	36	38	42	55	48
4	Серпімділік, % 25°C кезінде	72	83	84	88	85
5	Минералды материалға (қиыршық тас) битум пленкасының адгезиясы	97	98	100	100	97

Эксперименттік деректерді талдау әзірленген модификацияланған эмульсияның кең ауқымды қасиеттерімен сипатталатынын көрсетеді: 0°C 45-тен 102-ге дейін созылу, серпімділік 72-ден 88%-ға дейін битум пленкасының минералды материалмен адгезиясы 97-ден 100-ге дейін.

Минералды материал дәндерінің беті МЕСТ Р 58952.10-2020 талаптарына сәйкес битумды тұтқыр пленканың сақталу дәрежесі бойынша минералды материалға эмульсияның адгезиясының сапасын тексерді және бағалады.

Физика-механикалық қасиеттері бойынша зерттелген құрамдардың ішінде ең оңтайлы құрам БЭ4 болып табылады. Отандық Құлантау вермикулитін және эмульгаторды қолданатын модификацияланған битум эмульсиясы отандық Құлантау вермикулиті мен эмульгатор ЭМБИТ қолданатын модификацияланған битум эмульсиясының әзірленген құрамын асфальтбетон қоспалары үшін модификацияланған битум эмульсиясы ретінде жол құрылысында, әртүрлі шатырларды монтаждауда және жөндеуде пайдалануға болатынын көрсетеді.

Қорытынды. Битум эмульсияларын әлемдік тұтыну бойынша деректер талданады. Битум эмульсияларының битуммен салыстырғанда басымдықтары жалпыланған, олар сапаны жақсартуға, жол-құрылыс және жөндеу жұмыстарын жүргізудің технологиялылығы мен жылдамдығын арттыруға арналған.

Жол-құрылыс және жөндеу жұмыстарын жүргізудің сапасын жақсарту, технологиялылығын және жылдамдығын арттыру үшін модификатор ретінде көтерілген Құлантау вермикулитін, ал баз ретінде эмульгатор ЭМБИТІН қамтитын битум эмульсияларының жаңа құрамы әзірленді.

Алғаш рет жұмсарту температурасының айтарлықтай жоғарылауын, сондай-ақ сынғыштық температурасының төмендеуін (-29°C дейін көрсететін нәтижелер алынды). Жол мақсатындағы битум эмульсиясын жасау үшін Құлантау вермикулитін пайдалану Модификацияланған битум эмульсиясының сапалық көрсеткіштерін арттыруға, жабындардың беріктігін арттыруға және асфальт жабындарының өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік бергені анықталды. Эмульгатор жүйесіне эмбит енгізген кезде битум эмульсиясының агрегативті тұрақтылығын зерттеу битум эмульсияларының тұтқырлығы мен ыдырау жылдамдығы дисперсиялық ортаның рН жоғарылауымен тікелей пропорционалды түрде өсетінін көрсетті.

