

ӨОЖ 66.084.6
ГТАХР 61.53.13

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108762>

Қабылданды: 06.06.2024.

Мақұлданды: 10.09.2024.

Жарияланды: 30.09.2024.

Түпнұсқа зерттеу

Мұнайбитумды жыныстардан таушайырды бөліп алуға ультрадыбыстық технологияның әсерін зерттеу

Е.И. Иманбаев¹, Е.К. Оңғарбаев^{1,2}, Ж.К. Мылтықбаева², А.К. Серикказинова²,
А.Қ. Малаев², Д. Мұқталы², Е. Тілеуберді³, Е.О. Аяпбергенов⁴

¹Жану проблемалары институты, Алматы қаласы, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қаласы, Қазақстан

³Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қаласы, Қазақстан

⁴КМГ Инжиниринг ЖШС филиалы «ҚазмұнайгазГЗЖИ», Ақтау қаласы, Қазақстан

АННОТАЦИЯ

Негіздеу. Қазіргі таңда еліміздегі мұнайбитумды жыныстардан мақсатты өнімдер алуға бағытталған зерттеулер аз жүргізілуде. Атап айтқанда, ультрадыбыстық әсерімен экстракция үдерісін жүргізу әдісіне арналған ғылыми зерттеулер бейдәстүрлі технологиялар қатарына жатқызылады. Жер бетіне шығумен әрі ашық алаңда орналасуымен ерекшеленетін мұнайбитумды жыныстастар зерттеу нысаны болып табылады. Атмосферада ашық ұзақ жатуы оның жеңіл фракциялардың жоғалуына алып келген, ал ауыр мұнай компоненттері әртүрлі техногендік факторлардың әсеріне ұшырап тотығу процестері жүрген. Бұл үдерістер құрамы күрделі аса ауыр мұнайлар мен қатты таушайырлардың пайда болуына әкелген.

Мақсаты. Қазақстандағы таушайыр тапшылығының орнын толтыру мақсатында мұнайбитумды жыныстардан таушайырды экстракциялау үшін ультрадыбыстық технологияның әсерін зерттеу әрі пайда болған өнімдердің физикалық және химиялық сипаттамаларын анықтау.

Материалдар мен әдістер. Қарастырылып отырған үдерістің артықшылықтары артарлықтай жоғары, соның ішінде, су мен энергия көздерін үнемдеу, аз уақыт аралығында өнім шығымын арттыру және өндірісте ықшам қондырғыны ұйымдастыруға мүмкіндігі бар. Ультрадыбыстық әсер беру технологиясын зерттеуде қажетті жиілік пен қуатты анықтау – негізгі үдеріс сипаттамаларын болып табылады. Жүргізілген зерттеулер ультрадыбыстық кавитациялау кезінде қатынасы әртүрлі сілтілік ортада мұнайбитумды тау жыныстарынан табиғи битумды бөліп алу дәрежесінің артқанын көрсетті.

Нәтижелері. Сөйтіп, пайдаланылған ультрадыбыстық технология нәтижесінде мұнайбитумды жыныстардан экстракцияланған таушайырдың физикалық-химиялық сипаттамалары талданды.

Қорытынды. Технологияны зертханада ұйымдастыру басырында үдерістің оңтайлы сипаттамалары айқындалынды. Қуат көзін реттеу барысында, ультрадыбыстың, мұнайбитумның құрамындағы сазды қосылыстар табиғи таушайырды бөліп алуына тікелей әсер етеді. Мұнайлы Мола кенорнының мұнайбитумды жыныстардан табиғи таушайырды экстракциялауда ультрадыбыс арқылы әсер ету технологиясының болашағы зор әрі өндірісте қолдануға болады.

Негізгі сөздер: табиғи таушайыр, мұнайбитумды жыныстар, ультрадыбыстық технология, сілтілік орта, кавитация.

Дәйексөз келтіру үшін:

Иманбаев Е.И., Оңғарбаев Е.К., Мылтықбаева Ж.К., Серикказинова А.К., Малаев А.Қ., Мұқталы Д., Тілеуберді Е., Аяпбергенов Е.О. Мұнайбитумды жыныстардан таушайырды бөліп алуға ультрадыбыстық технологияның әсерін зерттеу // Қазақстанның мұнай-газ саласының хабаршысы. 2024. 6 том, №3. 94–101 б. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108762>.

UDC 66.084.6
CSCSTI 61.53.13

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108762>

Received: 06.06.2024.

Accepted: 10.09.2024.

Published: 30.09.2024.

