

Б.Р. Нүсіпбеков<sup>1</sup>, А.К. Хасенов<sup>1</sup>, М. Стоев<sup>2</sup>, Д.Ж. Карабекова<sup>1</sup>, А.Ж. Бейсенбек<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті, Қазақстан;

<sup>2</sup>«Неофит Рильский» Оңтүстік-Батыс университеті, Благоевград, Болгария  
(E-mail: anuar.beysenbek@gmail.com)

## Биоэтанолды алу үдерісін қарқындатуға арналған технология

Мақалада биоэтанолды алу үдерісін қарқындатуға арналған жаңа технология ұсынылды. Электроимпульсті технология арқылы агродақылдар мен оның қалдықтарын ашыту кезінде максималды мөлшерде қажетті өнім алынатыны дәлелденді. Биоэтанол өндіруде құны жағынан төмен, қалдықсыз өндірістің әр түрлі технологиялық схемалары жасалып, өндіріске енгізілуде. Сұйық ортадағы электрлік соққы салдарынан пайда болатын физикалық үдерістердің жан-жақтылығы мен күрделілігіне байланысты нақты эксперименттік нәтижелер болмаса, үлгілеу қиынға соғады. Зерттеу жұмыстары және теория жүзінде көпфазалы ортада соққы толқындары әсерінен пайда болатын физикалық құбылыстар толық зерттелмеген. Зерттеу жұмыстары түрлі сынақ орталарында жүргізілді. Жұмыстар электроимпульсті технологияның разряд энергиясының (W) әр түрлі мәндерінде, конденсатор батареясының (C) 0,25÷0,1 мкФ аралығында, жұмыстық разрядаралық қашықтық (l) 5 мм және разряд импульстар саны 100÷250 кезінде орындалды. Зерттеу жұмыстары кезінде қондырғының негізгі тиімді параметрлері анықталды. Аталмыш технологияның дәстүрлі әдістерге қарағанда, уақыт жағынан тиімділігі көрсетілді.

*Кілт сөздер:* биоэтанол, электроимпульсті технология, импульсты разрядтар саны, жұмыстық кернеу, разрядаралық қашықтық.

Бүгінгі таңда мұнай бағасының өсуі, оның қорларының азаюы, экологиялық жағдайдың нашарлауына байланысты экологиялық таза, әрі тиімді қайта қалпына келетін баламалы қуат көзін жасау мәселесін алға тартады. Соның бірі мұнай қорының орнын толықтыратын биоотындар өндірісін дамытуға аса көп көңіл бөлінуде.

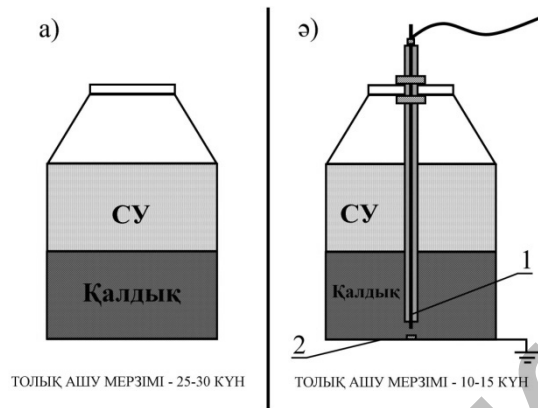
Биологиялық массадан алынатын жанармайдың бірнеше түрі бар – биогаз (метан), биодизель және биоэтанол (жасыл жанармай), пештік қатты биоотын. Аталғандардың ішінде биоэтанол өзінің өндірілетін шикізат көзінің көптігін есепке алғанда ең жоғарғы көрсеткішке ие болады [1, 2].

