ISSN 2706-6266
ISSN 3007-1062
ISSN 3007-1070

МРНТИ 61.53.81 https://doi.org/10.62724/202620605

Кенжесова Венера Исатаевна[*1]
Аға оқытушы,
Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,
Орал, Қазақстан, venera_131088@mail.ru , ORCID ID: 0009-0007-1330-9970

Жумагалиева Гульмира Жаксыгалиевна[2]
Аға оқытушы,
Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,
Орал, Қазақстан, zhumagaliyevagulmira@mail.ru , ORCID ID: 0009-0005-5606-4235

ҚОЛДАНЫЛҒАН МОТОР МАЙЛАРЫН ҚАЙТА ӨҢДЕУ ЖӘНЕ ПАЙДАЛАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

Аңдатпа. Қазіргі уақытта қолданылған мотор майларының көлемінің артуы қоршаған ортаның ластануы мен табиғи ресурстардың сарқылуы мәселелерін өзекті етіп отыр. Қолданылған мотор майлары құрамында көмірсутектермен қатар тотығу өнімдері, механикалық қоспалар, ауыр металдар және басқа да ластаушы заттар болады. Сондықтан оларды қауіпсіз жинау, қайта өңдеу және тиімді пайдалану экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің маңызды бағыттарының бірі болып табылады. Осы мақалада қолданылған мотор майларының физика-химиялық қасиеттері зерттеліп, оларды қайта өңдеу және отын ретінде пайдалану мүмкіндіктері қарастырылды. Зерттеу нысаны ретінде автокөлік құралдарынан алынған қолданылған мотор майлары пайдаланылды. Зерттеу барысында майлардың негізгі сапалық көрсеткіштері анықталып, олардың қолданыстағы стандарт талаптарына сәйкестігі бағаланды. Нәтижелер бойынша қолданылған мотор майының кинематикалық тұтқырлығы 9,5 мм^2/с, тығыздығы 0,9001 г/см^3, оталу температурасы 165°С екендігі анықталды. Сонымен қатар май құрамындағы мыс, мырыш, темір және кадмий мөлшері зерттеліп, қорғасынның анықталмағаны көрсетілді. Алынған мәліметтер қолданылған мотор майларының құрамында энергетикалық құндылығы жоғары көмірсутекті компоненттердің сақталатынын дәлелдеді. Әдеби деректер мен тәжірибелік нәтижелерді талдау негізінде қолданылған майларды коагуляциялау, адсорбциялау, регенерациялау және термиялық өңдеу әдістері арқылы тазартудың тиімділігі көрсетілді. Зерттеу нәтижелері қолданылған мотор майларын алдын ала өңдеу арқылы қазандық отыны немесе көмірсутекті отын компоненті ретінде пайдалануға болатынын көрсетті. Бұл тәсіл мұнай ресурстарын үнемдеуге, өндірістік қалдықтардың көлемін азайтуға және қоршаған ортаға түсетін экологиялық жүктемені төмендетуге мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: қолданылған мотор майы, қайта өңдеу, регенерация, отын, көмірсутектер, тұтқырлық, ауыр металдар, экологиялық қауіпсіздік, физика-химиялық қасиеттер, қалдықтарды кәдеге жарату.

Кенжесова Венера Исатаевна[*1]
Старший преподаватель,
Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,
Уральск, Казахстан, venera_131088@mail.ru , ORCID ID: 0009-0007-1330-9970

ISSN 2706-6266
ISSN 3007-1062
ISSN 3007-1070

Жумагалиева Гульмира Жаксыгалиевна[2]
Старший преподаватель,
Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,
Уральск, Казахстан, zhumagaliyevagulmira@mail.ru , ORCID ID: 0009-0005-5606-4235

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Аннотация. В статье рассмотрены состав, физико-химические свойства отработанных моторных масел и возможности их использования в качестве топлива после переработки. Проанализированы влияние отработанных моторных масел на окружающую среду, а также экологическая и экономическая значимость их переработки. В ходе исследования были определены основные физико-химические показатели отработанного моторного масла и изучен его металлический состав. Результаты показали, что кинематическая вязкость отработанного масла составляет 9,5 мм²/с, плотность – 0,9001 г/см³, температура вспышки – 165°С. В составе масла были обнаружены медь, железо, цинк и кадмий, при этом свинец не был выявлен. Полученные результаты подтвердили техническую возможность использования отработанных моторных масел после предварительной очистки в качестве котельного топлива или компонента углеводородного топлива. Переработка отработанных моторных масел способствует рациональному использованию нефтяных ресурсов, снижению объёмов отходов и уменьшению загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова. отработанное моторное масло, переработка, регенерация, топливо, физико-химические свойства, окружающая среда, утилизация отходов.

Kenzhesova Venera Isataevna[*1]
Senior lecturer,
West Kazakhstan University of Innovation and Technology,
Uralsk, Kazakhstan, venera_131088@mail.ru , ORCID ID: 0009-0007-1330-9970

Zhumagaliyeva Gulmira Zhaksygalievna[2]
Senior lecturer,
West Kazakhstan University of Innovation and Technology,
Uralsk, Kazakhstan, zhumagaliyevagulmira@mail.ru, ORCID ID: 0009-0005-5606-4235

PROSPECTS FOR RECYCLING AND UTILIZATION OF USED MOTOR OILS

Abstract. The article discusses the composition, physicochemical properties of used motor oils, and the possibilities of their utilization as fuel after recycling. The environmental impact of used motor oils and the ecological and economic significance of their recycling were analyzed. The study determined the main physicochemical characteristics of used motor oil and investigated its metal content. The results showed that the kinematic viscosity of the used oil was 9.5 mm²/s, its density was 0.9001 g/cm³, and its flash point was 165°C. Copper, iron, zinc, and cadmium were detected in the oil samples, while lead was not found. The obtained results confirmed the technical feasibility of using pretreated used motor oils as boiler fuel or as a component of hydrocarbon fuels. Recycling used motor oils contributes to the conservation of petroleum resources, reduction of waste volumes, and mitigation of environmental pollution.

ISSN 2706-6266
ISSN 3007-1062
ISSN 3007-1070

Keywords. used motor oil, recycling, regeneration, fuel, physicochemical properties, environment, waste management.

Кіріспе. Қазіргі кезеңде әлемдік экономикада мұнай және мұнай өнімдері энергетикалық ресурстардың негізгі түрлерінің бірі болып табылады. Автокөлік, өнеркәсіп, ауыл шаруашылығы және энергетика салаларының қарқынды дамуы мұнай өнімдерін тұтыну көлемінің жыл сайын артуына әкелуде. Соның нәтижесінде қолданылған мұнай өнімдерінің, әсіресе мотор майларының көлемі де үздіксіз өсуде. Қолданылған мотор майлары қоршаған ортаны ластаушы қауіпті қалдықтардың қатарына жатады және оларды тиімді басқару қазіргі заманның маңызды экологиялық мәселелерінің бірі болып табылады [1].

Мотор майлары іштен жану қозғалтқыштарының сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін кеңінен қолданылады. Пайдалану барысында майлар жоғары температура, қысым және тотығу процестерінің әсерінен өзінің бастапқы қасиеттерін жоғалтады. Нәтижесінде олардың құрамында шайырлы заттар, асфальтендер, ауыр металдар, механикалық қоспалар және тотығу өнімдері жинақталады. Мұндай өзгерістер майдың эксплуатациялық қасиеттерін төмендетіп қана қоймай, оны қоршаған орта үшін қауіпті қалдыққа айналдырады.

Әлемдік тәжірибе көрсеткендей, жыл сайын шамамен 20 млн тоннаға жуық қолданылған май түзіледі, алайда оның тек аз бөлігі ғана қайта өңделеді. Қалған бөлігі жағу, заңсыз төгу немесе басқа да тиімсіз тәсілдер арқылы жойылады. Қолданылған майлардың топыраққа немесе су айдындарына түсуі олардың табиғи қасиеттерінің бұзылуына, экожүйелердің деградациясына және адам денсаулығына қауіп төндіретін улы заттардың таралуына себеп болады. Бір литр қолданылған мотор майының өзі жүздеген тонна суды ластауға қабілетті екендігі белгілі [2].

Соңғы жылдары ресурстарды үнемдеу және қалдықсыз технологияларды дамыту мәселелеріне ерекше көңіл бөлінуде. Осыған байланысты қолданылған мотор майларын екіншілік шикізат ретінде пайдалану перспективалары кеңінен зерттелуде. Құрамында көмірсутекті қосылыстардың айтарлықтай мөлшерінің сақталуы оларды қайта өңдеп, түрлі мұнай өнімдерін немесе баламалы отын түрлерін алуға мүмкіндік береді. Мұндай тәсіл бір жағынан қоршаған ортаға түсетін жүктемені азайтса, екінші жағынан мұнай ресурстарын тиімді пайдалануға жағдай жасайды.

Қолданылған мотор майларын қайта өңдеудің физикалық, физика-химиялық және химиялық әдістері белгілі. Оларға тұндыру, сүзу, центрифугалау, коагуляциялау, адсорбциялық тазарту, гидротазалау және термиялық өңдеу әдістері жатады. Бұл технологиялар май құрамындағы ластаушы компоненттерді бөліп алуға және оның құнды көмірсутекті бөлігін қайта пайдалануға мүмкіндік береді. Әсіресе қолданылған майларды отын ретінде пайдалану энергетикалық ресурстарды үнемдеудің тиімді бағыттарының бірі болып саналады [3].

Осыған байланысты қолданылған мотор майларының физика-химиялық қасиеттерін зерттеу, олардың құрамындағы ластаушы компоненттердің мөлшерін анықтау және қайта өңдеу арқылы отын ретінде пайдалану мүмкіндіктерін бағалау ғылыми және практикалық тұрғыдан өзекті мәселе болып табылады.

Осы шолу мақаласының мақсаты - қолданылған мотор майларының құрамы мен қасиеттерін талдау, олардың қоршаған ортаға әсерін бағалау, қайта өңдеу технологияларын қарастыру және отын ретінде пайдалану перспективаларын анықтау [4].

Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеу нысаны ретінде автокөлік құралдарын пайдалану барысында түзілетін қолданылған мотор майлары алынды.

ISSN 2706-6266
ISSN 3007-1062
ISSN 3007-1070

Талдау жүргізу үшін автокөлік құралдарынан жиналған қолданылған мотор майларының сынамалары пайдаланылды. Кәсіпорын қолданылған майларды жинау, оларды өңдеу және техникалық көміртек өндірумен айналысады. Зертханалық зерттеулер жүргізу үшін 10 литр көлемінде қолданылған мотор майының сынамасы алынды. Алынған майдың бастапқы күйі қою қоңыр түсті, лайлы және жоғары тұтқырлы болды.

Зерттеудің теориялық негізін қолданылған мотор майларының құрамы, қасиеттері, қайта өңдеу технологиялары және оларды отын ретінде пайдалану мәселелеріне арналған отандық және шетелдік ғылыми еңбектер, нормативтік құжаттар, стандарттар мен ғылыми мақалалар құрады. Әдеби деректерді талдау барысында қолданылған майлардың түзілу ерекшеліктері, қоршаған ортаға әсері, физика-химиялық қасиеттерінің өзгеруі және оларды қайта өңдеу әдістері жүйеленді [5][6].

Зерттеу жұмысы бірнеше кезеңде жүргізілді. Бірінші кезеңде қолданылған мотор майының негізгі физика-химиялық корсеткіштері анықталды. Зерттеу барысында майдың тығыздығы, кинематикалық тұтқырлығы, оталу температурасы, қышқылдық және сілтілік сандары, механикалық қоспалар мөлшері, су мөлшері, ерімейтін тұнба мөлшері және сульфатты күлділігі анықталды. Барлық талдаулар қолданыстағы мемлекеттік стандарттар (МЕМСТ) талаптарына сәйкес орындалды.

Майдың кинематикалық тұтқырлығы МЕМСТ 33-82 бойынша анықталды. Бұл көрсеткіш майдың ағындылық қасиеттерін сипаттайды және оның отын ретінде қолданылу мүмкіндігін бағалауда маңызды параметр болып табылады. Тығыздық МЕМСТ 3900-78 әдістемесіне сәйкес анықталды. Оталу температурасы ашық тигель әдісі арқылы МЕМСТ 11362 талаптарына сәйкес өлшенді. Сонымен қатар май құрамындағы механикалық қоспалар, су мөлшері және ерімейтін тұнбалар стандартталған әдістер арқылы анықталды.

Екінші кезеңде қолданылған мотор майының элементтік құрамы зерттелді. Металдардың мөлшерін анықтау үшін мыс (Cu), темір (Fe), мырыш (Zn), кадмий (Cd) және қорғасын (Pb) элементтеріне талдау жүргізілді. Металдардың концентрациясы мг/л бірлігінде есептелді. Зерттеу нәтижелері қозғалтқыш бөлшектерінің тозу дәрежесін және қолданылған майдың экологиялық қауіптілік деңгейін бағалауға мүмкіндік берді [7].

Алынған нәтижелерді өңдеу барысында салыстырмалы талдау, жүйелеу және статистикалық өңдеу әдістері қолданылды. Зерттеу барысында анықталған көрсеткіштер жаңа мотор майларына қойылатын талаптармен және қолданылған мұнай өнімдеріне арналған нормативтік құжаттармен салыстырылды.

Зерттеудің соңғы кезеңінде қолданылған мотор майларын қайта өңдеу және оларды энергетикалық мақсатта пайдалану мүмкіндіктері қарастырылды. Майларды тазарту мен регенерациялаудың физикалық, физика-химиялық және химиялық әдістеріне әдеби шолу жасалып, олардың тиімділігі бағаланды. Әсіресе коагуляциялау, адсорбциялық тазарту және термиялық өңдеу әдістерінің қолданылған мотор майларының сапасын жақсартудағы рөлі талданды. Алынған нәтижелер қолданылған мотор майларын отын компоненті ретінде пайдалану перспективаларын ғылыми тұрғыдан негіздеуге мүмкіндік берді[8].

ISSN 2706-6266
ISSN 3007-1062
ISSN 3007-1070

Нәтижелер және оларды талқылау. Қолданылған мотор майларының физика-химиялық қасиеттерін зерттеу олардың құрамында энергетикалық құндылығы жоғары көмірсутекті қосылыстардың сақталатынын көрсетті. Зерттеу нәтижелері бойынша қолданылған мотор майының кинематикалық тұтқырлығы 9,5 мм²/с, тығыздығы 0,9001 г/см³ және оталу температурасы 165°C болды. Сонымен қатар май құрамындағы сілтілік сан 1,2 мг КОН/г, ал қышқылдық сан 0,9 мг КОН/г құрады. Майдың қою қоңыр түсті болуы және құрамында механикалық қоспалардың болуы пайдалану барысында тотығу өнімдерінің жинақталғанын көрсетеді.

Кесте 1 – Қолданылған мотор майының негізгі физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіш	Мәні
Кинематикалық тұтқырлық (100°C), мм²/с	9,5
Тығыздығы, г/см³	0,9001
Оталу температурасы, °C	165
Сілтілік саны, мг КОН/г	1,2
Қышқылдық саны, мг КОН/г	0,9
Механикалық қоспалар, %	0,1–0,3
Судың мөлшері, %	0,1
Сульфатты күлділік, %	0,2

Зерттеу барысында май құрамындағы ауыр металдардың мөлшері де анықталды. Нәтижелер бойынша мыс элементінің мөлшері басқа металдарға қарағанда жоғары болды. Бұл қозғалтқыш бөлшектерінің пайдалану кезіндегі тозуымен түсіндіріледі. Қорғасынның анықталмауы қолданылған май құрамындағы аса қауіпті металдардың мөлшерінің төмен екендігін көрсетті.

Кесте 2 – Қолданылған мотор майы құрамындағы металдардың орташа мөлшері

Металл	Орташа мөлшері, мг/л
Cu	6,25
Zn	0,638
Fe	0,626
Cd	0,008
Pb	анықталмады

Қолданылған мотор майларының құрамындағы көмірсутектердің жоғары мөлшері оларды екіншілік энергетикалық ресурс ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Әдеби деректерді талдау нәтижесінде қолданылған майларды коагуляциялау, адсорбциялау, сүзу және термиялық өңдеу әдістері арқылы тиімді тазартуға болатыны анықталды. Бұл әдістер май құрамындағы шайырлы заттарды, механикалық қоспаларды және тотығу өнімдерін азайтып, олардың сапасын жақсартады [9].

Зерттеу нәтижелері қолданылған мотор майларын алдын ала тазартқаннан кейін қазандық отыны немесе көмірсутекті отын компоненті ретінде пайдалануға болатындығын көрсетті. Мұндай тәсіл мұнай ресурстарын үнемдеуге, өндірістік

ISSN 2706-6266
ISSN 3007-1062
ISSN 3007-1070

қалдықтардың көлемін азайтуға және қоршаған ортаның ластану деңгейін төмендетуге мүмкіндік береді.

Нәтижелерді талқылау. Алынған мәліметтер қолданылған мотор майларының құрамында әлі де көмірсутекті компоненттердің едәуір мөлшері сақталатынын көрсетті. Майдың тұтқырлығы мен тығыздығы отын компоненттері үшін қолайлы аралықта болғанымен, механикалық қоспалар мен тотығу өнімдерінің болуы оны тікелей пайдалануға мүмкіндік бермейді. Сондықтан қолданылған майларды алдын ала тазарту немесе регенерациялау қажет.

Металдардың төмен концентрациясы мен судың аз мөлшері қолданылған мотор майларын қайта өңдеу арқылы қазандық отыны немесе аралас көмірсутекті отын алу үшін шикізат ретінде пайдалануға болатындығын дәлелдейді. Сонымен қатар алынған нәтижелер қолданылған майларды коагуляция, адсорбция және термиялық өңдеу әдістерімен тазартудың тиімділігін негіздейді [10].

Осылайша зерттеу нәтижелері қолданылған мотор майларын қайта өңдеу арқылы отын алудың техникалық мүмкіндігі бар екенін және олардың екіншілік энергетикалық ресурс ретінде қолданылу әлеуетінің жоғары екенін көрсетті.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеулер мен әдеби деректерді талдау нәтижесінде қолданылған мотор майларының қоршаған орта үшін қауіпті қалдықтар қатарына жататыны және оларды тиімді пайдаға асырудың экологиялық әрі экономикалық маңызы жоғары екені анықталды. Қолданылған майлардың құрамында тотығу өнімдері, механикалық қоспалар, су және металдардың іздік мөлшерлері жинақталатындықтан, оларды тікелей қоршаған ортаға шығару экожүйелердің ластануына әкеледі.

Зерттеу барысында қолданылған мотор майының негізгі физика-химиялық көрсеткіштері анықталды. Майдың кинематикалық тұтқырлығы 9,5 мм²/с, тығыздығы 0,9001 г/см³, оталу температурасы 165°C екендігі анықталды. Сонымен қатар оның құрамында механикалық қоспалар мен аз мөлшерде су бар екені көрсетілді. Металдық құрамды зерттеу нәтижесінде мыс, темір, мырыш және кадмий элементтері анықталып, қорғасынның болмауы тіркелді.

Алынған нәтижелер қолданылған мотор майларының құрамында құнды көмірсутекті компоненттердің сақталатынын және оларды екіншілік шикізат ретінде пайдалануға болатынын дәлелдейді. Әдеби мәліметтерді талдау қолданылған майларды регенерациялау, адсорбциялық және коагуляциялық тазалау, гидротазалау, термиялық өңдеу сияқты әдістердің тиімділігін көрсетті. Бұл технологиялар майлардың сапасын жақсартып, оларды қайтадан өндірістік мақсаттарда немесе энергетикалық ресурс ретінде қолдануға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері қолданылған мотор майларын алдын ала тазарту арқылы қазандық отыны немесе көмірсутекті отын компоненті ретінде пайдаланудың техникалық тұрғыдан мүмкін екенін көрсетті. Мұндай тәсіл мұнай ресурстарын үнемдеуге, өндірістік қалдықтардың көлемін азайтуға және қоршаған ортаға түсетін антропогендік жүктемені төмендетуге ықпал етеді.

Осылайша, қолданылған мотор майларын қайта өңдеу және олардан отын алу технологияларын жетілдіру ресурс үнемдеу, қалдықсыз өндіріс қағидаларын іске асыру және экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету бағытындағы маңызды ғылыми-практикалық міндеттердің бірі болып табылады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Гайле А.А., Галимзянов М.Н., Хайрудинов И.Р. Регенерация отработанных нефтяных масел и пути их повторного использования // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2021. – №5. – С. 23–29.

ISSN 2706-6266
ISSN 3007-1062
ISSN 3007-1070

2. Мирзаханов Р.С., Нургалиев А.К., Абдрахманов Е.Т. Современные технологии переработки отработанных моторных масел // Нефть и газ. – 2022. – №3 (129). – С. 98–106.

3. Кудайбергенов Н.К., Тулеутаев С.М., Жаксылыков Б.К. Экологические аспекты утилизации отработанных нефтепродуктов // Вестник КазНИТУ. – 2021. – №4. – С. 145–152.

4. Бектурганов А.А. Переработка и регенерация отработанных моторных масел: диссертация PhD. – Алматы: КазНИТУ им. К.И. Сатпаева, 2020. – 135 с.

5. Kamal A., Khan F., Ahmed S. Recycling technologies of used lubricating oils: A review // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2021. – Vol. 9, №5. – P. 105–118.

6. Hamawand I., Yusaf T., Rafat S. Recycling of waste engine oils using a new washing agent // Energies. – 2020. – Vol. 13, №12. – P. 3124–3135.

7. Vakili M., Zwain H.M., Aziz S.Q. Waste lubricating oil treatment and reuse technologies: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2021. – Vol. 145. – P. 111–124.

8. Сеитов Ж.С., Омаров Б.К., Абилкасымов М.А. Исследование физико-химических свойств отработанных моторных масел // Химический журнал Казахстана. – 2023. – №2. – С. 67–74.

9. Udonne J.D. A comparative study of recycling of used lubrication oils using distillation, acid and activated charcoal treatment methods // Journal of Petroleum and Gas Enginccring. – 2020. – Vol. 11, №1. – P. 1–11.

10. Pinheiro C.T., Ascensão V.R., Cardoso C.C. Recovery and reuse of waste lubricating oils: Environmental and economic perspectives // Fuel Processing Technology. – 2022. – Vol. 229. – P. 107–118.

11. Бисембаев А.Т., Кожахметов С.А. Перспективы использования отработанных моторных масел в качестве альтернативного топлива // Нефтегазовое дело. – 2022. – №6. – С. 84–91.

REFERENCES

1. Gajle, A. A., Galimzyanov, M. N., Hajrudinov, I. R. Regeneraciya otrabotannyh neftyanyh masel i puti ih povtornogo ispol'zovaniya // Neftepererabotka i neftehimiya. [Regeneration of waste petroleum oils and ways of their reuse // Oil Refining and Petrochemicals.]. – 2021. – № 5. – S. 23–29. – (In Rus)

2. Mirzahanov, R. S., Nurgaliev, A. K., Abdrahmanov, E. T. Sovremennye tehnologii pererabotki otrabotannyh motornyh masel // Neft' i gaz. [Modern technologies for recycling waste motor oils // Oil and Gas.]. – 2022. – № 3 (129). – S. 98–106. – (In Rus)

3. Kudajbergenov, N. K., Tuleutaev, S. M., Zhaksylykov, B. K. Ekologicheskie aspekty utilizacii otrabotannyh nefteproduktov // Vestnik KazNITU. [Environmental aspects of waste oil products disposal // Bulletin of KazNITU.]. – 2021. – № 4. – S. 145–152. – (In Rus)

4. Bekturganov, A. A. Pererabotka i regeneraciya otrabotannyh motornyh masel. [Processing and regeneration of waste motor oils.]. – Almaty: KazNITU im. K.I. Satpaeva, (2020): – Dissertation PhD. – 135 s. – (In Rus)

5. Kamal, A., Khan, F., Ahmed, S. Recycling technologies of used lubricating oils: A review // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2021. – Vol. 9, № 5. – P. 105–118.

6. Hamawand, I., Yusaf, T., Rafat, S. Recycling of waste engine oils using a new washing agent // Energies. – 2020. – Vol. 13, № 12. – P. 3124–3135.

ISSN 2706-6266
ISSN 3007-1062
ISSN 3007-1070

7. Vakili, M., Zwain, H. M., Aziz, S. Q. Waste lubricating oil treatment and reuse technologies: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2021. – Vol. 145. – P. 111–124.

8. Seitov, Zh. S., Omarov, B. K., Abilkasymov, M. A. Issledovanie fiziko-himicheskih svojstv otrabotannyh motornyh masel // Himicheskij zhurnal Kazahstana. [Investigation of physicochemical properties of waste motor oils // Chemical Journal of Kazakhstan.]. – 2023. – № 2. – S. 67–74. – (In Rus)

9. Udonne, J. D. A comparative study of recycling of used lubrication oils using distillation, acid and activated charcoal treatment methods // Journal of Petroleum and Gas Engineering. – 2020. – Vol. 11, № 1. – P. 1–11.

10. Pinheiro, C. T., Ascensão, V. R., Cardoso, C. C. Recovery and reuse of waste lubricating oils: Environmental and economic perspectives // Fuel Processing Technology. – 2022. – Vol. 229. – P. 107–118.

11. Bisembaev, A. T., Kozhahmetov, S. A. Perspektivy ispol'zovaniya otrabotannyh motornyh masel v kachestve al'ternativnogo topliva // Neftegazovoe delo. [Prospects for using waste motor oils as an alternative fuel // Petroleum Engineering.]. – 2022. – № 6. – S. 84–91. – (In Rus)