Original article

Study of the effect of ultrasonic technology on the extraction of bitumen from bituminous rocks

Yerzhan I. Imanbayev¹, Yerdos K. Ongarbayev^{1,2}, Zhannur K. Myltykbaeva², Akbota K. Serikkazinova², Aldiyar K. Malayev², Dinara Mukhtaly², Yerbol Tileuberdi³, Yerbolat O. Ayapbergenov⁴

¹Institute of Combustion Problems, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

³Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

⁴Branch of KMG Engineering “KazNIPImunaigas”, Aktau, Kazakhstan

ABSTRACT

Background: Nowadays, there are few studies focused on the extraction of targeted products from bituminous rocks. Published research on the use of ultrasound for bitumen extraction refers to unconventional technologies. A distinctive feature of the bituminous rocks under study is their exposure at the surface, where they are situated in open areas. Due to various technogenic factors and prolonged atmospheric, light fractions are lost, while the heavier components undergo oxidation. These processes lead to the formation of heavy oils and hard bitumens with complex composition.

Aim: To study the effect of ultrasonic technology on the bitumen extraction of from bituminous rocks and to determine the physical and chemical properties of the product obtained.

Materials and methods: Thy ultrasonic method has many benefits, in particular energy and water savings, high productivity within a short period of time, and possibility of organizing a mobile unit installation at the production site. The main process parameters includes the determination of the required frequency and power depending on the object of ultrasound technology research. The results of the work have demonstrated that ultrasonic cavitation of bituminous rocks in an alkaline medium increases the degree of bitumen extraction.

Results: The physical and chemical properties of bitumen obtained as a result of studying the effect of ultrasonic technology on bitumen extraction from oil-bituminous rocks were determined.

Conclusion: The study identified the optimal process parameters based on the specific research object. When selecting the ultrasonic power it was found that clay compounds of bituminous rocks have a direct effect on the extraction of natural bitumen. It was demonstrated that ultrasound technology is a promising and industrially applicable technology for extracting bitumen from the bituminous rocks of the Munaily Mola field.

Keywords: bituminous rocks; natural bitumen; ultrasonic technology; alkaline solution; cavitation.

To cite this article:

Imanbayev YI, Ongarbayev YK, Myltykbaeva ZK, Serikkazinova AK, Malayev AK, Mukhtaly D, Tileuberdi Y, Ayapbergenov YO. Study of the effect of ultrasonic technology on the extraction of bitumen from bituminous rocks. *Kazakhstan journal for oil & gas industry*. 2024; 6(3):94–101. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108762>.

УДК 66.084.6
МРНТИ 61.53.13

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108762>

Получена: 06.06.2024.

Одобрена: 10.09.2024.

Опубликована: 30.09.2024.

Оригинальное исследование

Исследование влияния ультразвуковой технологии на экстракцию битума из нефтебитуминозных пород

Е.И. Иманбаев¹, Е.К. Онгарбаев^{1,2}, Ж.К. Мылтыкбаева², А.К. Серикказинова²,
А.К. Малаев², Д. Мукталы², Е. Тилеуберди³, Е.О. Аяпбергенов⁴

¹Институт проблем горения, г. Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

³Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

⁴Филиал КМГ Инжиниринг «КазНИПИМунайгаз», г. Актау, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В настоящее время в стране мало научных работ по получению целевого продукта из нефтебитуминозных пород (далее – НБП). Опубликованные исследования по использованию ультразвука для экстракции битумов относятся к нетрадиционным технологиям. Отличительной особенностью исследуемых НБП является то, что эти породы выходят на поверхность и расположены на открытой местности. Под воздействием различных техногенных факторов, а также под длительным воздействием атмосферы происходит потеря лёгких фракций, и тяжёлые компоненты нефти подвергаются окислению. В результате формируются тяжёлые нефти, твёрдые и сложные битумы.

Цель. Изучение влияния ультразвуковой технологии на извлечение битума из НБП и определение физико-химических характеристик получаемого нефтепродукта.

Материалы и методы. Ультразвуковой метод имеет множество преимуществ: экономия энергии и воды, высокая производительность за короткое время, возможность создания мобильной установки. Определение необходимой частоты и мощности в зависимости от объекта исследования ультразвуковой технологии является основным параметром процесса. Результаты проведенной нами работы показали, что в щелочной среде при ультразвуковой кавитации НБП степень извлечения битума увеличивается.

Результаты. Определены физико-химические характеристики битумов, полученных в результате изучения влияния ультразвуковой технологии на извлечение битума из нефтебитуминозных пород.

Заключение. В ходе исследования технологии были определены оптимальные параметры процесса в зависимости от объекта исследования. При выборе мощности ультразвука установлено, что глинистые компоненты в составе НБП оказывают значительное влияние на процесс извлечения природных битумов. Показано, что ультразвуковая технология является перспективным и промышленно применимым методом для извлечения природного битума из НБП месторождения Мунайлы Мола.

Ключевые слова: нефтебитуминозные породы, природный битум, ультразвуковая технология, щелочная среда, кавитация.

Как цитировать:

Иманбаев Е.И., Онгарбаев Е.К., Мылтыкбаева Ж.К., Серикказинова А.К., Малаев А.К., Мукталы Д., Тилеуберди Е., Аяпбергенов Е.О. Исследование влияния ультразвуковой технологии на экстракцию битума из нефтебитуминозных пород // Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана. 2024. Том 6, №3. С. 94–101. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108762>.

