

ЭОЖ 665.775; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2023-3.10>  
<https://orcid.org/0000-0003-3133-222X>  
<https://orcid.org/0000-0001-8228-7188>  
<https://orcid.org/0000-0002-9847-8218>  
<https://orcid.org/0000-0001-9595-9756>  
<https://orcid.org/0000-0001-8486-8744>  
<https://orcid.org/0000-0002-9781-2923>  
<https://orcid.org/0000-0002-3163-153X>  
<https://orcid.org/0000-0001-5537-9474>

## ҚАРАСАЗ-ТАСПАС КЕН ОРНЫНЫҢ КИРЫН ЫСТЫҚ АСФАЛЬТБЕТОНДАРДЫҢ ҚҰРАМДАС БӨЛІГІ РЕТІНДЕ ҚОЛДАНУ



**Е.О. АЯПБЕРГЕНОВ<sup>1</sup>**,  
 техника және технологиялар  
 магистрі, «ҚМГ Инжиниринг»  
 ЖШС ҚазмұнайгазҒЗЖИ  
 филиалының сұйықтықтарды  
 талдау қызметінің кәсіптік  
 химия зертханасының  
 меңгерушісі,  
 Ayapbergenov\_E@kaznipi.kz



**А.Ч. БУСУРМАНОВА<sup>2</sup>**,  
 химия ғылымдарының  
 кандидаты, Ш. Есенов  
 атындағы КТИУ  
 «Жаратылыстану ғылымдары»  
 кафедрасының доценті,  
 akkenzhe.bussurmanova@  
 yu.edu.kz



**А.Ш. АККЕНЖЕЕВА<sup>2</sup>**,  
 техника ғылымдарының  
 кандидаты, Ш. Есенов  
 атындағы КТИУ  
 «Жаратылыстану ғылымдары»  
 кафедрасының доценті,  
 anar.akkenzheeva@yu.edu.kz



**М.Ж. АИМОВА<sup>2</sup>**,  
 химия ғылымдарының  
 кандидаты, Ш. Есенов  
 атындағы КТИУ  
 «Жаратылыстану ғылымдары»  
 кафедрасының доценті,  
 murshida.aimova@yu.edu.kz



**У.К. ЕНСЕГЕНОВА<sup>2</sup>**,  
 магистр, Ш. Есенов атындағы  
 КТИУ «Жаратылыстану  
 ғылымдары» кафедрасының  
 аға оқытушысы,  
 uzilkhan.yensegenova@  
 yu.edu.kz



**Г.Т. МУСТАПАЕВА<sup>2</sup>**,  
 Ш. Есенов атындағы КТИУ  
 «Жаратылыстану ғылымдары»  
 кафедрасының аға оқытушысы,  
 gulnara.mustapayeva@yu.edu.kz

**А.Г. ГУСМАНОВА**<sup>2</sup>, техника ғылымдарының кандидаты, Ш. Есенов атындағы КТИУ «Инжиниринг» факультетінің деканы, [aigul.gusmanova@yu.edu.kz](mailto:aigul.gusmanova@yu.edu.kz)

**А.И. КОЙШИНА**<sup>2</sup>, техника ғылымдарының кандидаты, Ш. Есенов атындағы КТИУ «Мұнайхимиялық инжиниринг» кафедрасының доценті, [akmaral.koishina@yu.edu.kz](mailto:akmaral.koishina@yu.edu.kz)

<sup>1</sup>«ҚМГ ИНЖИНИРИНГ» ЖШС ҚАЗМҰНАЙГАЗ ҒЗЖИ ФИЛИАЛЫ  
Қазақстан Республикасы, 130000, Ақтау қаласы, 35 шағынаудан, 6/1 учаске.

<sup>2</sup>Ш. ЕСЕНОВ АТЫНДАҒЫ «КАСПИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР  
ЖӘНЕ ИНЖИНИРИНГ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ  
Қазақстан Республикасы, 130000, Ақтау қаласы, 32 шағынаудан

*Табиғи битум жол төсемінде бұрыннан қолданылған, бірақ соңғы жылдары сұраныс төмендеді. Алайда, жол төсемінде табиғи битумды қолдануды қайтадан қолға ала бастады. Табиғи битумда асфальт мөлшері жоғары және мұнай битумымен салыстырғанда молекулалық массасы жоғары. Табиғи битумдарды жол құрылыс материалдары ретінде перспективалық қолдану мақсатында Қарасаз-Таспас кен орнының мұнай-битумды жыныстары негізінде құрамдарды іріктеу бойынша зерттеулер жүргізілді.*

*Асфальт-бетон қоспаларын (АБҚ) дайындау үшін қосымша органикалық тұтқыр қоспалар қарастырылған. Олардың сапасында БНД 90/130, БНД 60/90, БНД 40/60 маркалы мұнай жол битумдары, БН 90/10 маркалы құрылыс битумы және Қарасаз-Таспас кен орнының табиғи битумын вакуумдық айдау қалдығы зерттелді. БН 90/10 және БНД 40/60 маркалы битумды, сондай-ақ тұтқыр материалдар ретінде табиғи битумды вакуумдық айдау қалдығын пайдаланған кезде 50 °С (R50) температурада АБҚ тығыздығы мен беріктік шегі бойынша оң қасиеттер жақсы көрінетіні анықталды. Органикалық тұтқыр заттың тұтқырлық сипаттамаларын жақсарту үшін әртүрлі модификаторлар қолданылды: «КМА», «Elvaloy», «Kraton D-1184», «ТАФРАК-Super» (TPS), «PR PLAST S», «VESTOPLAST». БНД 40/60 маркалы жол битумының суға төзімділік және суға қанығу сияқты көрсеткіштер жақсарғандықтан, тұтқыр зат ретінде асфальт-бетон қоспаларының құрамында «Kraton D-1184» (5, 7%), «VESTOPLAST» (1%), «PR PLAST S» (1%) маркалы модификаторларды қолдану ұсынылады. Жүргізілген зерттеулер Қарасаз-Таспас кен орнының мұнай-битумды жыныстарын жол жабынының беріктігі мен пайдалану көрсеткіштерін қамтамасыз ететін Б маркалы I типті ыстық асфальтбетондардың құрамдас бөлігі ретінде қолданыудың техникалық мүмкіндігін көрсетті.*

**ТҮЙІН СӨЗДЕР:** табиғи битум, асфальтбетон қоспасы, композициялық құрамы, органикалық тұтқыр, битум, физика-механикалық қасиеттері.

