

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 2 (2021)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/JBVN5702>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/UBOR1884>

***Т. И. Глущенко¹, Т. В. Бедыч²,
З. К. Абдикулова³, Б. К. Сакенов⁴**

^{1,4}А. Байтурсинов атындағы Қостанай өңірлік университеті,
Қазақстан Республикасы, Қостанай қ.;

²М. Дулатов атындағы Қостанай инженерлік-экономикалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Қостанай қ.;

³Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік
университеті, Қазақстан Республикасы, Түркістан қ.

БИОЭТАНОЛДЫ АЛУҒА АРНАЛҒАН БИОМАССА РЕСУРСТАРЫ

Мақалада биоэтанол өндіру үшін жаңартылатын энергияны пайдалану мәселелері қарастырылған. Қостанай облысы дамыған ауыл шаруашылығы саласы болып табылады. Жердің көп бөлігі дәнді дақылдар мен жүгерінің, майлы дақылдар мен көкөністердің егіс алқаптарына бөлінген. Аграрлық дақылдарды өндіру, тасымалдау, сақтау және өңдеу процесінде өсірілген дақылдардың едәуір бөлігі жарамсыз болып қалады. Оларды кейіннен негізгі мақсаты бойынша пайдалану мүмкін емес. Көбінесе қорланбаған өрістерде шіріп кетеді немесе лақтырылады. Мақалада қарастырылған материал ауылшаруашылық қалдықтарын салыстырмалы түрде арзан биоэтанолды өндіру үшін пайдалануға болатындығын көрсетеді. Өңірде халықтың басым бөлігі ауыл тұрғындары. Елді мекендер бір-бірінен алыс қашықтықта орналасқан. Ауыл тұрғындарының қажеттіліктерін, ауылдық инфрақұрылымдарды қамтамасыз ету үшін биоэтанолды электр және жылу энергиясының көзі ретінде пайдалану ұтымды болар еді. Биоэтанол өндірісінің қалдықтары мал азығына жарамды, бұл ауылдық жерлер үшін және қоршаған ортаға экологиялық жүктемені азайту үшін де маңызды. Адамның өмір сүру процесінде биоэтанол алуға, содан кейін жылу және электр энергиясын алуға жарамды қатты тұрмыстық қалдықтар жасалады. Келтірілген есептеулер қатты тұрмыстық қалдықтарды биоэтанолға өңдеудің орындылығын көрсетеді. Еуроодақ елдері өз ғалымдарының зерттеулерін пайдалана отырып, биоэтанол мен синтетикалық отын түрлерін өндіру жөніндегі технологияларды табысты дамытуда. Қазақстан майлы

дақылдарды өңдеу тәжірибесі мен қажетті егіс алқаптарына ие бола отырып, биоэтанол өндіру саласын табысты дамыта алады.

Кілтті сөздер: биомасса, биоэтанол, қатты тұрмыстық қалдықтар, ағынды сулардың тұлбасы, жаңартылатын энергия көздері.

Кіріспе

Жаңартылатын энергияның ең әмбебап көзі-биомасса. Фотосинтез нәтижесінде өсімдіктер энергия жинай алады және әртүрлі мақсаттарда икемді түрде қолдана алады. Әдетте қатты биомасса, биомассадан алынған газ және ішкі жану қозғалтқыштары мен пештерде жану үшін жарамды сұйық жанғыш заттар қолданылады. Биомассаны пайдалану тұрмыстық қалдықтар мен ауылшаруашылық қалдықтарын өңдеумен байланысты проблемаларды азайтуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ауылшаруашылық аймақтар екі есе пайда көреді: олар ауыл шаруашылығында да, орман шаруашылығында да, биоэнергияны түрлендіру процесінде де қосымша жұмыс орындарын ашады [1]. Биоэнергетика үшін дақылдарды өсіру фермерлерге жаңа қызмет саласын ұсынады.

Биоэнергетика энергия өндірісін орталықсыздандыруға және материалдар мен энергияның жабық циклын құруға мүмкіндік береді. Биоэнергияны қатты, сұйық және газ тәрізді отынды өндіру үшін қолдануға болады [2].