Кіріспе

Қосымша құны бар және сапалы химиялық материалдар мен мұнай өнімдерін өндіруде көмірсутегі шикізатын кешенді әрі ұтымды пайдалану Қазақстан Республикасының басты басымдылықтарының бірі саналады. ҚазМұнайГаз ұлттық компаниясы мәліметі бойынша, 2023 жылы елімізде ірі таушайыр зауыттары шамамен 1 миллионнан артық тонна жол құрылысына қажетті таушайыр өндірген [1]. Алайда, елімізде жыл сайын жол таушайырының тапшылығы байқалады, бұл оның сұранысының өсіміне байланысты жаңа көздерді қарастыру қажеттігін тудырады. Қарастырылып отырған мәселені шешуге берден бір жолы – Қазақстанда едәуір қоры бар бейдәстүрлі көмірсутегі шикізаты ретінде мұнайбитумды жыныстарды пайдалану болып табылады. 50-ден астам кен орны, сондай-ақ дәлелденген мұнайбитумды жыныстар, Батыс Қазақстанда шоғырланған. Алғашқы мәліметтерге сәйкес, тереңдігі 120 м болатын мұнайбитумды жыныстардың қоры 15–20 млрд т бар деп болжануда. Сондықтан, қазіргі таңда, мұнайбитумды жыныстардан табиғи таушайырды алу әдістерін, сондай-ақ бөліп алу үдерістерін енгізу аса маңызды [2]. Осыған байланысты, табиғи таушайырды бөлу үшін ультрадыбыстық үдерістерді пайдалану үлкен үміт беріп отыр, себебі оның тазалығы, төмен құны және жоғары тиімділігі бар. Атап айтқанда, жоғары қуатты (20–100 кГц) ультрадыбыс мұнай-су орталарына жақсы енеді және жоғары меншікті тығыздықтағы (10–1000 Вт/см²) энергияны өндіре алады [3]. Мұндай кавитация әсерлері мұнайбитумды жыныстардағы құм мен таушайыр молекулалары арасындағы байланысты бұзып, таушайырдың кен жыныстарынан бөлінуін арттырады. Дегенмен, акустикалық кавитацияның күрделі физика-химиялық сипаттамалары экстракция үдерісінің әртүрлі кезеңдері үшін жоғары қуатты ультрадыбыстық механизмнің жұмысын түсінуді қиындатады, бұл жұмыс сипаттамаларын оңтайландыру және тиімділікті арттыру үшін қажет.

Қатты заттар бар суспензияларда ультрадыбыстық кавитация бөлшектердің жойылуына әкелетін микроағындарды тудыратыны келесі зерттеулерде көрсетілген [4, 5]. Ультрадыбыс қатты-сұйықтық арасындағы шекарада сұйықтықтың қатты бөлшектердің тесіктеріне енуін жақсартады. Осылайша, авторлар [6] қос әдістерді, ультрадыбыстық кавитация мен химиялық, үйлестіріп, перспективалы гетерогенді қоспаларды алудың әдісі ретінде қарастырып, мұнайбитумды жыныстардан табиғи таушайырларды экстракциялаудың дәстүрлі үдерісіне тиімді балама бола алады деп есептейді. Зерттеулерде натрий силикаты (Na₂SiO₃), натрий гидроксиді (NaOH) мен натрий карбонаты (Na₂CO₃) сияқты әртүрлі сілтілік реагенттермен бірге ультрадыбыстық әдісті қолданумен

мұнайбитумды жыныстардан таушайырды экстракциялау мүмкіндігі қарастырылған. Сілтілі реагенттің концентрациясының 0,5%-дан 1% дейін арттыруы таушайырды бөлуді төмендетсе, одан жоғары 2%-дан концентрацияның артуы таушайырды экстракциялау тиімділігін арттыратыны анықталды. Реагенттің өте төмен концентрациясында таушайырдың құммен экстракциясы байқалды. Окава және оның әріптестері жиілігі 28 және 200 кГц-те ультрадыбыстың мұнайбитумды жыныстарға әсерін зерттеді [7]. Жоғары ультрадыбыстық жиіліктерде кавитация құбылыстарының артуы байқалған. Зерттеу нәтижесінде, H₂O₂ төмен концентрациясы 28 кГц жиіліктегі ультрадыбыспен табиғи таушайырды бөліп алу жылдамдығын арттырғаны анықталды. Осындай нәтижелерге Моңғолия мұнайбитум жыныстарын зерттеулер қол жеткізген [8].

Бұл ғылыми жұмыстың мақсаты – Қазақстандағы таушайыр тапшылығын жою мақсатында ультрадыбыстық технология бөліп алу әдісін одан жетілдіру арқылы мұнайбитумды жыныстардан табиғи таушайырды тез әрі өндірістік мақсатта пайдалану мүмкіндігін зерттеу және алынған өнімдердің физикалық-химиялық сипаттамаларын анықтау.

Эксперименттік бөлім

Жұмыста зерттеудің нысаны ретінде Атырау облысындағы Иманқара тауының солтүстік-шығысында орналасқан Жылыой ауданына тиесілі мұнайбитумды жыныстар кенорны Мұнайлы Мола зерттелді. Кенорын қалыңдығы 0,2 м-ден 1 м-ге дейін жететін қара-сұр түсті тығыз қатайған қыртыспен сипатталады. Оның астында қалыңдығы 1 м-ден 10 м-ге дейінгі жартылай қатты қара-қоңыр салмақ түріндегі борпылдақ жыныстардың қабаттары орналасқан-ды.

Мұнайлы Мола мұнайбитумынан органикалық еріткіштермен алынған табиғи таушайырының негізгі физикалық-химиялық көрсеткіштері 1-кестеде көрсетілген.

Мұнайбитумды жыныстан органикалық еріткішпен экстракциялау арқылы бөліп алынған табиғи таушайырдың шығымы 99...100 %. Бөлініп алынған табиғи таушайырының тығыздығы мен құрамындағы асфальттендердің жоғары болуымен ерекшеленеді. Хроматографиялық инструменталдық әдісімен анықталған құрамындағы қаныққан және ароматты көмірсутектердің мөлшері 48,2 масс.%-ды құрайды. Табиғи таушайырдың жылу сыйымдылығы жоғары, құрамындағы механикалық қоспалардың массалық үлесінің төмендігімен сипатталады.

Алынған мәліметтердің [9] басқа зерттеулерден ерекшелігі: біріншіден, экстракциялау мен үлгілерді бөліп алу әдістері; екіншіден, мұнайбитумды Мұнайлы Мола кенорында жыныстың шоғырлану тереңдігіне

сәйкес табиғи таушайырдың үлес салмағы мен құрамының өзгеретіндігінде, атап айтқанда, қабат тереңдігіне қарай таушайырдың үлесінің де артуы. Мұнайбитумды жыныстардан табиғи таушайырды ультрадыбыстық әдіспен алу зертханалық қондырғыда (МЛУК-3/22-ОЛ) 1-суреттегі сызбанұсқаға сәйкес жүргізілді. Толық ақпарат келесі ғылыми жұмыста келтірілген [9].

Мұнайбитумды жыныс 1-ден 10 мм-ге дейін ұсақталып, өлшенгеннен кейін 500 мл химиялық стаканға салынады. Оған 200 мл су құйылып, қажетті сілтілі ортаны дайындау үшін тиісті реагенттің белгілі бір мөлшері қосылды. Ультрадыбыстық бөлу әдісі натрий немесе калий гидроксидінің (NaOH, KOH) сулы ерітіндісінде, рН деңгейі 12 немесе одан жоғары болғанда жүзеге асырылады. Тәжірибе нәтижелеріне сәйкес, мұнайбитумды жыныс пен ерітіндінің оңтайлы қатынасы 1 : 2 (50 г мұнайбитумды жыныс және 100 г ерітінді). Ультрадыбыстық бөлу үдерісі 15 мин ішінде аяқталып, таушайыр ерітіндінің бетіне қалқып шығады, ал ауыр минералды бөлігі түбіне шөгінеді. Ерітіндідегі қалған органикалық б-бөлігі мен шөгінген бөлігі, минералдар, қағаз сүзгісінен өткізіліп, салмағы тұрақталғанша дейін кептірілді, содан соң өлшенеді. Материалдық баланс үдеріс аяқтаннан соң жасақталды.

Зерттеу нәтижелері

Төменде (2-кесте) ультрадыбыстың қуат көзі 320 Вт-та Мұнайлы Мола кенорынына ультрадыбыстық жиіліктің табиғи битумның шығымына әсері ету нәтижелері көрсетілген.

Зерттеу барысында 320 Вт ультрадыбыстық қуатымен мұнайбитумды жыныстан алынатын битум мөлшері төмен екені анықталды.

Кесте 1. Мұнайбитумды жыныстың табиғи таушайырының физикалық-химиялық көрсеткіштері

Table 1. Physicochemical parameters of natural bitumen of bituminous rocks

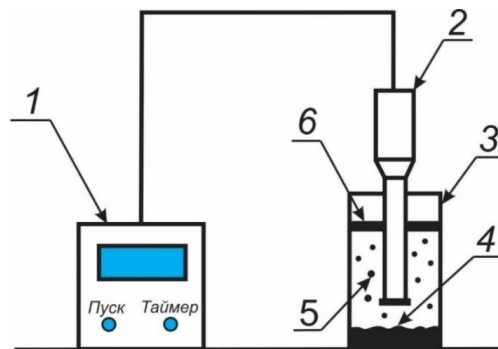
Атауы Parameter	Өлшем бірлігі Unit of measurement	Мұнай- лы Мола Munaily Mola
Табиғи таушайыр мөлшері / Bitumen content: асфальтендер / asphaltenes; майлар / oils; шайырлар / resins	масс. %	22–25 14,5 48,2 37,3
Тығыздығы / Density	кг/м ³	992,0
Жылу сыйымдылығы / Heat capacity	кДж	23440
Күлділік дәрежесі / Ash content	масс. %	0,9
Морт сыну температура- сы / Brittleness temperature	°C	-11,0
Механикалық қоспалар / Mechanical impurities	масс. %	0,71

Ультрадыбыс жиілігін арттыру үдеріске айтарлықтай әсер етпейді, тек ғана калий мен натрий гидроксиді ерітінділерінде лайлану байқалады. 80 кГц ультрадыбыстық жиілікте табиғи битум шығымы 0,7 масс. % ғана құрады. Табиғи битум шығымының төмендігі жыныс пен табиғи битум арасында сазды қабаттың болуымен түсіндіріледі. Бұл сазды қабат пен табиғи битумының арасында берік химиялық байланыстардың болуы мүмкін екендігін көрсетеді. Ультрадыбыстық қуатты одан әрі арттыру табиғи битум шығымының өсуіне алып келеді (2-кесте).

3-кестеде ультрадыбыс қуаты 1500 Вт-та табиғи битумның шығымына ультрадыбыстық жиіліктің әсерін зерттеу нәтижелері көрсетілген. Натрий және калий гидроксидтерінің (NaOH, KOH) ерітінділерінде алынған нәтижелер барлық ультрадыбыстық жиілік диапазонында табиғи битум шығымы 98 масс. % екенін көрсетті. Табиғи битумды таза сумен бөліп алу (экстракция) кезінде табиғи битумдың шығымы ультрадыбыстық жиіліктің жоғарылауымен артатыны анықталды. 80 кГц ультрадыбыстық жиілікте таза сумен табиғи битумдың шығымы 98 масс. % құрайды. Әрі қарай зерттеу үшін 22 кГц ультрадыбыстық жиілік таңдап алынды, өйткені бұл мұнайбитумды жыныстардан битум алу әдісінің энергоресурс сыйымдылығын азайтуға мүмкіндік береді.

4-кестеде мұнайбитумды жыныстардан табиғи битумды бөліп алу дәрежесіне ультрадыбыстық жиілігі 22 кГц болған жағдайда ультрадыбыс қуатының өзгеру әсері бойынша мәліметтер келтірілген.

Алынған нәтижелер ультрадыбыс қуатының артуымен табиғи битумның шығымының



Сурет 1. Мұнайбитумды жыныстан табиғи битумды бөліп алу қондырғысының сызбанұсқасы

Figure 1. Schematic diagram of the unit for separation of bitumen from bituminous rocks
1 – ультрадыбыстық генератор / ultrasonic generator;
2 – толқын шығарғыш / waveguide; 3 – химиялық стакан / chemical beaker; 4 – мұнайбитумды жыныс / bituminous rocks; 5 – көтеріліп жатқан битум тамшылары / rising bitumen drops; 6 – битум қабаты / bitumen layer

Кесте 2. Тұрақты қуатта (320 Вт) ультрадыбыс жиілігінің табиғи битумды экстракциялау дәрежесіне әсері

Table 2. Effect of ultrasound frequency at ultrasound power (320 W) on the degree of natural bitumen extraction

Ультрадыбыс жиілігі, кГц Ultrasound frequency, kHz	NaOH ерітіндісі қатысында With NaOH solution	KOH ерітіндісі қатысында With KOH solution	Таза су қатысында Clean water
	Битумды бөліп алу дәрежесі, масс. % Degree of bitumen extraction, mass. %		
22	0,1	0,1	0,0
33	0,3	0,3	0,0
40	0,5	0,5	0,1
59	0,6	0,6	0,3
80	0,6	0,6	0,4

Кесте 4. Табиғи таушайырды бөліп алу дәрежесіне ультрадыбыс қуатының әсері

Table 4. Effect of ultrasound power on the degree of natural bitumen extraction

Ультрадыбыс қуаты, Вт Ultrasound frequency, kHz	NaOH ерітіндісі қатысында With NaOH solution	KOH ерітіндісі қатысында With KOH solution	Таза су қатысында Clean water
	Битумды бөліп алу дәрежесі, масс. % Degree of bitumen extraction, mass. %		
180	8,3	9,2	0,2
320	43,8	47,6	0,6
800	49,4	54,1	1,1
1000	95,5	96,0	2,3
1500	98,0	98,0	80,1

да артатынын көрсетті. Табиғи таушайырының мұнайбитумынан бөліну дәрежесі ультрадыбыс қуаты 180 Вт-нда төмен екендігі анықталды, ал 9,2 масс.% табиғи таушайыр шығымы калий гидроксиді (KOH) ерітіндісінде бөлінді. Ультрадыбыс қуатын 320 Вт-қа артуы екі ерітіндіде 43 масс.%-дан жоғары болатынын көрсетті. Қуат көзі 800 Вт табиғи битумдың калий гидроксиді (KOH) ерітіндісіндегі экстракция дәрежесі 54,1 масс.%-ға дейін артты, ал таза су жағдайында не бары 1,1 масс.% құрады. Таза суды қолдану арқылы табиғи таушайырды бөліп алу жоғары

Кесте 3. Ультрадыбыс қуаты 1500 Вт кездегі ультрадыбыс жиілігінің табиғи битумды бөліп алу дәрежесіне әсері

Table 3. Effect of ultrasound frequency at 1500 W ultrasound power on the degree of natural bitumen extraction

Ультрадыбыс жиілігі, кГц Ultrasound frequency, kHz	NaOH ерітіндісі қатысында With NaOH solution	KOH ерітіндісі қатысында With KOH solution	Таза су қатысында Clean water
	Битумды бөліп алу дәрежесі, масс. % Degree of bitumen extraction, mass. %		
22	98,0	98,0	80,0
33	98,0	98,0	80,5
40	98,0	98,0	92,1
59	98,0	98,0	96,1
80	98,0	98,0	98,0

экстракциялау дәрежесін көрсетпейді, өнімділігі 80 масс.% ультрадыбыстың 1500 Вт қуатында ғана көрсетеді. Ол табиғи таушайырының құрамындағы сазды қосылыстарының және асфальтенді-шайырлы заттардың болуына байланысты болса керек.

Әдеби деректерден мұнайбитумды жыныстардың минералды бөлігінде кальций иондары табиғи табиғи битумының карбоксил топтарымен әрекеттесіп, саз минералдары мен табиғи битум арасында берік байланыс түзетін кальций карбоксилатын құрауы мүмкін. Бұл байланысты бұзу үшін беттік белсенді заттарды қолдану қажет, өйткені олар минералды құрамның табиғи таушайырмен байланысын әлсіретеді. Сондай-ақ, табиғи таушайыр шығымына ультрадыбыс қуатының әсері ерітіндідегі кавитациялық көпіршіктердің концентрациясымен байланысты: неғұрлым ультрадыбыс қуаты артқан сайын соғұрлым ерітіндідегі көпіршіктердің концентрациясы да артып, нәтижесінде табиғи таушайырдың минералды бөліктен бөліну дәрежесі де жоғарылайды.

Мұнайбитумды жыныстан табиғи таушайырды ультрадыбыспен бөліп алғаннан кейін оның физикалық-химиялық қасиеттері зерттелді (5-кесте).

Кесте 5. Ультрадыбыспен әсер ету үдерісінің көрсеткіштері

Table 5. Process parameters of ultrasound irradiation

Көрсеткіштердің атауы Name of parameter	Өлшем бірлігі Unit of measurement	NaOH ерітіндісі қатысында With NaOH solution	KOH ерітіндісі қатысында With KOH solution
Табиғи таушайыр сипаттамалары / Characteristics of natural bitumen: тығыздығы / density құрамындағы механикалық қоспаның мөлшері / mechanical impurity content	$r/cm^3/g/cm^3$ масс. %/ %mass	0,92 8,7	0,91 9,1
Үдеріс сипаттамалары / Process description: үдеріс уақыты / process time оңтайлы концентрация / optimum concentration ультрадыбыс қуаты / Ultrasonic power ультрадыбыс жиілігі / ultrasonic frequency ерітінді рН ортасы / pH of solution medium	мин./min моль/л/mol/l Вт/W кГц/kHz	15 0,25 1500 22 ± 2 12–14	15 0,18 1500 22 ± 2 12–14

Мұнайбитумына ультрадыбыстың әсері нәтижесінде механикалық қоспалардың массалық үлесі натрий гидроксиді (NaOH) ерітіндісінде 8,7 масс.% құраса, бұл көрсеткіш калий гидроксиді (KOH) ерітіндісінде 9,1 масс.% құрады.

Қорытынды

Мұнайлы Мола кенорнының мұнай-битумды жыныстарынан табиғи битумды ультрадыбыспен әсер ету арқылы бөліп алу тәжірибелік түрде зерттелді. Тәжірибе барысында ультрадыбыспен бөліп алу үдерісінің көрсеткіштерінің сипаттамалары: үдерістің уақыт созылымы 15 мин-қа дейін, оңтайлы натрий гидроксиді (NaOH) ерітіндісінің кон-

центрациясы 0,25 моль/л, калий гидроксиді (KOH) ерітіндісінікі–0,18 моль/л.

Ультрадыбыс қуатының тиімділігі зерттеу нәтижесінде зерттелген нысаны мен пайдаланылған натрий гидроксиді (NaOH) мен калий гидроксиді (KOH) еріткіштеріне байланысты анықталды. Тәжірибелік зерттеу жұмыстарының қорытындысына сәйкес 100%-ға дейін табиғи таушайыры экстракцияланды, және де ультрадыбыстың әсері барысында оның 2%-ға жуығы минералды құрамдас бөлікпен тұрақты суспензия түзді. Оны бұзу үшін қосымша органикалық еріткіштерді пайдалануды талап етіледі.

ҚОСЫМША

Қаржыландыру көзі. Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру бойынша №BR21882255 жобасымен қаржыландырылды.

Мүдделер қақтығысы. Авторлар осы мақаланы жариялауға байланысты айқын және ықтимал мүдделер қақтығысының жоқтығын жариялайды.

Авторлардың қосқан үлесі. Барлық авторлар өздерінің авторлығының ICMJE халықаралық критерийлеріне сәйкестігін растайды (барлық авторлар тұжырымдаманы әзірлеуге, зерттеу жүргізуге және мақаланы дайындауға айтарлықтай үлес қосты, жарияланғанға дейін соңғы нұсқасын оқып, мақұлдады). Ең үлкен үлес келесідей бөлінді: Иманбаев Е.И. – деректерді түсіндіру, қолжазбаны жазу және өңдеу; Оңғарбаев Е.К. – нәтижелерін тексеру, қолжазбаны өңдеу; Мылтықбаева Ж.К. – жұмыс түсінігі, мәліметтерді түсіндіру; Серикказинова А.К. және Малаев А.Қ. – эксперименталды жұмыстарды жүргізу; Мұқталы Д. және Тілеуберді Е. – жұмыстың орындалуын бақылау; Аяпбергенов Е.О. – алынған мәліметтерді талдау, түсіндіру.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. The research was financed under the project No. BR21882255 of program-targeted financing of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. The greatest contribution is distributed as follows: Yerzhan I. Imanbayev – interpretation of data, writing and editing of the manuscript; Yerdos K. Ongarbayev – checking the results, editing the manuscript; Zhannur K. Myltykbaeva – study design, interpretation of data; Akbota K. Serikkazinova & Aldiyar K. Malayev – conducting experiments; Dinara Mukhtaly & Yerbol Tileuberdi – supervision of study conduct; Yerbolat O. Aypbergenov – analysis and interpretation of obtained data.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. kmg.kz [интернет]. Жол битумы. Тапшылық проблемасы қалай шешіліп жатыр [жүгінген күні 05.06.2024]. Сілтеме арқылы кіру: <https://www.kmg.kz/press-center/articles/bitum-def/>.
2. Шаропин А., Оңғарбаев Е., Иманбаев Е., и др. Различные методы и механизмы выделения органического вещества из нефтешламовых пород // Промышленность Казахстана. 2018. №1(102). С. 35–39.
3. Qiu L.Q., Zhang M., Chitrakar B., Bhandari B. Application of power ultrasound in freezing and thawing Processes: Effect on process efficiency and product quality // Ultrasonics Sonochemistry. 2020. Vol. 68. doi: 10.1016/j.ultsonch.2020.105230.
4. Xiaoming L., Haiyang G., Ziling H., et al. Recent advances in applications of power ultrasound for petroleum industry // Ultrasonics Sonochemistry. 2021. Vol. 70. doi: 10.1016/j.ultsonch.2020.105337.
5. Avvaru B., Roy S.B., Ladola Y., et al. Sonochemical leaching of uranium // Chemical Engineering and Processing. 2008. Vol. 47. P. 2107–2113. doi: 10.1016/j.cep.2007.10.021.
6. Meirez J., AlTammar M.J., Alruwaili Kh.M., Alfaraj R.T. Recent advances of ultrasound applications in the oil and gas industry // Ultrasonics Sonochemistry. 2024. Vol. 103. doi: 10.1016/j.ultsonch.2024.106767.
7. Okawa H., Saito T., Hosokawa R., et al. Effects of different ultrasound irradiation frequencies and water temperatures on extraction rate of bitumen from oil sand // Japanese Journal of Applied Physics. 2010. Vol. 49. doi: 10.1143/JJAP.49.07HE12.

8. Zhao D.Z., Sun W.W., Sun M.Z. The separating of inner mongolian oil sand with ultrasound // *Petroleum Science and Technology*. 2011. Vol. 29, N 24. P. 2530–2535. <https://doi.org/10.1080/10916460903057907>.
9. Онгарбаев Е.К., Тилеуберди Е., Иманбаев Е.И., Мансуров З.А. Эффективная переработка нефтебитуминозных пород в целевые продукты // *Горение и плазмохимия*. 2021. №19(4). С. 299–308. doi: 10.18321/cpc467.

REFERENCES

1. kmg.kz [Internet]. Road bitumen. How the deficit problem is being solved [cited 05.06.2024]. Available from: <https://www.kmg.kz/press-center/articles/bitum-def/>. (In Kazakh).
2. Sharopin A, Ongarbayev Y, Imanbayev Y, et al. Razlichnyye metody i mekhanizmy vydeleniya organicheskogo veshchestva iz neftebituminoznykh porod. *Promyshlennost' Kazakhstana*. 2018;1(102):35–39. (In Russ).
3. Qiu LQ, Zhang M, Chitrakar B, Bhandari B. Application of power ultrasound in freezing and thawing Processes: Effect on process efficiency and product quality. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2020; 68. doi: 10.1016/j.ultsonch.2020.105230.
4. Xiaoming L, Haiyang G, Ziling H, et al. Recent advances in applications of power ultrasound for petroleum industry. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2021;70. doi: 10.1016/j.ultsonch.2020.105337.
5. Avvaru B, Roy SB, Ladola Y, et al. Sonochemical leaching of uranium. *Chemical Engineering and Processing*. 2008;47:2107–2113. doi: 10.1016/j.cep.2007.10.021.
6. Meirez J, Altammar MJ, Alruwaili KM, Alfaraj RT. Recent advances of ultrasound applications in the oil and gas industry. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2024;103. doi: 10.1016/j.ultsonch.2024.106767.
7. Okawa H, Saito T, Hosokawa R, et al. Effects of different ultrasound irradiation frequencies and water temperatures on extraction rate of bitumen from oil sand. *Japanese Journal of Applied Physics*. 2010;49. doi: 10.1143/JJAP.49.07HE12.
8. Zhao DZ, Sun WW, Sun MZ. The separating of inner mongolian oil sand with ultrasound. *Petroleum Science and Technology*. 2011;29(24):2530–2535. doi: 10.1080/10916460903057907.
9. Ongarbayev YK, Tileuberdi Y, Imanbaev YI, Mansurov ZA. Efficient processing of oil sands into purpose products. *Combustion and Plasma Chemistry*. 2021;19(4):299–308. doi: 10.18321/cpc467.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ АҚПАРАТ

*Иманбаев Ержан Иманбайұлы

PhD, доцент

ORCID [0000-0001-8273-0020](https://orcid.org/0000-0001-8273-0020)

e-mail: erzhan.imanbayev@mail.ru.

Оңгарбаев Ердос Қалимұллаұлы

х.ғ.д., профессор

ORCID [0000-0002-0418-9360](https://orcid.org/0000-0002-0418-9360)

e-mail: erdos.ongarbaev@kaznu.edu.kz.

Мылтықбаева Жаннұр Каденқызы

х.ғ.к., доцент

ORCID [0000-0003-4336-3920](https://orcid.org/0000-0003-4336-3920)

e-mail: jannur81@mail.ru.

Серикказинова Ақбота Қайратқызы

ORCID [0009-0009-2554-1616](https://orcid.org/0009-0009-2554-1616)

e-mail: akbota.serikkazinova@mail.ru.

Малаев Алдияр Қайыржанұлы

ORCID [0009-0004-6906-5037](https://orcid.org/0009-0004-6906-5037)

e-mail: mattafix544@gmail.com.

Мұқталы Динара

PhD

ORCID [0000-0002-1139-5488](https://orcid.org/0000-0002-1139-5488)

e-mail: dinara.muktaly@mail.ru.

Тилеуберді Ербол

PhD, доцент

ORCID [0000-0001-9733-5015](https://orcid.org/0000-0001-9733-5015)

e-mail: er.tileuberdi@gmail.com.

Аяпбергенев Ерболат Озарбаевич

ORCID [0000-0003-3133-222X](https://orcid.org/0000-0003-3133-222X)

e-mail: e.ayapbergenov@kmgge.kz.

AUTHORS' INFO

*Yerzhan I. Imanbayev

PhD, Associate Professor

ORCID [0000-0001-8273-0020](https://orcid.org/0000-0001-8273-0020)

e-mail: erzhan.imanbayev@mail.ru.

Yerdos K. Ongarbayev

Doc. Sc. (Chemistry), Professor

ORCID [0000-0002-0418-9360](https://orcid.org/0000-0002-0418-9360)

e-mail: erdos.ongarbaev@kaznu.edu.kz.

Zhannur K. Myltykbaeva

Doc. Sc. (Chemistry), Associate Professor

ORCID [0000-0003-4336-3920](https://orcid.org/0000-0003-4336-3920)

e-mail: jannur81@mail.ru.

Akbota K. Serikkazinova

ORCID [0009-0009-2554-1616](https://orcid.org/0009-0009-2554-1616)

e-mail: akbota.serikkazinova@mail.ru.

Aldiyar K. Malayev

ORCID [0009-0004-6906-5037](https://orcid.org/0009-0004-6906-5037)

e-mail: mattafix544@gmail.com.

Dinara Muktaly

PhD

ORCID [0000-0002-1139-5488](https://orcid.org/0000-0002-1139-5488)

e-mail: dinara.muktaly@mail.ru.

Yerbol Tileuberdi

PhD, Associate Professor

ORCID [0000-0001-9733-5015](https://orcid.org/0000-0001-9733-5015)

e-mail: er.tileuberdi@gmail.com.

Yerbolat O. Ayapbergenov

ORCID [0000-0003-3133-222X](https://orcid.org/0000-0003-3133-222X)

e-mail: e.ayapbergenov@kmgge.kz.

*Автор, ответственный за переписку/Corresponding Author