Биоэтанол – толығымен ылғалсыздандырылған таза этил спирті. Ол бензин құрамындағы октан санын көтереді, өз ретінде мұндай қоспасы бар отын қоршаған ортаға лас қалдықтарды 40–80 пайыз аз шығарады. Бензинді үнемді пайдалануға мүмкіндік беретін қоспа мұнай химия өндірісінде де кеңінен қолданылуы мүмкін [3]. Оның этанолдан айырмашылығы кез келген ауылшаруашылық дақылдарының қалдықтарынан өндеп алуында. Елімізде агродақылдар өнімі көптігіне байланысты игерілмей жатқан қалдықтардың саны аз емес. Сондықтан егіс қалдықтарын қайта өңдеу арқылы биоэтанолды алу маңызы өте зор, әрі тиімді. Атап айтатын болсақ, биоэтанолды бидай, арпа, жүгері, қант қызылшасы, қант қамысы, картоп, күріш және басқа да ауылшаруашылық дақылдарынан және қолданысқа жарамсыз қалдықтардан, атап айтқанда, күріш алқабынан қалған сабаннан, ағаш өндірісінің қалдығы ағаш жанқаларынан және тұрмыстық қалдықтардан өндеп алуға болады. Осы агродақылдар мен оның қалдықтарынан өңделіп алынған биоэтанолды қайта өндеп биоотын алады. Биоэтанолды өңдеу арқылы алынған биоотын, мұнай өнімі арқылы өңделіп алынған жанар-жағар майға (бензин, дизель) қарағанда, салыстырмалы түрде бағасы мен құрамына байланысты экономикалық жағынан да, экологиялық жағдайда да өте тиімді болып келеді.

Биоэтанолды алуда көптеген жобалар әр түрлі себептерге байланысты индустриалды түрде өндірісте қолданысқа ие болмай жатыр, ал біздің мақсатымыз — осы алынған өнімді мұнай синтезінен алынған өнімді алмастырып, өндіріске жанар-жағар май, сұйық отын қоры ретінде ұсыну.

Жоғарыда айтылған мәселелерге байланысты академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті физика-техникалық факультетінің «Электроимпульстік технологиялар зерттеу» зертханасында зерттеулер жүргізілді. Жемістің қалдықтарынан қажетті таза өнімді алу үшін ұсынылып отырған технологияның нәтижелері дәстүрлі технологиялармен салыстырылды. Өндіріс орындарында ашыту процесін қарқындету үшін әр түрлі қоспалар (ашытқыш, қант т.б.) қолдану себебінен алынатын өнімнің ашу мерзімі аз болғанымен, оның құрамы едәуір өзгеріске ұшырайды. Сол себепті қоспасыз таза өнім алу мақсатында екі түрлі әдіс қарастырылды (1-сур.): а) дәстүрлі ашыту әдісі; ә) электроимпульсті технология көмегімен ашыту әдісі.

Біздің жағдайда биоэтанолды алу үшін 5 кг жеміс қалдықтары алынды. Дәстүрлі ашыту әдісін қарастыратын болсақ, ең алдымен, жеміс қалдықтарын сұйық массаға айналдыру үшін ол механикалық жолмен ұсақталды. Алынған сұйық массаны ашыту үшін үлкен көлемді темір ыдысқа құйып, тең көлемде 5 л сумен толтырылды (ыдыстың ауызы ашық қалдырылды). Ашытылу процесі күнде қадағаланып отырылды. Дәстүрлі әдісте толық ашу мерзімі — шамамен 26–28 күн. Одан кейінгі ашыту процесі бәсеңдей бастағаны байқалды. Осы 26–28 күндер аралығында толық ашу мерзімі деп пайымдалды.



а) дәстүрлі ашыту әдісі; ә) электроимпульсті технология көмегімен ашыту әдісі  
1 — оң электрод; 2 — теріс электрод

1-сурет. Биоэтанолды алуға арналған ашыту әдістері

Келесі ашыту процесі электроимпульсті технологияның көмегімен жүзеге асты. Электроимпульсті технология келесідей негізгі бөліктерден құралды: басқару пульті, генератор мен разрядаралық қашықтықтан және конденсатор мен қорғаныс жүйесі.

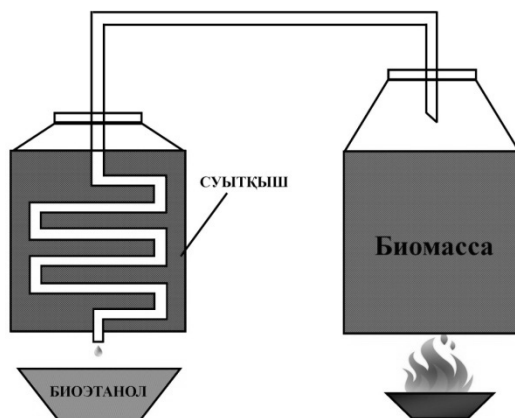
Электроимпульстік қондырғының негізгі мақсаты электр энергиясын механикалық энергияға айналдыру болып табылады. Қондырғының жұмыс істеу принципі сұйықта жоғары вольтты разряд кезінде пайда болатын соққы толқынын қолдануға негізделген. Разрядтаушы мен генератор қондырғының негізгі түйіндерінің бірі болып саналады. Оның жұмысы кірістегі айнымалы кернеуді шығыстағы тұрақты кернеуге түрлендіруге негізделген [4–7].