Қатты биомасса, ең көп таралған жаңартылатын энергия көзі бола отырып, бүкіл әлемде энергияны өндіру үшін бұрыннан бері қолданылып келеді [3,4]. Қатты биомассаға құрғақ немесе кептірілген өсімдіктердің немесе олардың бөліктерінің барлық түрлері, соның ішінде ағаш, ағаш түйіршіктері (түйіршіктер) және брикеттер, ағаш жоңқалары, бағаналы масса, күріш қауызы және т.б. жатады. Қазіргі заманғы жылумен жабдықтау жүйелерінде қатты биомассаны жағу нәтижесінде өндірілетін энергия тиімділігі жоғары. Ағаш энергияның бастапқы көзі болып табылады, әсіресе бөренелер, үгінділер және түйіршіктер түрінде [5,6].

Биогаз негізінен блоктық жылу электр станцияларында қолданылады, бірақ сонымен бірге табиғи газбен жабдықтау жүйелеріне тікелей жеткізу үшін де қолданылады. Сонымен қатар, оны көлік құралдарына отын ретінде пайдалануға болады.

Кәдімгі спирт сияқты, биоэтанол ашытқымен қантты ашыту арқылы алынады, содан кейін тазартылады. Егер дәнді дақылдар қолданылса, алдымен крахмал ферментативті реакция нәтижесінде бөлініп, қантқа айналады. Бұл құрғақ барда түрінде жанама өнімнің пайда болуына әкеледі, оның құрамында шамамен 30 % ақуыз бар, сондықтан жануарлардың құнды тамағы болып табылады [7]. Қант қызылшасынан биоэтанол өндіруде қалдықтар – бұл мал азығы немесе тыңайтқыш ретінде пайдаланылатын

қант қызылшасының бардасы мен целлюлозасы. Спирттен кейінгі бардтың бір килограмна биоэтанолдың бір литрін өндіреді. Осылайша, қант қызылшасының бір гектарынан отынның мөлшері алынады, ол 80 000 км асады, ал алынған жем бір сиырға шаққанда 9 айға жетеді.

Материалдар және зерттеу әдістері

Солтүстік Қазақстан елеулі аумақтарға бөлінген және электр, сондай-ақ жылу энергиясының энергетикалық ресурстарын тұтынушылар болып табылатын дамыған ауыл шаруашылығымен сипатталады. Осыған байланысты елді мекендер мен шаруашылықтарды өз энергия көздерімен қамтамасыз ету қажеттілігі туындайды. Биоэнергияның көзі дәнді және майлы дақылдардың қалдықтары, қарбыз, қатты тұрмыстық қалдықтар болуы мүмкін.

Тек Қостанай облысында жыл сайын дәнді және майлы дақылдар өсіріледі (1-кесте), олардың қалдықтары елеулі және оларды биоэтанал алу үшін пайдалануға болады.

Қазақстанның аграрлық секторы дәстүрлі түрде халықтың тұтынуы үшін қарбыз өсірумен айналысады. Соңғы жылдары бақша дақылдары үшін егіс алқаптарының шамамен 40 % өсуі байқалады. Қазақстанда бақша дақылдарын өндіру халықтың қажеттілігін толық қамтамасыз етеді.

Кесте 1 – Ауыл шаруашылығы дақылдарынан биоэтанол өндіру әлеуеті

Биомасса түрі	Жалпы жиын, мың т.	Қалдықтар саны, мың т.	Этанолдың шикізат тоннасына шығуы	Барлық этанолдың шығуы, т	1 тонна бағасы, тенге	Жиыны, мың тенге
Астық тұқымдас мәдениет	4454,56	668,184	455	304023,7	52 780	16 046 371,9
Дәндік жүгері	125,06	18,759	412	7728,708	49 010	378 783,9
Қарбыз	205,83	41,166	21	864,486	36 569	31 613,4
Картоп	373,31	37,331	94	3509,114	60 320	211 669,8
Жиыны						16 636 825,6

Қарбыздың 20 % астамы «тауарлық» көріністің болмауына байланысты сөрелерге түспейді: олар бүлінген немесе дұрыс емес пішінді. Мұндай жидектерді биоэтанолды өндіру үшін пайдалануға болады. Этанол алу үшін биомассаның осы көздерінен басқа, шөп, сабан және мәдени өсімдіктердің жемістерін пайдалана аласыз: алма, шие, алмұрт. Солтүстік Қазақстан аймағында күрт континенталды климатқа қарамастан, қалдықтар мен сапасыз жемістерді этанол өндіру үшін пайдалануға болатын жеміс өсіріледі [8].

Жүргізілген зерттеу ауыл шаруашылығы өндірісінің қалдықтарын биоэтанолға өңдеудің орындылығын көрсетеді.