## ПРИМЕНЕНИЕ КИРА МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРАСАЗ-ТАСПАС В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТА ГОРЯЧИХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

**Е.О. АЯПБЕРГЕНОВ**<sup>1</sup>, магистр техники и технологии, зав. лабораторией Промысловой химии службы анализа флюидов. Филиал ТОО «ҚМГ Инжиниринг» «ҚазНИПИмұнайгаз», [Ayapbergenov\\_E@kaznipi.kz](mailto:Ayapbergenov_E@kaznipi.kz)

**А.Ч. БУСУРМАНОВА**<sup>2</sup>, кандидат химических наук, доцент, [akkenzhe.bussurmanova@yu.edu.kz](mailto:akkenzhe.bussurmanova@yu.edu.kz)

**А.Ш. АККЕНЖЕЕВА**<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент, [anar.akkenzheeva@yu.edu.kz](mailto:anar.akkenzheeva@yu.edu.kz)

**М.Ж. АИМОВА**<sup>2</sup>, кандидат химических наук, доцент, [murshida.aimova@yu.edu.kz](mailto:murshida.aimova@yu.edu.kz)

**У.К. ЕНСЕГЕНОВА**<sup>2</sup>, магистр, старший преподаватель, [uzilkhan.yensegenova@yu.edu.kz](mailto:uzilkhan.yensegenova@yu.edu.kz)

**Г.Т. МУСТАПАЕВА**<sup>2</sup>, старший преподаватель, [gulnara.mustapayeva@yu.edu.kz](mailto:gulnara.mustapayeva@yu.edu.kz)

**А.Г. ГУСМАНОВА**<sup>2</sup>, кандидат технических наук, декан факультета «Инжиниринг» КУТИ им. Ш.Есенова, [aigul.gusmanova@yu.edu.kz](mailto:aigul.gusmanova@yu.edu.kz)

**А.И. КОЙШИНА**<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент кафедры «Нефтехимический инжиниринг» КУТИ им. Ш.Есенова, [akmaral.koishina@yu.edu.kz](mailto:akmaral.koishina@yu.edu.kz)

<sup>1</sup>ФИЛИАЛ ТОО «КМГ ИНЖИНИРИНГ» «КАЗНИПИМУНАЙГАЗ»  
Республика Казахстан, 130000, г. Актау, 35 мкр., участок 6/1

<sup>2</sup>НАО «КАСПИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИИ И ИНЖИНИРИНГА ИМ. Ш. ЕСЕНОВА»  
Республика Казахстан, 130000, г. Актау, 32 мкр

*Натуральный битум уже давно используется в дорожном покрытии, но последние годы спрос на него снизился. Однако применение природного битума в дорожном покрытии вновь набирает популярность. Природный битум имеет высокое содержание асфальтенов и более высокую молекулярную массу по сравнению с нефтяным битумом. С целью перспективного применения природных битумов в качестве дорожных строительных материалов были проведены исследования по подбору составов на основе нефтебитуминозных пород месторождения Карасаз-Таспас.*

*Для приготовления асфальто-бетонных смесей (АБС) были предусмотрены дополнительные добавки органического вяжущего. В их качестве исследованы нефтяные дорожные битумы марок БНД 90/130, БНД 60/90, БНД 40/60, строительный битум марки БН 90/10 и остаток вакуумной перегонки природного битума месторождения Карасаз-Таспас. Было установлено, что при использовании битума марок БН 90/10 и БНД 40/60, а также остатка вакуумной перегонки природного битума в качестве вяжущих материалов наилучшим образом проявляются положительные свойства у АБС по плотности и пределу прочности при 50 °С (R50). Для улучшения вязкостных характеристик органического вяжущего использовались различные модификаторы: «КМА», «Elvaloy», «Kraton D-1184», «ТАФРАСК-Super» (TPS), «PR PLAST S», «VESTOPLAST». Было установлено, что применение модификаторов марок «Kraton D-1184» (5,7 % масс.), «VESTOPLAST (1%)», «PR PLAST S» (1%) в составе асфальто-бетонных смесей с применением в качестве вяжущего вещества дорожный битум марки БНД 40/60 целесообразно, так как улучшились такие показатели как водостойкость и водонасыщение. Выполненные исследования показали техническую возможность применения НБП месторождения Карасаз-Таспас в качестве компонента горячих асфальтобетонов марки I типа Б, который обеспечивает прочностные и эксплуатационные показатели дорожного покрытия.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** природный битум, асфальтобетонная смесь, композиционный состав, органические вяжущие, битум, физико-механические свойства.

## USING THE KIR OF THE KARASYAZ-TASPAS DEPOSIT AS A COMPONENT OF HOT ASPHALT CONCRETE

**Y.O. AYAPBERGENOV**<sup>1</sup>, master of Engineering and Technology, head of the laboratory of field chemistry of the fluid analysis service. Branch of KMG Engineering LLP KazNIPImunaigas, [Ayapbergenov\\_E@kaznipi.kz](mailto:Ayapbergenov_E@kaznipi.kz)

**A.Ch. BUSSURMANOVA**<sup>2</sup>, candidate of chemical sciences, associate professor of the department of «Natural Sciences» of CUTE named after Sh.Yessenov, [akkenzhe.bussurmanova@yu.edu.kz](mailto:akkenzhe.bussurmanova@yu.edu.kz)

**A.Sh. AKKENZHEYEVA**<sup>2</sup>, candidate of technical sciences, associate professor of the department of «Natural Sciences» of CUTE named after Sh.Yessenov, [anar.akkenzheyeva@yu.edu.kz](mailto:anar.akkenzheyeva@yu.edu.kz)

**M.Zh. AIMOVA**<sup>2</sup>, candidate of chemical sciences, associate professor of the department of «Natural Sciences» of CUTE named after Sh.Yessenov, [murshida.aimova@yu.edu.kz](mailto:murshida.aimova@yu.edu.kz)

**U.K. YENSEGENOVA**<sup>2</sup>, master, senior lecturer of the department of «Natural Sciences» of CUTE named after Sh.Yessenov, [uzilkhan.yensegenova@yu.edu.kz](mailto:uzilkhan.yensegenova@yu.edu.kz)

**G.T. MUSTAPAYEVA**<sup>2</sup>, senior lecturer of the department of «Natural Sciences» of CUTE named after Sh.Yessenov, [gulnara.mustapayeva@yu.edu.kz](mailto:gulnara.mustapayeva@yu.edu.kz)

**A.G. GUSMANOVA**<sup>2</sup>, candidate of technical sciences, dean of the faculty of «Engineering», [aigul.gusmanova@yu.edu.kz](mailto:aigul.gusmanova@yu.edu.kz)

**A.I. KOISHINA**<sup>2</sup>, candidate of technical sciences, associate professor of the department of «Petrochemical engineering» of CUTE named after Sh.Yessenov, [akmaral.koishina@yu.edu.kz](mailto:akmaral.koishina@yu.edu.kz)

<sup>1</sup>BRANCH OF LLP «KMG ENGINEERING» «KAZNIPIMUNAIGAS»  
Republic of Kazakhstan, 130000, Aktau, 35 mcr., section 6/1

<sup>2</sup>NJSC «CASPIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ENGINEERING  
NAMED AFTER SH.YESSENOV»  
Republic of Kazakhstan, 130000, Aktau, 32 mcr

*Natural bitumen has long been used in road paving, but in recent years, the demand for it has decreased. However, the use of natural bitumen in the road surface is gaining popularity again. Natural bitumen has a high content of asphaltenes and a higher molecular weight compared to petroleum bitumen. For the purpose of promising application of natural bitumen as road construction materials, studies were conducted on the selection of compositions based on oil-bitumen rocks of the Karasyaz-Taspas deposit.*

*Additional additives of organic binder were provided for the preparation of asphalt-concrete mixtures (ACM). As such, petroleum road bitumen grades BND 90/130, BND 60/90, BND 40/60, construction bitumen grade BN 90/10 and the residue of the vacuum distillation of PB deposits Karasyaz-Taspas were studied. It was found that when using bitumen grades BN 90/10 and BND 40/60, as well as the residue of the vacuum distillation of natural bitumen as binders, the positive properties of ACM in density and tensile strength at 50 °C (R50) are best manifested. To improve the viscosity characteristics of the organic binder, various modifiers were used: «KMA», «Elvaloy», «Kraton D-1184», «TAFPACK-Super» (TPS), «PR PLAST S», «VESTOPLAST». It was found that the use of modifiers of the brands «Kraton D-1184» (5; 7% by weight), «VESTOPLAST» (1%), «PR PLAST S» (1%) as part of asphalt-concrete mixtures with the use of road bitumen of the BND 40/60 brand as a binder is advisable, since improved such indicators as water resistance and water saturation. The performed studies have shown the technical feasibility of using the NBP of the Karasyaz-Taspas deposit as a component of hot asphalt concrete grade I type B, which provides strength and performance indicators of the road surface.*

**KEY WORDS:** *natural bitumen, asphalt concrete mixture, composite composition, organic binders, bitumen, physical and mechanical properties.*

**Қ**іріспе. Дүние жүзіндегі битум және ауыр мұнай ресурстары 5,6 триллион баррельді құрайды, олар 70-тен астам әртүрлі елдерде орналасқан [1-4]. Битум мен ауыр мұнайдың көп бөлігі (~70%) Батыс жарты шардың үш елінде – Венесуэла, Канада және АҚШ-та орналасқан. Маңызды құрама битум және ауыр мұнай кен орындары бар басқа аймақтарға мыналар жатады: Таяу Шығыс (ауыр мұнай), Азия (негізінен Қытай), Африка және Ресей. 2016 жылы мұнайдың әлемдік бағасының төмендеуінің жалғасуына қарамастан, битум мен ауыр мұнай ресурстарына, әсіресе Батыс Канада шөгінді бассейніне жаһандық қызығушылық жалғасты. Битумдар бір-бірінен, сондай-ақ кәдімгі жеңіл («қалыпты») мұнайдан тұтқырлығы бойынша ерекшеленеді, негізгі айырмашылығы – табиғи қабат жағдайында ұңғыма оқпанына аса ауыр және ауыр мұнайлар құйылады; ал битум қабат температурасы мен қысымда тым тұтқыр болғандықтан, жасанды ынталандырусыз (мысалы, бу немесе еріткіш бу) ұңғыма оқпанына ағу үшін.

Битум судан тығызырақ, ең аз тұтқырлығы балға ұқсас, газсыз тұтқырлығы > 10000 сПз және әдетте API градусымен < 10° тең. Қабат температурасы мен қысымынан басқа, ауыр мұнай мен битум тұтқырлығына факторлардың кең ауқымы әсер етеді, соның ішінде молекулалық тізбектің ұзындығы мен құрамы, табиғи еріген газ құрамы; осылайша мұнайдың тұтқырлығы мен тығыздығы арасында тікелей (абсолютті) корреляция жоқ [5-7].



Жол төсемдерін салуда табиғи битумды пайдалану мұнайдан алынатын битумды толық ауыстыру [8] немесе ішінара ауыстыру түрінде жүзеге асырылуы мүмкін. Көптеген зерттеушілер атап өткендей, табиғи битумды жамау, күрделі жөндеу немесе тіпті жол құрылысы сияқты әртүрлі қосымшаларда қолдануға болады.

Табиғи битум (ТБ) құнды физикалық-химиялық қасиеттерге ие: берік, тұрақты, өзінің химиялық құрамы мен қасиеттерін сенімді сақтайды, агрессивті орта мен теріс табиғи факторларға төзімді, жоғары адгезиялық қасиеттері тау жыныстары бөлшектерімен берік байланысуға мүмкіндік береді.

Ал кейбір зерттеулер [9] 8,33% модификаторы бар битум құмымен модификацияланған қоспалардың Юнг модулі мұнай битумының қоспасымен салыстырғанда жоғары екенін көрсетті. Басқа зерттеулер шайырлы құмды негізгі қабат немесе дұрыс қоспа құрамы бар тозу қабаты ретінде пайдалануға болатынын көрсетті [10].

Көптеген ғылыми еңбектер жол құрылысында битумды құмды пайдаланудың артықшылығы бар екенін атап өтті, себебі ол ыстық аралас асфальтқа (177 °С) қарағанда төмен араластыру температурасын (104 °С) пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл битумды құммен қоспаларды тұтыну жалпы шығарындыларды айтарлықтай төмендетуі мүмкін екеніне әкеледі [11], себебі төмен араластыру температурасы қоршаған ортаға зиянсыз [11].

Зерттеулерге сәйкес, 33% битумды құм және 67% ірі толтырғыштарды пайдаланып салынған жолдардың сипаттамалары жақсы адгезия үшін оңтайлы қатынас болып табылады [12]. Гамбургте битумды құмнан жасалған битумдық тротуар тақталарында жүргізілген доңғалақты бақылау сынағы 10 000 өтуден кейін ойықтың тереңдігі 10 мм-ден аз екенін көрсетті. Дегенмен, қоспалар 50 °С температурада ылғалдың бұзылуына көбірек бейім болатын бір кемшілік анықталды [12]. Сонымен қатар, реометрмен аркалық иілу сынақтарының нәтижелері мұнай битумымен салыстырғанда зертханалық және далалық үлгілерден төмен температурада жоғары қаттылықты көрсетті [12]. Көптеген зерттеулер [13,14] битумды қоспаларға битумды құм қосу қоспаның механикалық сипаттамаларын жоғарылататынын көрсетті. Зерттеулер битумды құмды қосу жоғары температурада өнімділікті жақсартатынын көрсетті.

Битумды құмды пайдалану кезінде көптеген мәселелер бар. Бірінші мәселе – битумды құмның әртүрлі аймақтардан алынған үлгілердегі битум мөлшері әртүрлі болуы, ал екінші мәселе – құм фракцияларының гетерогенді болуы [15]. Бұдан шығатын негізгі қорытынды: битум құрамы мен минералды құрамның өзгермелілігі қоспаны әзірлеуде өзекті мәселе болады.

Тікелей кенорын көзінен алынған табиғи битум жол төсемдерінің әртүрлі түрлеріне сәйкес келмеуі мүмкін, сондықтан көптеген зерттеушілер битумды құмның негізгі жолдарға жарамдылығын тексеру үшін қосымша зертханалық сынақтар қажет деп санайды.