Модификацияланған битум эмульсиясының әзірленген құрамының физика-механикалық қасиеттерін белгілі құрамымен салыстырмалы зерттеу құрамдас құрамының өзгеруі эмульсия үлгілерінің шартты тұтқырлығын $26,4\text{-тен } 29,8\text{ с}^{-1}$ дейін, 22-30 күн тұрақтылықта реттеуге мүмкіндік беретінін көрсетеді, бұл битум эмульсияларын қолданудың пайдалану мүмкіндіктерін кеңейтеді. Модификацияланған битум эмульсиясының құрамы битум эмульсиясы ретінде, жол құрылысында және әртүрлі шатырларды жөндеуде асфальтбетон қоспалары үшін пайдаланылуы мүмкін. Осылайша, жол саласын жоғары сапалы битум материалдарымен қамтамасыз етудің тұрақтылығы, тұтқыр материалдың температураның өзгеруіне беріктігінің сезімталдығын төмендету арқылы олардың пайдалану қасиеттерін жақсарту жалпы битум өндірісінің рентабельділігін арттыруға ықпал етеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Скориков С.В. Теория и практическое применение битумных эмульсий в холодных асфальтобетонах и битумоминеральных смесях [Текст] / С.В. Скориков, Ю.Г. Лозикова, А.В. Кручинко // Современная наука и инновации. – 2015. – № (1). – С. 95-103.
2. Konieczna K, Pokorski P, Sorociak W, Radziszewski P, Żymelka D, Król JB Study of the Stiffness of the Bitumen Emulsion Based Cold Recycling Mixes for Road Base Courses // Materials (Basel). – 2020. – No. 3(23). – P. 5473.
3. Al-Mohammedawi A, Mollenhauer K. Current Research and Challenges in Bitumen Emulsion Manufacturing and Its Properties // Materials (Basel). – 2022. – No. 15(6). – P. 2026.
4. Измаилова Г.Г. Битумные эмульсии на основе битумов казахстанских производителей [Текст] / Г.Г. Измаилова, Е.С. Сивохина, Н.Б. Ельшибаев // Вестник Казахской Академии Транспорта и Коммуникаций им. М. Тынышпаева. – 2018. – № 2 (105). – С. 211-219.
5. Безродных А.А. Битумные эмульсии дорожно-строительного назначения, модифицированные золами-уноса [Текст] / А.А. Безродных, В.В. Строкова, И.Ю. Маркова, Д.Ю. Потапов // Строительные материалы. – 2021. – № 11. – С. 59-66.
6. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия [Текст]. – Введ. 01.01.1991. – М.: Стандартиформ, 2000. – 9 с.
7. ГОСТ 11501-78. Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы [Текст]. – Введ. 01.01.1980. – М.: Стандартиформ, 2008. – 5 с.
8. ГОСТ 11505-75. Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости [Текст]. – Введ. 01.01.1977. – М.: Стандартиформ, 2008. – 3 с.
9. ГОСТ Р 52056. Определение эластичности полимерно-битумных вяжущих [Текст]. – Введ. 01.01.2004. – М.: Стандартиформ, 2004. – 6 с.
10. ГОСТ 11506-73. Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару [Текст]. – Введ. 01.07.1974. – М.: Стандартиформ, 2008. – 7 с.

11. ГОСТ Р 58952.10-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Эмульсии битумные дорожные. Определения адгезии с минеральными материалами [Текст]. – Введ. 01.12.2020. – М.: Стандартинформ, 2020. – 10 с.
12. ГОСТ Р 58952.8-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Эмульсии битумные дорожные. Метод определения устойчивости при хранении [Текст]. – Введ. 01.12.2020. – М.: Стандартинформ, 2020. – 10 с.
13. Битумный рынок – рост, тенденции, влияние Covid-19 и прогнозы (2023–2028 гг.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mordorintelligence.com/>.
14. Konieczna K, Pokorski P, Sorociak W, Radziszewski P, Żymełka D, Król JB. Study of the Stiffness of the Bitumen Emulsion Based Cold Recycling Mixes for Road Base Courses // Materials (Basel). – 2020. – No. 13(23). – P. 5473.
15. Балабанов В.Б. Применение катионных полимерно-битумных эмульсий на основе нефтяных модифицированных битумов в дорожном строительстве [Текст] / В.Б. Балабанов, Д.А. Милицын, Ю.Б. Жаринов // Экспозиция нефть и газ. – 2012. – № 5(23).
16. Калдыбекова Ж.Б. Вермикулиты Южного Казахстана: получение, свойства, применение «Вопросы современной науки» [Текст]: монография / Ж.Б. Калдыбекова, К.К. Сырманова, А.Е. Ковалева, Э.А. Байбазарова, Е.Т. Боташев / под ред. Н.Р. Красовской. – М.: Изд. Интернаука, 2018. – Т.29. – 168 с.
17. Kaldybekova Zh.B., Syrmanova K.K., Kovaleva A.Y. Polyfunctional sorbents: monograph. – Shymkent: Typography “Alem”, 2018. – 174 p.
18. Методические рекомендации по применению эмульгаторов для битумных эмульсий «ЭМБИТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://propitki38.ru/wp-content/uploads/2023/02/2022-metodicheskie-rekomendaczii-emulgator-embit-bs.pdf>.
19. ГОСТ Р 58952.1-2020. Битумно-полимерная дорожная катионная эмульсия (ЭБПДК) [Текст]. – Введ. 01.12.2020. – М.: Стандартинформ, 2020. – 22 с.

Бұл зерттеулер Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің қолдауымен жүзеге асырылды (грант АП19679034 «Технологиялық процесте полимерлік қалдықтарды кәдеге жарату арқылы жол шаруашылығына арналған битум материалдарын өндіру технологиясын әзірлеу»).

Материал редакцияға 26.08.24 түсті, 21.03.25 қабылданды.

Р.М. Түлеуов¹, К.К. Сырманова¹, Ш.С. Арсланов², Ж.Б. Калдыбекова¹

¹Южно-Казахстанский университет им.М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

²Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННОЙ БИТУМНОЙ ЭМУЛЬСИИ

Аннотация. Развитие дорожной инфраструктуры и ее воздействие на окружающую среду требуют серьезного внимания к разработке устойчивых и экологически чистых дорожных материалов Сравнительный анализ приоритетов битумных эмульсий по сравнению с битумом, показал преимущества битумных эмульсий, которые призваны улучшить качество, повысить технологичность и скорость проведения дорожностроительных и ремонтных работ. Приведены данные по мировому потреблению битумных эмульсий. В работе для улучшения физико-механических характеристик битумной эмульсии разработаны рецептуры модифицированных битумных эмульсий. Впервые установлено, что кулантауский вермикулит в составе битумной композиции обеспечивает стабильную адгезию в широком диапазоне температур, увеличение удельной поверхности, которая

приобретает дополнительную энергетическую емкость, что и приводит к повышению степени сцепления с битумом. Улучшению комплекса показателей физико-механических свойств битумной эмульсии способствует применение поверхностно-активных веществ в составе эмульсии, которые также повышают их адгезионные качества, а стабилизирующие добавки отвечают за устойчивость битумных эмульсий. Исследование показателей физико-механических свойств битумных эмульсий по методикам, утвержденным ГОСТ 30491-2012, показали, что разработанная модифицированная битумная эмульсия может быть использована для асфальтобетонных смесей в дорожном строительстве.

Ключевые слова: нефтяной битум, битумная эмульсия, адгезия модифицирование, кулантауский вермикулит, растяжимость эластичность.

R.M. Tuleuov¹, K.K. Syrmanova¹, Sh.S. Arslanov², J.B. Kaldybekova¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
Tashkent, Republic of Uzbekistan

IMPROVEMENT OF THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF THE MODIFIED BITUMEN EMULSION

Abstract. The development of road infrastructure and its impact on the environment require serious attention to the development of sustainable and environmentally friendly road materials. A comparative analysis of the priorities of bitumen emulsions in comparison with bitumen has shown the advantages of bitumen emulsions, which are designed to improve the quality, improve the manufacturability and speed of road construction and repair work, and provides data on global consumption of bitumen emulsions. In order to improve the physico-mechanical characteristics of bitumen emulsion, formulations of modified bitumen emulsions have been developed. It has been established for the first time that Kulantau vermiculite in a bitumen composition provides stable adhesion over a wide temperature range, an increase in specific surface area, which acquires additional energy capacity, which leads to an increase in the degree of adhesion to bitumen. Improvement of the complex of indicators of physical and mechanical properties. bitumen emulsion is facilitated by the use of surfactants in the emulsion, which also increase their adhesive qualities, and stabilizing additives are responsible for the stability of bitumen emulsions. The study of the physical and mechanical properties of bitumen emulsions according to the methods approved by GOST 30491-2012 showed that the developed modified bitumen emulsion can be used for asphalt concrete mixtures in road construction.

Keywords: petroleum bitumen, bitumen emulsion, adhesion modification, Kulantau vermiculite, extensibility elasticity.

References

1. Skorikov S.V., Lozikova YU.G., Kruchinko A.V. Teoriya i prakticheskoye primeneniye bitumnykh emul'siy v kholodnykh asfal'tobetonakh i bitumomineral'nykh smesyakh [Theory and practical application of bitumen emulsions in cold asphalt concrete and bitumen-mineral mixtures] // Modern science and innovation. – 2015. – No. (1). – P. 95-103. [in Russian].
2. Konieczna K, Pokorski P, Sorociak W, Radziszewski P, Żymełka D, Król JB Study of the Stiffness of the Bitumen Emulsion Based Cold Recycling Mixes for Road Base Courses // Materials (Basel). – 2020. – No. 3(23). – P. 5473.
3. Al-Mohammedawi A, Mollenhauer K. Current Research and Challenges in Bitumen Emulsion Manufacturing and Its Properties // Materials (Basel). – 2022. – No. 15(6). – P. 2026.
4. Izmailova G.G., Sivokhina Ye.S., Yel'shibayev N.B. Bitumnyye emul'sii na osnove bitumov kazakhstanskikh proizvoditeley [Bitumen emulsions based on bitumens of

- Kazakhstani manufacturers] // Bulletin of the Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. – 2018. – No. 2 (105). – P. 211-219. [in Russian].
5. Bezrodnikh A.A., Strokova V.V., Markova I.YU., Potapov D.YU. Bitumnyye emul'sii dorozhno-stroitel'nogo naznacheniya, modifitsirovannyye zolami-unosa [Bitumen emulsions for road construction purposes modified with fly ash] // Construction Materials. – 2021. – No. 11. – P. 59-66. [in Russian].
 6. GOST 22245-90. Bitumy neftyanyye dorozhnyye vyazkiye. Tekhnicheskiye usloviya [Viscous road petroleum bitumens. Specifications]. – Introduced. 01.01.1991. – Moscow: Standartinform, 2000. – 9 p. [in Russian].
 7. GOST 11501-78. Bitumy neftyanyye. Metod opredeleniya glubiny pronikaniya igly [Petroleum bitumens. Method for determining the depth of needle penetration]. – Introduced. 01.01.1980. – Moscow: Standartinform, 2008. – 5 s. [in Russian].
 8. GOST 11505-75. Bitumy neftyanyye. Metod opredeleniya rastyazhimosti [Petroleum bitumens. Method for determining extensibility.]. – Introduced. 01.01.1977. – Moscow: Standartinform, 2008. – 3 p. [in Russian].
 9. GOST R 52056. Opredeleniye elastichnosti polimerno-bitumnykh vyazhushchikh [Determination of elasticity of polymer-bitumen binders]. – Introduced. 01.01.2004. – Moscow: Standartinform, 2004. – 6 p. [in Russian].
 10. GOST 11506-73. Bitumy neftyanyye. Metod opredeleniya temperatury razmyagcheniya po kol'tsu i sharu [Petroleum bitumens. Method for determination of ring and ball softening point]. – Introduced. 01.07.1974. – Moscow: Standartinform, 2008. – 7 p. [in Russian].
 11. GOST R 58952.10-2020. Dorogi avtomobil'nyye obshchego pol'zovaniya. Emul'sii bitumnyye dorozhnyye. Opredeleniya adgezii s mineral'nymi materialami [Public roads. Bitumen road emulsions. Determination of adhesion with mineral materials]. – Introduced. 01.12.2020. – Moscow: Standartinform, 2020. – 10 p. [in Russian].
 12. GOST R 58952.8-2020. Dorogi avtomobil'nyye obshchego pol'zovaniya. Emul'sii bitumnyye dorozhnyye. Metod opredeleniya ustoychivosti pri khranении [Public roads. Road bitumen emulsions. Method for determining storage stability]. – Introduced. 01.12.2020. – Moscow: Standartinform, 2020. – 10 p. [in Russian].
 13. Bitumen market - growth, trends, impact of Covid-19 and forecasts (2023-2028) [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.mordorintelligence.com/>. [in Russian].
 14. Konieczna K, Pokorski P, Sorociak W, Radziszewski P, Żymełka D, Król JB. Study of the Stiffness of the Bitumen Emulsion Based Cold Recycling Mixes for Road Base Courses // Materials (Basel). – 2020. – No. 13(23). – P. 5473.
 15. Balabanov V.B., Militsyn D.A., Zharinov YU.B. Primeneniye kationnykh polimerno-bitumnykh emul'siy na osnove neftyanykh modifitsirovannykh bitumov v dorozhnom stroitel'stve [Application of cationic polymer-bitumen emulsions based on petroleum modified bitumen in road construction] // Oil and Gas Expo. – 2012. – No. 5(23). [in Russian].
 16. Kaldybekova ZH.B., Syrmanova K.K., Kovaleva A.Ye., Baybazarova E.A., Botashev Ye.T. Vermikulyty Yuzhnogo Kazakhstana: polucheniye, svoystva, primeneniye «Voprosy sovremennoy nauki» [Vermiculites of Southern Kazakhstan: production, properties, application “Problems of modern science”]: monograph / edited by N.R. Krasovskoy. – Moscow: Publishing House Internauka, 2018. – Vol.29. – 168 p. [in Russian].
 17. Kaldybekova Zh.B., Syrmanova K.K., Kovaleva A.Y. Polyfunctional sorbents: monograph. – Shymkent: Typography “Alem”, 2018. – 174 p.
 18. Methodical recommendations for the use of emulsifiers for bitumen emulsions “EMBIT” [Electronic resource]. – Access mode: <https://propitki38.ru/wp-content/uploads/2023/02/2022-metodicheskie-rekomendaczii-emulgator-embits.pdf>. [in Russian].
 19. GOST R 58952.1-2020. Bitumno-polimernaya dorozhnaya kationnaya emul'siya (EBPDK) [Bitumen-polymer road cationic emulsion (EBPDK)]. – Introduced. 01.12.2020. – Moscow: Standartinform, 2020. – 22 p. [in Russian].