Қатты тұрмыстық қалдықтардың пайда болу нормалары қабылданады (ҚТҚ):

– қала тұрғындары үшін – 1,2 кг/адам·тәулігіне 50 % ылғал кезінде;
 – ауыл тұрғындары үшін – 0,52 кг/адам·тәулігіне (ауылдық жерлерде тамақ қалдықтары үй жануарлары мен құстардың жемі үшін пайдаланылады және қалдықтардың құрамына кірмейді деп болжанады).

Жылу шығару қабілеті (ҚТҚ) құрғақ заттың (ҚТҚ) бір тоннасына 0,2 ш.о.т. (мұнай баламасына) тең деп қабылданады. Ылғалдылығы 50 % болатын тұрмыстық қалдықтар құрғақ деп саналады [9].

«Атамеке» ұлттық кәсіпкерлер палатасының деректері бойынша 2018 жылға қарай Қазақстанда 43 млрд. тоннадан астам өндіріс және тұтыну қалдықтары жинақталған, олардың тек 9 % ғана қайта өңделеді. Көбінесе біздің елде олар қағазға, шиналарға және пластиктің кейбір түрлеріне жаңа өмір береді. Ірі қалаларда қоқысты бөлек жинау науқаны басталды, жаңа өңдеу зауыттары іске қосылды. Мұндағы басты шикізат-қайта өңделген макулатура. Қағаз-қаптама қоқысы бүкіл Қазақстан бойынша жиналады: әңгіме тек 14 облыс орталығы мен республикалық маңызы бар 3 қала туралы ғана емес. Ресейдің кейбір шекаралас аймақтарында серіктестер де бар.

Қатты тұрмыстық қалдықтарды қайта өңдеу нәтижесінде миллион тоннаға жуық этанол алуға болады (2-кесте). Егер әрбір үшінші тұрғын жылына екі килограмм газет пен журнал тұтынады деп болжасақ, онда қосымша алты жүз тоннадан астам этанол алуға болады.

Кесте 2 – ҚТҚ-дан биоэтанол өндіру әлеуеті

Биомасса түрі	Жалпы жиын, мың т.	Этанолдың шикізат тоннасына шығуы	Этанолдың шығуы, т	Тоннаның бағасы, теңге	Жиыны, мың теңге
ҚТҚ	55671,52	17	946415,8	9 425	8919969292
Газеттер мен журналдар	22,182	29	643,278	5 655	3637737

Нәтижелер және талқылау

Жоғарыда келтірілген есептеулер көрсеткендей, аймақтың елді мекендері аймақтың энергия көздеріне қажеттілігін толық немесе ішінара қамтамасыз ете алады [10]. Егер Қостанай қаласының полигондарына жыл ішінде миллион тоннаға жуық тұрмыстық қатты қалдықтар жағылатынын ескеретін болсақ, онда қалдықтарды пайдалану қаланы толығымен отынмен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижесінде қорытынды жасауға болады:

- ауыл шаруашылығы өндірісінің қалдықтарын биоэтанолға қайта өңдеу шаруа қожалықтарына жаңартылатын энергияның қосымша көзін алуға мүмкіндік береді;

- алынған, экологиялық таза отын тұтынушылардың орталық газбен жабдықтаудан қашықтығы жағдайында жылу және электр энергиясын өндіру үшін пайдаланылуы мүмкін;

Қорытынды

Бұл мақалада энергия ресурстарын үнемдеуден басқа, мұндай көз қалдықтарын өңдеу, қатты тұрмыстық қалдықтарды биоэтанолға өңдеу әдістері, адамның өмір сүру процесінде биоэтанол алуға, содан кейін жылу және электр энергиясын алуға жарамды қатты тұрмыстық қалдықтарды қайта өңдеу технологиясы ұсынылды.

Ауылшаруашылық қалдықтарын салыстырмалы түрде арзан биоэтанолды өндіру үшін пайдалануға болатындығы көрсетілді. Биоэтанол өндірісінің қалдықтары мал азығына жарамды, бұл ауылдық жерлер үшін және қоршаған ортаға экологиялық жүктемені азайту үшін де маңызды. Ауыл шаруашылығы өндірісінің қалдықтарын биоэтанолға қайта өңдеу шаруа қожалықтарына жаңартылатын энергияның қосымша көзін алуға, алынған экологиялық таза отын, тұтынушылардың орталық газбен жабдықтаудың қашықтығы жағдайында жылу және электр энергиясын өндіру үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Rocha-Meneses, L., Raud, M., Orupold, K. & Kikas, T.** Производство биоэтанола второго поколения [Текст] // *Агрономические исследования*. – Тарту, 2017. – 15(3). – С. 830–847.