*Зерттеу өзектілігі.* Мұнайлы-битумды жыныстардың (МБЖ) мұнай және битуммен қанығуы үлкен практикалық қызығушылық тудырады және оларды жабын ретінде пайдалану мүмкіндігін анықтайды. Мұнай-битумды жыныстардан (кир) бөлінген табиғи битумды әртүрлі активаторлармен, модификаторлармен және басқа полимерлі байланыстырғыштармен МБЖ қоспасымен пайдалану – оларды жол

төсемі ретінде пайдаланудың кең перспективаларын ашады [16]. Қазақстандағы МБЖ кен орнын игеру жергілікті шикізат үлесін ұлғайтады және Қазақстанның жол құрылысына байланыстырушы заттарға қажеттілігін толық қанағаттандырады.

Жол құрылысына МБЖ (кир) қолдану асфальт-бетон қоспаларын дайындауға арналған материалдарды тұтынуды 30-40%-ға, оның ішінде бір километрге 100 тоннаға дейін қымбат тұратын өнеркәсіптік мұнай битумына дейін, 320 м<sup>3</sup> құм және минералды ұнтаққа дейін азайтатынын айта кету керек [17].

Перспективті қолдану және жол-құрылыс материалдарының номенклатурасын кеңейту мақсатында Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ (кир) негізінде АБҚ құрамдарын таңдау және физикалық-механикалық қасиеттерін зерттеу, оның ішінде оның минералдық бөлігі бойынша зерттеулер жүргізілді.

**Материалдар мен зерттеу әдістері.** Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ кирға бай класына жататындықтан, асфальтбетон қоспаларының құрамындағы осы кен орнының физика-механикалық қасиеттерін зерттеу міндеті тұр. Табиғи битумдардың топтық химиялық құрамы туралы мәліметтер Қарасаз-Таспас кен орнындағы МБЖ (кир) АБҚ-ның құрамдас бөлігі ретінде пайдалану мүмкіндігін анықтауға мүмкіндік береді (*1-кесте*).

**Кесте 1 – Қарасаз-Таспас кен орнының мұнай-битумды жынысының органикалық бөлігінің физика-химиялық қасиеттері**

№	Көрсеткіштің атауы	Нақты нәтиже
1	Тығыздық 20 °	945,35
2	Динамикалық тұтқырлық 25 °	5 990
3	Жалпы күкірттің мөлшері, масс.%	0,46
4	Молекулалық масса, г/моль	553
5	Элементтік құрам, масс. %:	
	– көміртегі	84,34
	– сутегі	11,45
	– оттегі	3,67
	– азот	0,54
	– С/Н	7,37
6	Сақина мен шар бойынша жұмсару температурасы, °	23
7	Қату температурасы, °	15
8	0 °	22
9	Топтық химиялық құрам, масс. %:	
	– майлар, оның ішінде	58,89
	– парафиннафтенді (ПН)	23,49
	– моноциклоароматты (МЦА)	15,12
	– бициклоароматты (БЦА)	8,24
	– полициклоароматты (ПЦА)	12,04
	– шайырлар, оның ішінде	27,21
	– бензолды (Б)	7,18
	– спиртбензолды (СБ)	20,03
– асфальтенді	13,90	
	– шайырлар / асфальтендер	1,96
10	Фракциялық құрамы, %:	1,38
	– бензин фракциясы (180 °	14,67
		13,44
		18,68
		51,83

Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ алынған табиғи битумның майларының фракциялары 58,9 масс.% және негізінен парафиндік-нафтендік (23,5 масс.%) құрамдастармен ұсынылған құрамдағы айырмашылықпен сипатталады. Олардың жоғары мөлшері органикалық байланыстырғыштың төмен ыстыққа төзімділігі және жақсы төмен температуралық қасиеттерін қамтиды. Сонымен қатар табиғи битумдар шайырлардың жоғары мөлшерімен ерекшеленеді, олардың қосындысы 27,2 массалық % құрайды. Ауыр спиртті-бензолды шайырлардың сандық құрамы табиғи битумдар негізгі құрылым құраушы бөлігі болып табылатын жеңілден (2,8 есе) айтарлықтай асып түседі. Қарасаз-Таспас кен орнының табиғи битумдар құрамында спиртті-бензолды шайырлардың жоғарылауына байланысты жұмсару температурасы төмен және термиялық сезімталдығы жоғары болады. Битумдардың физикалық-механикалық қасиеттеріне топтық құрамынан басқа олардың құрылымы да әсер етеді. ИҚ-спектроскопияны қолдана отырып, Қарасаз-Таспас кен орнының табиғи битумының барлық құрамдас бөліктері сутегі байланыстарының түзілуіне қатысатын гидроксил топтарының полициклді ароматты және алифатты көмірсутектерінің болуын анықтайтын кең сіңіру жолақтарымен сипатталатыны анықталды. Асфальтендердегі және белсенді функционалдық топтардағы ароматты көмірсутектердің, алкил алмастырғыштардың болуы созылғыштықтың жоғарылауына және адгезиялық қасиеттердің жақсаруына ықпал етеді.

Аязға төзімділік МемСТ 12801-98 бойынша алдын-ала суға қаныққан АБЖ үлгілерінің 15, 25 және 50 кезекті мұздату және еріту циклдерінен кейін сығу беріктігінің жоғалуын бағалау арқылы анықталады.

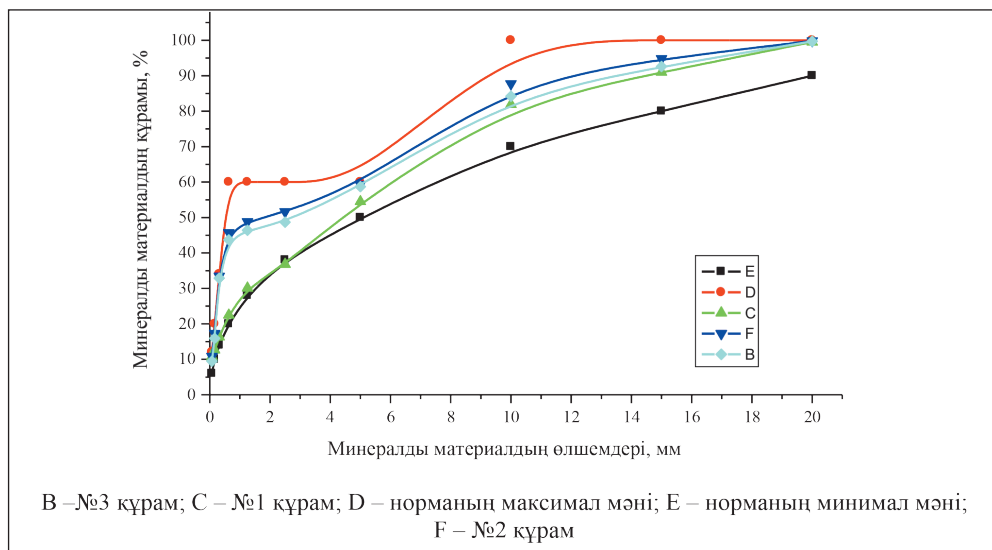
Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ-ты АБЖ құрамында пайдалану тиімділігін бағалау үлгілерді МБЖ және бақылау қоспасымен сынау кезінде алынған физикалық-механикалық қасиеттердің көрсеткіштерін салыстыру арқылы жүзеге асырылды. Асфальтбетон қоспасының құрамы 2-кестеде келтірілген.

**Кесте 2 – Асфальтбетонды қоспаның композициялық құрамы**

Композиция	Құрамы, масс. %				
	Қиыршық тас және ұсақ фракцияны електен өткізу, мм			Минералдық ұнтақ	МБЖ (кир)
	10–20	5–10	0–5		
№1 құрам	18	26	50	6	–
№2 құрам	11	30	20	6	33
№3 құрам	15	30	17	5	33

Бақылау қоспасы ретінде массасы 5,5 % мөлшерінде БНД 60/90 маркалы битум қосылған №1 құрам алынды. Бақылау үлгісінің физикалық-механикалық сипаттамалары келесідей: 50 °C (R50), 20 °C (R20) және 0 °C (R0) сығу кезінде беріктілік шегі сәйкесінше, 1,25 МПа, 4,08 МПа және 7,52 МПа, суға төзімділігі – 0,95, сумен қанығуы – 3,34% және орташа тығыздығы 2,49 г/см<sup>3</sup>.

Бірінші кезеңде асфальтбетон құрамының минералды бөлігінің гранулометриялық құрамы зерттелді. Гранулометриялық құрам МемСТ 9128-2013 талаптарына сәйкес норма шегіне (Е және D қисықтарының арасындағы мәнге сәйкес) келетіндей етіп таңдалады (1-сурет).



Сурет 1 – Асфальтбетонды қоспаның гранулометриялық құрамы

МБЖ (кир) негізіндегі АБҚ композицияларын жасау кезінде 0,85 ірілік модулі бар барқыт типті ұсақ құм болып табылатын минералды бөліктің гранулометриялық құрамын ескеру қажет. Қажетті қаңқаны жасау үшін қиыршық тас пен ұсақ фракцияның ара-қатынасын таңдау керек. Қарастырылып отырған №2 құрамда қиыршық тастың мөлшері 41 масс. %, № 3 құрамда – 45 масс. %, електен өткізген ұсақ фракция 20 масс. % және тиісінше 17% масс. % құрайды.

Зерттеу нәтижелері бойынша Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ бай кир (11,4 масс.%) санатына жатады және АБҚ дайындауда органикалық байланыстырғыштың қосымша қосындыларын қарастыру қажет. Солардың қатарында БНД 90/130, БНД 60/90, БНД 40/60, құрылыс битумы БН 90/10 және Қарасаз-Таспас кен орнының табиғи битумды вакуумды айдау қалдықтары зерттелді (3-кесте).

Кесте 3 – Органикалық байланыстырғыштың физика-механикалық қасиеттері

№	Көрсеткіштің атауы	Битум маркасы				Табиғи битумды вакуумдық айдау қалдығы
		БНД 90/130	БНД 60/90	БНД 40/60	БН 90/10	
1	Пенетрация, 0,1 мм 25 С 0°	118	92	56	17	29
		42	28	28	–	–
2	Созылғыштығы, см, 25 С 0°	140	125	126	2,1	32
		5,3	4,3	4,2	–	–
3	Сақина мен шар бойынша жұмсару температурасы, °С	47	48	63	96	56
4	Фраас бойынша сынғыштық температурасы, °С	-31	-27	-22	–	-16
5	Жарқыл температурасы, °С	267	262	267	262	227



АБҚ сынақтары МемСТ 12801-98 сәйкес жүргізілді. Байланыстырғыштарды таңдау, суға қанығуы және 50 °С ( $R_{50}$ ) қысымдағы беріктігі шегінің көрсеткіштері негізінде анықталды (4-кесте).

**Кесте 4 – Өртүрлі органикалық байланыстырғыштармен МБЖ негізіндегі асфальтбетон қоспасының сипаттамалары**

№	Көрсеткіштің атауы	Қоспа құрамындағы органикалық байланыстырғыш									
		БНД 90/130		БНД 60/90		БНД 40/60		БН 90/10		Табиғи битумды вакуумдық айдау қалдығы	
1	Құрамы, масс. %	3	5	3	5	2	3	2,5	3	2	3
2	Тығыздығы, г/см <sup>3</sup>	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,3	2,3
3	Сумен қанығуы	6,5	5,7	5,1	3,1	4,5	4,3	2,5	1,8	4,3	4,1
4	50 С-та сығу кезінде беріктік шегі, МПа	1,0	0,9	0,8	0,7	1,1	1,0	2,5	1,8	1,1	1,0

БН 90/10 және БНД 40/60 маркалы битумдарды, сондай-ақ байланыстырғыш ретінде табиғи битумды вакуумды айдау қалдығын пайдаланған кезде тығыздығы және 50 °С ( $R_{50}$ ) температурада сығылудың беріктік шегі бойынша АБҚ оң қасиеттері көрсетеді. Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ органикалық бөлігі құрылымы бойынша сұйық битумға жақын екенін ескере отырып, ыстық АБҚ дайындау үшін байланыстырушы материалдың тұтқырлығын арттыру қажет.

Байланыстырғыштың эксплуатациялық сипаттамаларын жақсарту үшін жиі химиялық заттар – беттік белсенді заттар, резеңке үгінділері, полимерлер және т.б. модификациялаушы қоспалар ретінде қолданылады [18]. Сондықтан органикалық байланыстырғыштың тұтқырлық сипаттамаларын жақсарту үшін «КМА», «Elvaloy», «Kraton D-1184», «ТАРАС-Super» (TPS), «PR PLAST S», «VESTOPLAST» әртүрлі модификаторлар қолданылды (5-кесте):

**Кесте 5 – АБҚ модификаторларының сапасының негізгі көрсеткіштері**

№	Модификатордың атауы	Модификатордың сипаттамасы
1	«КМА» кешенді модификаторы	Автомобиль жолдарын, өнеркәсіп алаңдарын және аэродромдарды жабуға қолданылады. Беткі қабаты ұсақ дисперсті белсенді резеңке ұнтағынан, минералды толтырғыштан, геледендіргіштен, адгезивтен және тігуші агенттен тұрады, араластыру арқылы өндіріледі.
2	«Elvaloy» полимері	Бұл төмен температурада жарықшақтарға төзімділігі жоғары жол төсемін алуға мүмкіндік береді және сонымен бірге жоғары температурада шаршауға төзімділікті қамтамасыз етеді. Ыстыққа төзімділікті арттырады және байланыстырғыштың адгезиясын жақсартады, қосымша серпімділік береді және байланыстырғыштың жұмсару температурасын арттырады, сонымен қатар минералды толтырғышпен когезиясы мен жабысуын арттырады, бұл жол төсемінің эксплуатациялық сапасы мен қызмет ету мерзімін жақсартады.

Кесте 5 – АБҚ модификаторларының сапасының негізгі көрсеткіштері

3	«KRATON D-1184» маркалы полимері	Стирол (30%) және бутадиен негізіндегі тармақталған, ең тиімді блок-сополимер, ол шатыр рулондарын, жол термопластикасын және құбыр жабындарын өндіруде битум модификаторы ретінде, сондай-ақ желімдерді, тығыздағыштарды жасауда материал, жабындар және полимер модификациясында қолданылады.
4	«TAFPACK-SUPER» (TPS) маркалы полимері	Ол стирол-бутадиен-стиролдың блок-сополимері, суда ерімейтін сары түйіршіктер және жол битумының қасиеттерін өзгерту үшін қолданылады.
5	«PR PLAST S» қоспасы	МемСТ9128 және МемСТ12801 бойынша өндірілген асфальтбетонды жабындарда ойықтардың пайда болуын болдырмауға арналған. Ол асфальтбетон қоспаларының сығу кезіндегі беріктік шегі, ығысуға төзімділігі, созылу беріктігінің шегі, бөлінуі сияқты физикалық-механикалық қасиеттерін жақсарту үшін қолданылады.
6	«VESTOPLAST» маркалы полимері	Силан функционалдық тобы бар аморфты поли-альфа-олефин. Асфальтбетонның беріктік қасиеттерін, суға төзімділігін және тозуға төзімділігін, сондай-ақ жоғары және төмен жұмыс температураларында деформацияға төзімділігін арттырады, жол беттеріндегі толқындар мен ойықтарды азайтады, осылайша олардың жөндеу аралық және қызмет ету мерзімін арттырады.

**Зерттеу нәтижесі.** Қарасаз-Таспас кен орнындағы МБЖ негізінде асфальтбетонның физика-механикалық сипаттамаларын анықтау нәтижелері 6-кестеде келтірілген.

Кесте 6 – Модификаторсыз Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ негізіндегі В типті асфальт қоспасының физика-механикалық сипаттамасы

№	Асфальтбетон қоспасының құрамы	Сапа көрсеткіштері					
		Сығу кезіндегі беріктік шегі, МПа			Суға төзімділігі	Сумен қанығуы, %	Орташа тығыздығы, г/см <sup>3</sup>
		50 °C	20 °C	0 °C			
1	МемСТ 9128-2013 бойынша норма	> 0,9	> 2,2	< 10	> 0,9	1,5–4,0	–
2	№2 құрам + БН 90/10 (3 %)	1,78	4,60	6,79	0,92	1,78	2,45
3	№2 құрам + БН 90/10 (2,5 %)	2,5	4,62	6,85	0,91	2,5	2,43
4	№2 құрам + БН 90/10 (2 %)	2,83	4,65	6,87	0,85	2,7	2,41
5	№2 құрам + БН 90/10 (1,5 %)	2,85	4,69	6,91	0,83	3,38	2,38
6	№2 құрам + БНД 40/60 (3,0 %)	0,84	2,57	4,94	0,98	5,20	2,44
7	№2 құрам + БНД 40/60 (2,5 %)	0,92	2,72	5,58	0,97	5,18	2,43
8	№2 құрам + БНД 40/60 (2,0 %)	0,94	2,88	5,61	0,96	5,12	2,41
9	№2 құрам + БНД 40/60 (1,5 %)	0,95	2,89	5,65	0,95	5,08	2,39
10	№3 құрам + БН 90/10 (3 %)	2,45	4,60	5,81	0,98	2,91	2,48
11	№3 құрам + БН 90/10 (2,5 %)	2,51	4,81	5,85	0,96	2,93	2,47

**Кесте 6 – Модификаторсыз Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ негізіндегі В типті асфальт қоспасының физика-механикалық сипаттамасы**

12	Состав №3 құрам + БН 90/10 (2 %)	2,75	4,85	5,89	0,89	3,15	2,46
13	№3 құрам + БН 90/10 (1,5 %)	2,81	4,89	5,91	0,85	3,38	2,44
14	№3 құрам + БНД 40/60 (3,0 %)	0,86	2,61	5,31	0,89	4,99	2,47
15	№3 құрам + БНД 40/60 (2,5 %)	0,89	2,69	5,47	0,88	5,15	2,46
16	№3 құрам + БНД 40/60 (2,0 %)	0,93	2,78	5,53	0,87	5,11	2,45
17	№3 құрам + БНД 40/60 (1,5 %)	0,94	2,81	5,59	0,85	5,13	2,43
18	№3 құрам + ТБ гудрон (3 %)	0,83	2,53	4,85	0,95	5,00	2,35
19	№3 құрам + ТБ гудрон (2,5 %)	0,86	2,63	4,65	0,94	5,11	2,34
20	№3 құрам + ТБ гудрон (2 %)	0,91	2,81	4,71	0,95	5,02	2,36
21	№3 құрам + ТБ гудрон (1,5 %)	0,93	2,93	4,75	0,94	5,09	2,37

Кестедегі мәліметтерден Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ негізіндегі АБҚ № 2 және № 3 құрамы байланыстырғыш ретінде БН 90/10 құрылыс битумын массасының сәйкесінше 3% және 2,5% мөлшерінде пайдаланатынын көруге болады және физикалық-механикалық сипаттамалары бойынша жоғары өнімділікке ие. Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ негізінде №2 АБҚ құрамы 3%-тен 1,5%-ға дейін массалық мөлшерінде байланыстырушы ретінде БНД 40/60 маркалы жол битумын қолданғанда, МемСТ 9128-2013 сумен қанығу бойынша талаптарына сәйкес келмейді. Кестеден көріп отырғанымыздай, байланыстырушы зат ретінде БНД 40/60 маркалы жол битумын 3%-дан 1,5%-ға дейін массалық мөлшерінде қолданған Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ негізіндегі № 3 АБҚ құрамы МемСТ 9128-2013 сумен қанығу бойынша және суға төзімділігі талаптарына және БНД 40/60 3 және 2,5% концентрацияларында беріктік сипаттамалары бойынша сәйкес келмейді.

Ұзақ уақыт бойы суға қаныққан кезде минералды материалдардан жасалған асфальтбетон құрылымының тұрақтылығы материалдың сумен әрекеттесуі кезінде құрылым түзілу процестерінің ерекше механизмімен түсіндіріледі. Минералды материалдардың сумен әрекеттесуі олар қабылданған сәттен басталады. Минералды материалды қыздыру және оны битуммен біріктіру кезінде гидролиз бен гидратация процестері күшейеді. Суға қаныққан кезде минералды материалдардан асфальтбетонның құрылымы коагуляциялық болады. Минералды материалдардан жасалған асфальтбетон сумен қаныққан кезде, ең алдымен, битум мен минералды материал арасындағы адгезиялық байланыстардың беріктігінің жоғарылауына байланысты, құрылымның баяу қатаю және тұрақтандыру процестері жүреді, бұл гидратациялану кезінде материалдың модификациялануымен қамтылады. Минералды материалдарды пайдаланған кезде битум жарғағының астына енген су гидратациялануға жұмсалады. Нәтижесінде минералды материалдардан асфальтбетонның құрылымы коагуляциялық құрылымнан коагуляциялық-конденсациялық құрылымға айналады.