Қондырғының тиімді параметрлерін анықтау үшін импульсті разрядтар санына және разряд энергиясына тәуелді зерттеулер жүргізілді. Импульсты разрядтар санына тәуелді зерттеулер кезінде конденсатор сыйымдылығы тұрақты мәнінде ( $C = 0,25 \text{ мкФ}$ ), разрядаралық қашықтықтың мәні тұрақты  $l = 5 \text{ мм}$ , жұмыстық кернеу  $U = 16 \text{ кВт}$  болды. Ал разряд импульстарының саны  $n = 100 \div 250$  аралығында өзгертіліп отырылды.

Бұл жағдайда да әрқайсысы 5 кг механикалық жолмен ұсақтатылған жеміс қалдықтарынан тұратын 4 үлкен көлемді тағамдық темір ыдыстарға құйылып, тең көлемде 5 л сумен толтырылды. Темір көлемді ыдыстарға оң электрод орнатылды. Бұл жағдайда теріс электродтың қызметін темір ыдыстардың қабырғалары атқарды. Сәйкесінше әр ыдысқа тиісті импульстік разряд сандары (100, 150, 200, 250) күніне 3 мезгілде беріліп отырылды.

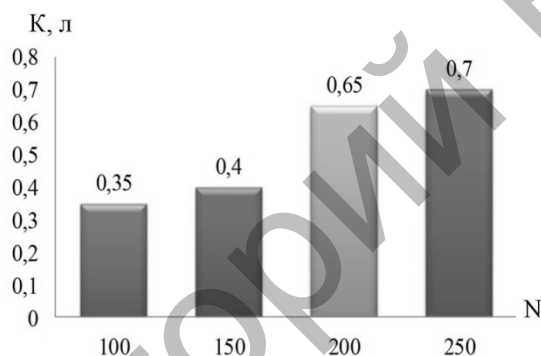
Соққы берілген жағдайда жылу бөлініп, импульстар әсерінен механикалық жолмен ұсақталмай қалған қалдықтарды одан әрі ұсақтап, сонымен қатар сұйық массаны максималды түрде бөлінуіне әсерін тигізеді. Себебі электроимпульсті соққылар кезінде биомассаның бірқалыпты араласуына ықпалын тигізеді. Зерттеу жүргізу нәтижесінде толық ашу мерзімі 14–16 күнде байқалды. Одан әрі ашу процесі бәсеңдегені байқалып, көпіршіктенуі тоқталды. Аталмыш технологияда қолданылған электродтар тағамдық дат баспайтын болаттан жасалғандықтан, биомассаны ластамайды. Қорытындылай келе, екі әдісті салыстыра отырып, ашыту мерзімі ешқандай қоспасыз құрамын өзгертпей электроимпульсті әдісті қолдану арқылы ашыту процесінің қарқынды жүруін кемінде 2 есеге арттыру тәсілін ұсынып отырмыз.

Екі әдіс арқылы алынған биомассалардың құрамын тексеру үшін алынған биомассаларды 2-суретте келтірілген әдіс арқылы өңдеп, таза биоэтанол бөліп алынды.



2-сурет. Биоэтанолды бөліп алу қондырғысы

Дәстүрлі әдіс арқылы алынған биомассадан 0,5 л көлемде таза биоэтанол бөлініп алынды. Әр түрлі разрядты импульс соққылары беру арқылы ашытылған биомассалардан алынған биоэтанол мөлшері өлшеніп, 3-суретте келтірілді.



3-сурет. Өнім мөлшерінің импульстік разрядтар санына тәуелділігі

Жоғарыда келтірілген нәтижелерді салыстыра келе, тиімді параметр ретінде импульстік разряд санын 200 деп алдық. Себебі импульстік разрядтар саны 100 және 150 кезіндегі алынған биоэтанол көлемі, разрядтар саны, 200-ге қарағанда, айтарлықтай төмен көрсеткіштерге ие болды. Егер разряд санын 200 және 250 деп алатын болсақ, нәтижелері жуық шамамен бірдей. Одан әрі импульстік разряд санын көбейту қажеті жоқ деп шешілді.

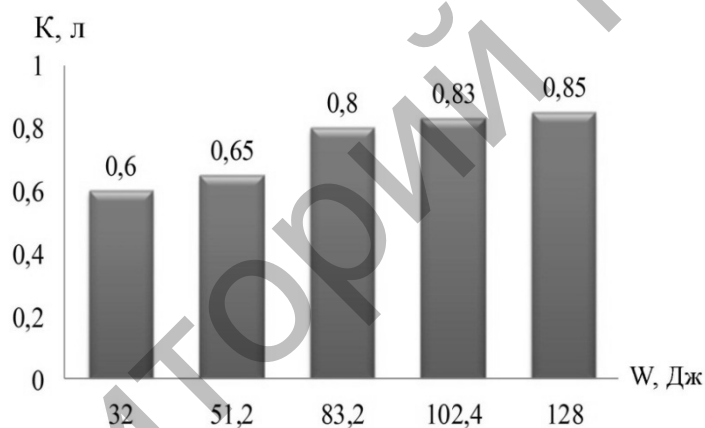
5 кг жеміс қалдықтарынан дәстүрлі әдіспен ашыту арқылы 27 күнде көлемі 0,5 л биоэтанол алынса, разряд импульстар саны 200 болған кездегі биомассадан 15 күн ішінде 0,65 л тең болды.

Әрі қарай зерттеу жұмыстары разряд энергиясының тиімді параметрлерін анықтауға арналды. Конденсатор батареясының сыйымдылығы  $C = 0,25 \div 1$  мкФ аралығында болды. Бұл жағдайда разрядаралық қашықтықтың мәні тұрақты  $l = 5$  мм, жұмыстық кернеу  $U = 16$  кВт болды. Ал разряд импульстарының саны  $n = 200$  құрады. Конденсатор сыйымдылығын өзгерту арқылы энергияны түрлендірдік. Мәліметтер 1-кестеде көрсетілген.

**Конденсатор сыйымдылығына тәуелді разряд энергиясының ауқымы**

Конденсатор сыйымдылығы, мкФ	Энергия, Дж
0,25	32
0,4	51,2
0,65	83,2
0,8	102,4
1	128

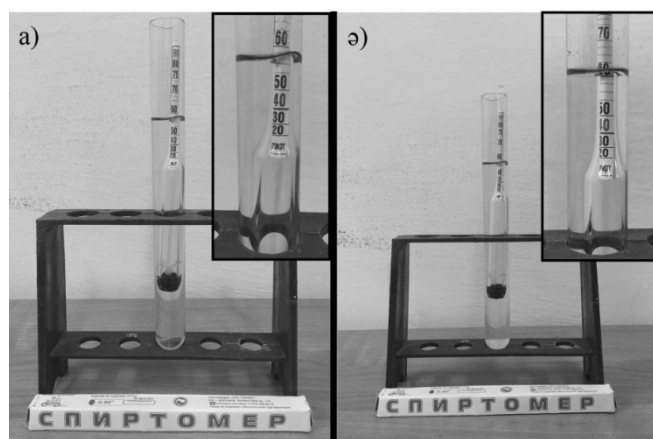
Бұл жағдайда да әрқайсысы 5 кг механикалық жолмен ұсақталған жеміс қалдықтарынан тұратын 5 үлкен көлемді тағамдық темір ыдысқа құйылып, тең көлемде 5 л сумен толтырылды. Темір көлемді ыдыста оң электрод орнатылды. Бұл жағдайда теріс электродтың қызметін темір ыдыстардың қабырғалары атқарды. Сәйкесінше әр ыдысқа анықталған тиімді импульстік разряд саны 200-ден күніне 3 мезгілде беріліп отырылды. Бірақ әр ыдыстағы биомассаны ашытуға әр түрлі сыйымдылықтағы конденсатор батареялары қолданылды. Зерттеу нәтижелері 4-суретте келтірілген.



4-сурет. Өнім мөлшерінің энергияға тәуелділігі

Келтірілген нәтижелерді салыстыру разряд энергиясының тиімді мәні ретінде 83,2 Дж (конденсатор сыйымдылығы 0,65 мкФ болған жағдайда) алынды. Себебі одан әрі энергияны көбейткен сайын өнім мөлшері шамамен бірдей мәнге ие болды. Энергияны одан әрі арттыру тиімсіз болып табылады.

Нәтижесінде дәстүрлі әдіс арқылы алынған таза биоэтанол көлемі 0,5 л, спирттің үлесі 58 %-ды құрады. Келесі реттегі алынған биоэтанолдың құрамындағы спирттік көрсеткіші төмендей берді. Қалдықтардың көлемі шамамен 1 л мөлшерінде болды. Ал электроимпульсті технология арқылы ашытылған биомассадан алынған таза биоэтанол көлемі 0,8 л құраса, спирттік үлесі жуық шамамен бірдей болды (5-сур.). Қалдықтардың көлемі шамамен 1,3 л құрады.



- а) дәстүрлі әдіспен ашыту арқылы алынған биоэтанол;  
 ә) электроимпульсті технология көмегімен ашытылып алынған биоэтанол

5-сурет. Биоэтанолдардың спирттік көрсеткіштері

Екі ашыту әдістері арқылы алынған биоэтанолдарды академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университетінің химия факультетінің зертханасында «Agilent 7890 А» газды хроматографы арқылы құрамдарына зерттеу жұмыстары жүргізілді.

Зерттеу жұмыстарының нәтижелері техникалық тұрғыда талданып, өнімнің құрамында келесідей қосылыстардың бар екені анықталды (2-кесте).

2 - кесте

Биоэтанол құрамына кіретін қоспалар мөлшерін салыстыру

Құрамы	Дәстүрлі әдіс, %	ЭИТ, %
Этил эфирі, бензой қышқылы	2,56	2,59
n-Декан қышқылы	12,42	12,23
Этил эфирі, октан қышқылы	7,55	7,8
Этил эфир, декан қышқылы	24,99	23,78
Додекаметил, циклопентасилоксан	1,78	1,86
Этил эфирі, нонано қышқылының -5-метилі	15,66	15,78

Екі нәтижені салыстыра келе, биоэтанолды алу процесін электроимпульстік технология көмегімен қарқындатқанда оның құрамы жуық шамамен бірдей көрсеткіштер көрсетті.

Алғаш рет биоэтанолды алуда ашыту процесіне электроимпульсті технология қолданылып, оның тиімділігі анықталды. Соққы берілген жағдайда жылу бөлініп, импульстар әсерінен механикалық жолмен ұсақталмай қалған қалдықтарды одан әрі ұсақтап, сонымен қатар сұйық массаны максималды түрде бөлінуіне әсерін тигізгенін байқадық. Аталмыш технологияда қолданылған электродтар тағамдық дәт баспайтын болаттан жасалғандықтан, биомассаны ластамайды. Ашыту мерзімін ешқандай қоспасыз құрамын өзгертпей электроимпульсті әдісті қолдана отырып, ашыту процесінің қарқынды жүруін кемінде 2 есеге арттырады. Болашақта электроимпульсті технология биотанол өндірісінде кеңінен қолданыс табуы мүмкін.

## Әдебиеттер тізімі

- 1 Лачуга Ю.Ф. Нетрадиционная энергетика в сельском хозяйстве. Перспективы, опыт производства и использования альтернативных видов топлива в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. — Зеленоград: ВНИИПТИМЭСХ, 2007. — С. 8–14.
- 2 Дорожиев С.С., Патеева И.Б. Энергоресурсосберегающая технология получения биоэтанола из зеленой массы растений рода *Heracleum* // Ползуновский вестн. — 2011. — № 2/2. — С. 45–52.
- 3 [ЭР]. Режим доступа: [www.kk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D1%8D%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BB](http://www.kk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D1%8D%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BB)
- 4 Caravaca A., De Lucas-Consuegra A., Calcerrada A.B., Lobato J.L., Dorado F. From biomass to pure hydrogen: electrochemical reforming of bio-ethanol in a PEM electro laser // *Applied Catalysis B: Environmental*. — 2013. — Vol. 134, 135. — P. 302–309.
- 5 Топчиева А.В., Третьяков В.Т. Биоэтанол: состояние и будущее в нефтехимии. Альтернативные источники сырья: сб. науч. тр. — Минск: Беларуская навука, 2014. — С. 14–17.
- 6 Горпиниченко С.И., Ковтунов В.В. Перспективы производства биоэтанола из сорго // *Зерновое хозяйство России*. — 2009. — № 4. — С. 26–34.
- 7 Nusupbekov B.R., Kussayynov K., Sakipova S.E., Beisenbek A.Zh. On improvement of technology of complex extraction of rare and trace metals by electropulse method // *Metal physics and the latest technologies*. — 2014. — Vol. 36. — No. 2. — P. 275–286.

Б.Р. Нусупбеков, А.К. Хасенов, М. Стоев, Д.Ж. Карабекова, А.Ж. Бейсенбек

### Технология для интенсификации процесса получения биоэтанола

В статье представлены новые технологии для интенсификации процесса биоэтанола. С помощью электроимпульсной технологии можно получать максимальное количество целевого продукта из агропродуктов их отходов, при этом усиливая процесс брожения. В целях снижения себестоимости производства биоэтанола разрабатываются и внедряются различные технологические схемы безотходного производства. Многообразие и очень сложный характер физических процессов, протекающих при электрическом взрыве в жидкости, трудно поддаются моделированию в отсутствие достоверных экспериментальных результатов. Как экспериментально, так и теоретически мало изучены физические явления, занимающие весомое место в процессах взаимодействия ударных волн, образующиеся в многофазных средах. Проведены опыты с различной исследуемой средой. Опыты на электроимпульсной установке проводились при разных значениях энергии разряда ( $W$ ) емкости конденсаторной батареи ( $C$ ), равной  $0,25 \pm 0,1$  мкФ, межэлектродного промежутка на коммутационном устройстве ( $l$ ), составляющем 5 мм, и частоты следования импульсов, варьированных в диапазоне  $100 \div 250$  электрических импульсов. В ходе исследования определены оптимальные параметры устройства. Эффективность этой технологии с точки зрения традиционных методов оптимальна по времени.

*Ключевые слова:* биоэтанол, электроимпульсная технология, количество импульсных разрядов, рабочее напряжение, межэлектродный промежуток.

B.R. Nussupbekov, A.K. Khassenov, M. Stoev, D.Zh. Karabekova, A.Zh. Beysenbek

### The technology for the intensification of the process of bioethanol production

This article presents new technologies for intensifying the bioethanol process. With the help of electropulse technology, it is possible to obtain the maximum amount of a target product from agroproducts and its waste, thereby enhancing the fermentation process. In order to reduce the cost of production of bioethanol, various technological schemes of non-waste production are developed and implemented. The variety and very complex nature of the physical processes taking place during an electric explosion in a liquid are difficult to model in the absence of reliable experimental results. Both physically and theoretically little studied physical phenomena that occupy a significant place in the processes of interaction of shock waves produced in multiphase media. Experiments were carried out with different media. Experiments on the electric pulse system were carried out for different values of the discharge energy ( $W$ ) of the capacitor bank ( $C$ ) capacitance equal to  $0.25 \div 0.1$   $\mu$ F, the interelectrode gap on the switching device ( $l$ ) is 5 mm and the pulse repetition rates varied in the range  $100 \div 250$  Electrical impulses. During the study, the optimal parameters of the device were determined. The effectiveness of this technology in terms of traditional methods is optimal in time.

*Keywords:* bioethanol, electropulse technology, number of pulsed discharges, working voltage, interelectrode gap.

## References

- 1 Lachuga Yu.F. *Alternative energy in agriculture. Outlook experience, production and use of alternative fuels in agriculture*, coll. scientific. tr., Zernograd: VNIPTIMESKh, 2007, p. 81–14.
- 2 Dorozhiyev S.S., Pateeva I.B. *Polzunovsky Gazette*, 2011, 2 / 2, p. 45–52.
- 3 [www.kk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D1%8D%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BB](http://www.kk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D1%8D%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BB)
- 4 Caravaca A., De Lucas-Consuegra A., Calcerrada A.B., Lobato J.L., Dorado F. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2013, 134, 135, p. 302–309.
- 5 Topchieva A.V., Tretyakov V.T. *Bioethanol-state and the future of petrochemicals. Alternativnye sources: coll. of scientific papers*, Minsk: Belaruskaya navuka, 2014, p. 14–17.
- 6 Gorpinichenko S.I., Kovtunov V.V. *Theoretical scientific journal Grain economy of Russia*, 2009, 4, p. 26–34.
- 7 Nusupbekov B.R., Kussaiynov K., Sakipova S.E., Beisenbek A.Zh. *Metal physics and the latest technologies*, 2014, 36, 2, p. 275–286.

Репозиторий КарГУ