2 **Кундас, С.П., Позняк, С.С., Шенец, Л.В.** Возобновляемые источники энергии [Текст]: Учебник – Минск, 2009. – 315 с.

3 **Сибикин, Ю.Д., Сибикин, М.Ю.** Нетрадиционные возобновляемые источники энергии [Текст]: Учебник – М., 2009. – 232 с.

4 **Чегошникова, Л.М.** Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: Учебное пособие – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. – 69 с.

5 **Yang, Ziqi, Wu, Yuanqing, Zhang, Zisheng.** Recent advances in cothermochemical conversions of biomass with fossil fuels focusing on the synergistic effects [Text] // *Renewable & sustainable energy reviews Book 103*, Published : APR – 2019. – P. 384–398.

6 **Girones, V.C. & Peduzzi, E.F.** On the Assessment of the CO₂ Mitigation Potential of Woody Biomass [Text] // *Frontiers in Energy Research : book 5 – Article No. : UNSP 37* Published : JAN 24., 2018.

7 **McKendry, P.** Energy production from biomass : conversion technologies. – 2002. – P. 47–54.

8 **Ismuratov, S.B., Bedych, T.V., Glushchenko, T.I.** Forecasting model for capacity of autonomous power station [Text] // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. India –2019. – P. 613–619.

9 **Glushchenko, T., Bedych, T., Podvalnyy, V. & Cherkasov, Y.** The structure of closed energy cycle with self- regenerating soil fertility [Text] // Atlantis press Advances in Intelligent Systems Research, International Scientific and Practical Conference Digitization of Agriculture – Development Strategy. – Paris, 2019. – P. 306–309.

10 **Chandra, R., Takeuchi, H. & Hasegawa, T.** Methane production from lignocellulosic agricultural crop wastes : A review in context to second generation of biofuel production [Text] // Renewable and Sustainable Energy Reviews 16(3). – 2012. – P. 1462–1476.

References

1 **Rocha-Meneses, L., Raud, M., Orupld, K. & Kikas, T.** Proizvodstvo bioetanola vtorogo pokoleniya [Second-generation bioethanol production] [Text]. In Agronomic Research. – Tartu, 2017.15 (3), P. 830–847.

2 **Kundas, S.P., Poznyak, S.S., Shenets, L.V.** Vozobnovlyaemye istochniki energii : Uchebnik [Renewable energy sources: Textbook] [Text]. – Minsk, Belarus, 2009. – 315 p.

3 **Sibikin, Yu.D., Sibikin, M.Yu.** Netraditsionnye vozobnovlyaemye istochniki energii : uchebnik [Non-traditional renewable energy sources : Textbook] [Text]. – M., 2009. – 232 p.

4 **Chetoshnikova, L.M.** Netraditsionnye vozobnovlyaemye istochniki energii: uchebnoe posobie [Non-traditional renewable energy sources: Textbook] [Text]. – Chelyabinsk : Publishing house of SUSU, 2010. – 69 p.

5 **Yang, Ziqi, Wu, Yuanqing, Zhang, Zisheng.** Recent advances in cothermochemical conversions of biomass with fossil fuels focusing on the synergistic effects [Text] // Renewable & sustainable energy reviews Book 103, Published : APR – 2019. – P. 384–398.

6 **Girones, V.C. & Peduzzi, E.F.** On the Assessment of the CO₂ Mitigation Potential of Woody Biomass [Text] // Frontiers in Energy Research : book 5 – Article No. : UNSP 37 Published : JAN 24., 2018.

7 **McKendry, P.** Energy production from biomass : conversion technologies. – 2002. – P. 47–54.

8 **Ismuratov, S.B., Bedych, T.V., Glushchenko, T.I.** Forecasting model for capacity of autonomous power station [Text] // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. India –2019. – P. 613–619.

9 **Glushchenko, T., Bedych, T., Podvalnyy, V. & Cherkasov, Y.** The structure of closed energy cycle with self-regenerating soil fertility [Text] // Atlantis press Advances in Intelligent Systems Research, International Scientific and Practical Conference Digitization of Agriculture – Development Strategy. – Paris, 2019. – P. 306–309.

10 **Chandra, R., Takeuchi, H. & Hasegawa, T.** Methane production from lignocellulosic agricultural crop wastes : A review in context to second generation of biofuel production [Text] // Renewable and Sustainable Energy Reviews 16(3). – 2012. – P. 1462–1476.