Байланыстырғыш зат ретінде БНД 40/60 маркалы жол битумын қолданумен №2 АБҚ-да «КМА» (2 масс.%), «TPS» (0,6 масс.%) «VESTOPLAST (1% масс.%)

маркалы модификаторларды қолдануға болмайды, себебі беріктік сипаттамалары бақылау үлгісімен салыстырғанда айтарлықтай төмен. Байланыстырғыш зат ретінде БНД 40/60 маркалы жол битумын пайдаланғанда №3 АБК-да «Kraton D-1184» (5, 7 масс.%), «VESTOPLAST (1 масс.%), «PR PLAST S» (1 масс.%) Kraton D-1184 (мас. 5,7%), VESTOPLAST (1%), PR PLAST S (1%) модификаторларын қолдану орынды, өйткені сумен қанығуы мен суға төзімділігі сияқты көрсеткіштер жақсарды (кесте 7).

**Кесте 7 – Өртүрлі модификаторлары бар Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ негізіндегі В типті асфальт қоспасының физика-механикалық сипаттамасы**

№	Асфальтбетон қоспасының құрамы	Сапа көрсеткіштері					
		Сығу кезіндегі беріктік шегі, МПа			Суға төзімділігі	Сумен қанығуы, %	Орташа тығыздығы, г/см <sup>3</sup>
		50 °С	20 °С	0 °С			
1	МемСТ 9128-2013 бойынша норма	> 0,9	> 2,2	< 10	> 0,9	1,5–4,0	–
2	№2 құрам + БНД 40/60 (2%) + КМА (2%)	0,73	2,23	4,29	0,96	5,75	2,40
3	№2 құрам + БНД 40/60 (2%) + VESTOPLAST (1%)	0,82	2,52	4,22	0,88	0,68	2,47
4	№2 құрам + БНД 40/60 (2%) + TPS (0,6%)	0,84	1,79	3,76	0,87	3,34	2,45
5	№3 құрам + БНД 40/60 (2%) + КМА (2%)	0,73	2,23	4,29	0,96	5,75	2,40
6	№3 құрам + БНД 40/60 (2%) + PR PLAST S (0,8%)	1,05	3,76	5,64	0,89	3,14	2,42
7	№3 құрам + БНД 40/60 (2%) + PR PLAST S (1%)	1,46	3,86	5,54	0,96	2,51	2,42
8	№3 құрам + БНД 40/60 (2%) + Elvaloy (2%)	0,73	2,82	2,40	0,85	1,67	2,46
9	№3 құрам + БНД 40/60 (2%) + Kraton D-1184 (5%)	1,15	3,52	4,76	0,94	2,82	2,48
10	№3 құрам + БНД 40/60 (2%) + Kraton D-1184 (7%)	1,05	3,09	5,94	0,97	2,93	2,46
11	№3 құрам + БНД 40/60 (2%) + VESTOPLAST (1%)	1,36	2,30	3,90	0,91	1,99	2,45
12	№3 құрам + ТБ гудрон (2%) + PR PLAST S (1%)	1,43	3,79	5,42	0,95	2,45	2,36
13	№3 құрам + ТБ гудрон (2%) + VESTOPLAST (1%)	1,42	2,76	4,21	0,91	1,75	2,38

№3 АБҚ құрамында «VESTOPLAST (1%), «PR PLAST S» (1%) маркаларының модификаторларын байланыстырғыш ретінде гудронды пайдаланған жөн, өйткені қоспалар барлық жағынан МемСТ-қа сәйкес келеді.

Белгілі болғандай, асфальтбетонды минералды материалдардың бетін белсендірудің ең тиімді жолы механикалық-химиялық (минералды материалдың БАЗ, олигомер, органикалық байланыстырғыш заттармен бірге БАЗ, полимерлер ортасында интенсивті дисперстілігі) болады [19].

Механикалық-химиялық активтену кезінде минералды материалдар мен сорбент радикалдарының реакцияға қабілетті жаңа беттері пайда болады, бұл минералды бөлшектерде жоғары құрылымды органикалық байланыстырғыштың бастапқы жанасу қабатының түзілуіне әкеледі, бұл бірінші кезекте минералды ұнтақ пен оны пайдалану арқылы алынатын төзімділігі жоғары асфальтбетондар қасиеттерін өзгертеді.

Минералды материалдың бетінің полимерлермен немесе олигомерлермен модификациясы оның полимер битум байланыстырғышымен максималды жақындығына әкеледі, бұл битум полимерлі байланыстырғыштың толық жұғуын қамтамасыз етеді. Молекулааралық әрекеттесулердің барлық түрлері пайда болуы мүмкін битум-полимерлі байланыстырғыш пен минералды ұнтақтың олеофильді бетінің максималды жақындауы жүреді.

Адгезия – бұл жүйенің беттік энергияны азайтуға ұмтылуының нәтижесі, фазааралық өзара әрекеттесу. Адгезия процесін минералды материалдың бетіне битумды байланыстырғыштың адсорбциясы ретінде қарастыруға болады. Адсорбция молекулааралық әрекеттесу есебінен жүреді, ал адгезия, сәйкесінше, осы әрекеттесу жақсарған сайын артады және бұл оның құрамына белсенді функционалды топтары бар полимерлі қоспаларды енгізу арқылы битумды байланыстырғыштың белсенділігін арттыру арқылы қол жеткізіледі [20].

Қолданылатын полимерлердің макромолекуласының құрылымында полярлы карбонил, гидроксил функционалды топтары және қос көміртек-көміртекті байланыстар болады, олар минералды материалдың бетіне адсорбцияланады, сол арқылы адгезияны арттырады. Осылайша, полимер молекулалары битум мен минералды материалды байланыстырады, бұл асфальтбетонның барлық сипаттамаларын жақсартуға әкеледі.

Осылайша, жүргізілген зерттеулер негізінде Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ негізінде АБҚ №2 және №3 және БН 90/10 маркалы құрылыс битумының; «PR PLAST S», «VESTOPLAST» және «Kraton D-1184» маркалы модификаторларды пайдалана отырып, Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ негізіндегі АБҚ №3 және БНД 40/60 маркалы жол битумдары МемСТ 9128-2013 талаптарына сәйкес келеді.

**Қорытынды.** Зерттеу нәтижесінде Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ (кир) негізінде ыстық АБҚ келесі құрамдары (массалық %) анықталды:

**№2 құрам**


- |  |       |
|--|-------|
| • 5–20 мм фракциялы қиыршық тас        | 41    |
| • 0–5 мм фракциялық ұсақтауды сүзгілеу | 20    |
| • минералды ұнтақ                      | 6     |
| • Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ (кир) | 33    |
| • БН 90/10 маркалы құрылыс битумы      | 2,5–3 |



**№3 құрам**

• 5–20 мм фракциялы қиыршық тас	45 жоғары
• 0–5 мм фракциялық ұсақтауды сүзгілеу	17
• минералды ұнтақ	5
• Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ (кир)	33
• БНД 40/60 маркалы битум немесе ТБ гудроны	2
• «PR PLAST S» немесе «VESTOPLAS» модификаторлары	1

Жүргізілген зерттеулер жол жамылғысының беріктігі мен эксплуатациялық көрсеткіштерін қамтамасыз ететін Б типті І сортты ыстық асфальтбетонның құрамдас бөлігі ретінде Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ (кир) пайдаланудың техникалық мүмкіндігін көрсетті.

Қарасаз-Таспас кен орнының МБЖ (кир) АБҚ құрамдарында пайдалану мұнай битумын 55%-ға дейін үнемдеуге әкелетіні, ал табиғи битумды айдаудың дистиллят фракциясын (қалдығын) пайдалану, асфальтбетонның өзіндік құнын айтарлықтай төмендетуі мүмкін екендігі анықталды. Экономикалық тиімділікке АБҚ құрамындағы мұнай битумының мөлшерін азайту (7–8 масс.%-дан 2–3 масс.%-ға дейін), сондай-ақ олардың эксплуатациялық сипаттамаларын жақсарту нәтижесінде жол төсемдерінің қызмет ету мерзімін арттыру арқылы қол жеткізіледі. 

**ӘДЕБИЕТТЕР**

- 1 Hein F.J. Heavy oil and oil (tar) sands in North America: An overview and summary of contributions // Nat. Resourc. – 2006. - №15 (2) – S. 67-84.
- 2 Meyer R.F., Freeman P.A. Siberian platform: Geology and natural bitumen resources // Geological Survey. – 2006. -1316. - S. 24 (<http://pubs.usgs.gov/of/2006/1316/>).
- 3 Schamel S., Overland S., Ibatullin R. // Bitumen heavy oil committee commodity report // Nat. Resourc. - 2015. –№15. – 55 s.
- 4 Zou C., Zhu R., Tao S., Hou L., Yuan Z., Song Y., Niu J., Dong D., Liu S., Jiang L., Wang S., Zhang G. Unconventional Petroleum Geology. - Petroleum Industry Press, Elsevier Inc., 2013. – 373 s.
- 5 Masliyah J.H., Czamecki J., Xu, Z. Handbook on theory and practices of bitumen recovery from Athabasca oil sands: Volume 1. - Theoretical basis. Kingsley Knowledge Publishing, 2011. – 468 s.
- 6 Putnam P., Russel-Houston J., Christensen S.L. Comparison of McMurray Formation (Lower Cretaceous) and Grosmont Formation (Upper Devonian) bitumen reservoirs with some speculations, from a geological perspective, on the future of Canadian thermal recovery // Bull. Can. Petrol. Geol. - 2016. - № 64 (2). – S. 324-353.
- 7 Zhao D., Wang J., Gates I.D. An evaluation of enhanced oil recovery strategies for a heavy oil reservoir after cold production with sand. // Energy Res. – 2015. - [http:// dx.doi.org/10.1002/er.3337](http://dx.doi.org/10.1002/er.3337).
- 8 Xu S. Evaluation of properties of Trinidad Lake Asphalt and SBS-modified petroleum asphalt // Petroleum Science and Technology. – 2019. – 37. – №. 2. – S. 234-241.
- 9 Kök B. V. et al. Evaluation of the mechanical properties of natural asphalt-modified hot mixture // International journal of materials research. – 2012. – 103. – №. 4. – S. 506-512.
- 10 Zhou B. Feasibility Study of Lean Oil Sand as Base and Surface Material on Gravel Roads in Alberta. MS thesis. – University of Waterloo. – 2019.

- 11 Vrtis M.C., Romero P. Creating a Performance-Based Asphalt Mix Design to Incorporate Oil Sand //Airfield and Highway Pavements. - 2015. – S. 53-61.
- 12 Vrtis M. C. Creating a performance-based asphalt mix design to incorporate Uinta Basin oil sands. – The University of Utah. - 2013.
- 13 Pei X. The effect of oil sands de-oiled asphalt on rheological properties, compatibility and stability of asphalt binder //Construction and Building Materials. – 2020. – 263. – S. 120594.
- 14 Nawarathna C. Use Atypical Asphalt Binders From Alberta Oilsand Sources For the Effective Recycling Of Asphalt Pavement. Doctoral dissertation. – Queen's University (Canada), 2021.
- 15 Caro S., Sánchez D. B., Caicedo B. Methodology to characterise non-standard asphalt materials using DMA testing: application to natural asphalt mixtures //International Journal of Pavement Engineering. – 2015. – 16. – №. 1. – S. 1-10.
- 16 Абдикаримов М.Н., Тургумбаева Р.Х. Композиты на основе нефтеситуминозных пород казахстана // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 7. – С. 163–166. [Abdikarimov M.N., Turgumbayeva R.H. Composites based on oil-bitumen rocks of Kazakhstan // International Journal of Experimental Education. - 2015. – № 7. – S. 163-166.]
- 17 Медиева Г.А., Ашимахун А.А., Темен А.А. Экономические вопросы дорожного строительства при использовании нефтеситуминозных пород // Science and world. – 2014. - № 9. - С. 70–72. [Medieva G.A., Ashimakhun A.A., Tomin A.A. Economic issues of road construction when using oil-bitumen rocks // Science and world. – 2014. - № 9. - S. 70-72. ]
- 18 Абдуллин А.И., Емельянычева Е.А. Использование технического углерода в качестве добавки к дорожным битумам // Вестник Казанского технологического университета. - 2014. - № 2. - С. 275–278. [Abdullin A.I., Emelianycheva E.A. The use of carbon black as an additive to road bitumen // Bulletin of Kazan Technological University. - 2014. - № 2. - S. 275-278.]
- 19 Братчун В.И., Беспалов В.Л., Пактер М.К., Самойлова Е.Э. Теоретико-экспериментальные принципы получения дорожных бетонов на органических вяжущих повышенной долговечности с комплексномодифицированной структурой // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – Макіївка : ДонНАБА. - 2012. – №93. – С. 25–40. [V. I. Bratchun, V. L. Bespalov, M. K. Pakter, E. E. Samoilova et al. Theoretical and experimental principles of obtaining road concretes on organic binders of increased durability with a complex modified structure // Bulletin of the Donbass National Academy of construction and architecture. - Makeyevka: Donnaba. - 2012. - № 93. - S. 25-40.]
- 20 Розенталь Д.А. Изменение свойств дорожных битумов // Химия и технология топлив и масел. - 2000. - №4. - С.41-43. [Rozental' D.A. Izmenenie svojstv dorozhnyh bitumov // Himiya i tekhnologiya topliv i masel. - 2000.- №4. - S.41-43.]