Материал 12.06.21 баспаға түсті.

*Т. И. Глуценко¹, Т. В. Бедыч², З. К. Абдикулова³, Б. К. Сакенов⁴

^{1,4}Костанайский региональный университет

имени А. Байтурсынова, Республика Казахстан, г. Костанай;

²Костанайский инженерно-экономический университет

имени М. Дулатова, Республика Казахстан, г. Костанай;

³Международный казахско-турецкий университет

имени Ходжи Ахмеда Ясави, Республика Казахстан, г. Туркестан.

Материал поступил в редакцию 12.06.21.

РЕСУРСЫ БИОМАССЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЭТАНОЛА

В статье рассмотрены вопросы использования возобновляемой энергии для производства биоэтанола. Костанайская область является развитой сельскохозяйственной областью. Большая часть земель занята под посевные площади зерновых культур и кукурузы, масличных культур и овощей. В процессе производства, транспортировки, хранения и переработки аграрных культур значительная часть выращенных приходит в негодность. Использование которых, в дальнейшем, не представляется возможным по основному назначению. Зачастую некондиция остается на полях гнить или выбрасывается. Рассмотренный в статье материал показывает, что отходы сельскохозяйственного производства можно использовать для производства относительно недорого биоэтанола. В регионе большая часть населения являются сельские жители. Населенные пункты отдалены друг от друга на большие расстояния. Для обеспечения потребностей сельских жителей, инфраструктуры сельской местности, было бы рациональным использование биоэтанола в качестве источника электрической

и тепловой энергии. Отходы производства биоэтанола пригодны для корма скоту, что так же важно для сельской местности и для снижения экологической нагрузки на окружающую среду. В процессе жизнедеятельности человека создаются твердые бытовые отходы, которые так пригодны для получения биоэтанола, а затем для получения тепловой и электрической энергии. Приведенные расчеты показывают целесообразность переработки твердых бытовых отходов в биоэтанол. Страны Евросоюза успешно развивают технологии по производству биоэтанола и синтетических видов топлива, используя исследования своих ученых. Казахстан, имея опыт возделывания масличных культур и необходимые посевные площади может успешно развивать отрасль производства биоэтанола.

Ключевые слова: биомасса, биоэтанол, твердые бытовые отходы, осадки сточных вод, возобновляемые источники энергии.

**T. I. Glushchenko¹, T. V. Bedych², Z. K. Abdikulova³, B. K. Sakenov⁴*

^{1,4}*Kostanay Regional University named after A. Baitursynov, Republic of Kazakhstan, Kostanay;*

²*Kostanay Engineering and Economic University named after M. Dulatova, Republic of Kazakhstan, Kostanay;*

³*Khoja Ahmet Yasawi International Kazakh-Turkish university, Republic of Kazakhstan, Turkestan.*

Material received on 12.06.21.

BIOMASS RESOURCES FOR PRODUCTION OF BIOETHANOL

This article describes using renewable energy for bioethanol production. Kostanay Region is a developed agricultural region. Most part of its area is under grain crops and corn, oil crops and vegetables. In the course of production, transportation, storage and processing of agricultural crops, a large part of them becomes unsuitable for use; in future they cannot be used for the intended purpose. Substandard product often stays in the fields to rot or is thrown away. Information considered in this article demonstrates that agricultural waste can be used to produce rather inexpensive bioethanol. Most part of the population in this region is rural. Settlements are far apart from each. It would be reasonable to use bioethanol as a source of electric and thermal energy to meet the needs of rural residents and infrastructure. Wastes from bioethanol production can be used for feeding animal stock what is also important for rural areas and reduces environmental burden. In the course of human

life, solid waste is formed that is suitable for producing bioethanol, and consequently, for generating thermal and electric energy. Presented calculations show the feasibility of processing municipal solid waste into bioethanol. EU countries successfully use researches performed by their scientists for developing technologies for the production of bioethanol and synthetic fuels. Kazakhstan, with its experience in cultivation of oilseeds and required planted area, can successfully develop bioethanol industry.

Key words: biomass, bioethanol, municipal solid waste, sewage sludge, renewable energy sources.

Теруге 12.06.2021 ж. жіберілді. Басуға 24.06.2021 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

6,28 Мб RAM

Шартты баспа табағы 15,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. Р. Омарова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3792

Сдано в набор 12.06.2021 г. Подписано в печать 24.06.2021 г.

Электронное издание

6,28 Мб RAM

Усл. печ. л. 15,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. Р. Омарова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3792

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz