

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

№ 1 (2023)

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://10.48081/BNAS6555>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., профессор

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

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*
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD*
Омарова А.Р., *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

doi.org/10.48081/JPPT2386

***Т. Шайхслам¹, К. Т. Саканов²**

^{1,2}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар
email:takibai@mail.ru

АНАЛИЗ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ЦЕНОСФЕРЫ ПЛАВАЮЩИХ ЗОЛ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОБЕТОНА

В статье рассматриваются анализ зернового состава и размеры микрочастицы ценосферы плавающей золы тепловых электростанций для производства газобетона и решение вопроса загрязнения окружающей среды от золоотходов. Основными источниками загрязнения воздуха и почвы в Екибастузе также являются расположенные здесь тепловые электростанции и их летучая зола. Только первая Екибастузская тепловая электростанция вырабатывает 1,5 миллиона квт электроэнергии в год и выбрасывает в атмосферу тонны золы. Алюминиевые микросферы летучей золы тепловых электростанций используются в производстве легкого бетона в качестве основного заполнителя легкого бетона с цементным вяжущим при определенных условиях. Легкий бетон на основе микросфер золы имеет технологические особенности. По сравнению с другими подобными видами бетона он в 1,2 раза легче, в 3 раза прочнее и выдерживает температуру до 1200 °С. В качестве сырья бетонной смеси использовались золо-кремнеземистые микросферы, алюминиевый (глиноземный) цемент и каолинг. Его можно использовать для футеровки промышленных печей [9,10].

Проведены исследования и выполнен анализ зернового состава ценосферы плавающей золы тепловых электростанций г. Екибастуза Республики Казахстан. В данных исследованиях большое внимание уделено сравнению анализа зернового состава ценосферы плавающей золы тепловых электростанций Екибастуза с другими видами золы некоторых тепловых электростанций Монголии. Так же сделаны выводы на соответствие их по зерновому составу международным стандартным нормам и требованиям для производства газобетона.

Ключевые слова: ценосфера, плавающая зола, загрязнение окружающей среды, зерновой состав, лазерная дифракция, стандартные нормы и требования, газобетон.

Введение

В последние годы анализ летучих и плавающих зольных микросфер и ценосфер тепловых электростанций вызвал большой интерес ученых всего мира, и масштабы исследований и их применение быстро растут. В составе зольных уносов содержатся ценные микросферические компоненты – ценосферы, которые благодаря своим уникальным свойствам потенциально пригодны для создания материалов различного назначения [5, 6]. Высокая текучесть, прочность сферических частиц, низкая плотность и нетоксичность, характеризующие концентраты ценосфер, определили их применение в качестве наполнителей облегченных композитных материалов: бетонов, полимеров и резин, металлических сплавов [9,10]. Также предлагается использовать концентраты ценосфер для получения керамических композитов с различными свойствами. В последние годы на основе детально охарактеризованных узких фракций ценосфер определенного состава и строения разработаны новые функциональные материалы [1,7,8].

Свойства зологазобетона во многом зависит от размера зернового состава золы. Основным объектом исследования было выбрано озеро золоохранилище Екибастузских ГРЭС в Павлодарской области Казахстана (Рисунок.1а). Озеро золоохранилище по периметру составляет около 70 км и глубиной 0,5–2 м. Образцы для исследования были взяты из плавающего и накапливающейся золы на берегах озера под влиянием ветра и волн воды. Озеро золоохранилище расположено в 5 км от Екибастузских ГРЭС-1 и ГРЭС-2. ГРЭС-1 расположен от города Екибастуза в 7 км. ГРЭС-2 расположен от города Екибастуза в 27км и в 120 км к северу от г.Павлодара, т.е. центра Павлодарской области. Принцип работы Екибастузских ГРЭС, которые являются главным объектом нашего исследования. В ГРЭС-1 и ГРЭС-2 г. Екибастуза используется спекающийся каменный уголь марки СС с содержанием углерода 80–83 %. Данные теплоэлектрические станции сжигают около 8 миллионов тонн угля, производя 2,4 миллиарда киловатт-часов электроэнергии и выделяют более 600 000 тонн золы-уноса в год. Приблизительно 80 % летучей золы из угля, сожженного при 1200–1700 °С в печи ТЭС передается на электрический фильтр, а оставшиеся 20 % собираются в нижнем бункере шлаковой печи. Затем золоотходы гидроудалением транспортируется в золоохранилище. Из золы, хранящейся в озере выделяется большое количество плавающей ценосферы, которые самофильтруется законами природы.

Плавающая зола Екибастузских ГРЭС-1 и ГРЭС-2 Казахстана отличается от золы ТЭС других типов тем, что состоит из микрочастиц ценосферы. Плавающая зола Екибастузской ГРЭС-1 и ГРЭС-2 состоит исключительно из легких немагнитных ценосфер, которые плавают на поверхности воды и накапливаются на берегах озера золоохранилища.

Материалы и методы

Зерновые составы плавающих зольных микросфер тепловых электростанции Екибастуза и золы других ТЭС определяли лазерным дифракционным методом (LSM24). Метод лазерной дифракции основан на теории Миэ рассеяния света [2,3]. Когда лазерный луч проходит через жидкую среду он рассеивается под небольшим углом к крупным частицам образца и под большим углом к мелким частицам, и количество частиц, равномерно распределенных в циркулирующей жидкости, регистрируется в течение минимум 1 мин. Размер частиц от 1 мкм до 1000 мкм определяется из данных интенсивности углового распределения. Основное сырье, который мы изучаем – сы плавающая зола Экибастузских ТЭС как было установлено состоит из сферических микрочастиц светящихся немагнитных ценосфер [1].

Результаты и обсуждение

Цель исследования и основная часть. Целью работы является исследование и анализ зернового состава сырья ценосферы плавающих зол тепловых электростанций Екибастуза и сравнение зернового состава золы некоторых ТЭС Монголий для производства газобетона. Испытания проводились в лаборатории Технологического центра города Коряме, Япония, на лазерной дифракционной установке LMS-24 в соответствии с международным стандартом JIS A 6201.

Условия и ход испытания. Образец был спроектирован так, чтобы иметь отношение твердого вещества к жидкости 1: 0,0012, чтобы гарантировать, что испытуемый образец не вступает в химическую реакцию с жидкой средой. В тестовой жидкости используются вода и этанол, для исследования выбран этанол. Результаты испытания представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Сравнение состава частиц плавающей золы, определенных методом лазерной дифракции

Размер частицы, мкм	Распределение на сите		
	Плавающая зола от ТЭС Екибастуза	Летучая зола ТЭС №4 г.Улан-Батор	Летучая зола ТЭС Амгалан, г. Улан-Батор
<5	0	3,84	6,94
5-10	0	9,87	13,33

10-20	0,4	9,88	10,97
20-40	1,47	9,96	9,99
40-60	3,09	10,95	12,25
60-100	26,24	15,95	11,98
100-150	31,12	16,82	9,92
150-200	22,04	9,92	8,93
200-300	10,41	5,97	7,36
300-600	5,59	2,45	6,25
Σ	100	100	100

В таблице 1 и на рисунке 1 представленные зерновые частицы размером 60–300 мкм Екибастузской ТЭС плавающей золы, в основном, распределены на 10–26 % и доля этих фракций занимает 89 % от общей суммы. В том числе размеры фракций и содержания ценосферных концентратов в плавающей золе Екибастузских ТЭС: 60–100 мкм – 26,24 %, 100–150 мкм – 31,12 %, 150–200 мкм – 22,04 %, 200–300 мкм – 10,41

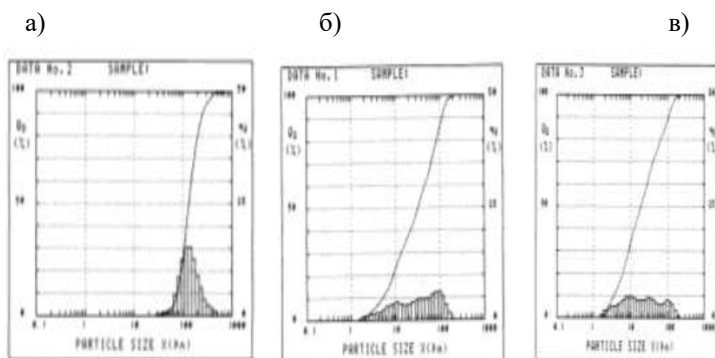


Рисунок 1 – График распределения частиц летучей золы:
 а) плавучая зола ГРЭС Екибастуза; б) летучая зола ТЭС №4, г. Улан-Батор; в) летучая зола ТЭС в Амгалан, г. Улан-Батор

На графике а) кривая и дифференциальная диаграмма распределения зерновых частиц ценосферы плавающих зол Екибастузских ТЭС: размеры частицы в интервалах 50–600 мкм, занимает от общей суммы фракций 95 %, максимальные размеры – 31,12 %, в интервале 100–150 мкм. На графике б) кривая и дифференциальная диаграмма распределения зерновых частиц летучей золы ТЭС №4 г. Улан-Батора (Монголия): размеры частицы в интервалах 5–200 мкм – занимает от общей суммы фракций

95 %, максимальные размеры – 16,82 %, в интервале 100-150 мкм. На графике в) кривая и дифференциальная диаграмма распределения зерновых частиц летучей золы ТЭС Амгалан г. Улан-Батора (Монголия): размеры частицы в интервалах 5–150 мкм, занимает от общей суммы фракций 78 %, максимальные размеры – 13,33 %, в интервале 5–10 мкм.

По сравнению с составом частиц плавающей золы-уноса Екибастузских ТЭС Казахстана и составом частиц золы-уноса ТЭС Монголии (рисунок 1, таблица 1), зола использованная в исследовании, была крупнозернистой, 60-200 мкм. В зерновых составах золы Улан-Баторской ТЭС № 4 и ТЭС Амгалан преобладают частицы размером менее 100 микрон, с более мелким размером частиц.

В зерновом составе плавающей золы Екибастузской ТЭС Казахстана, определенной с помощью лазерной дифракции преобладают более крупные и средние частицы 60–600 мкм (с помощью лазерной дифракции). А размеры зернового состава летучей золы Монгольских ТЭС меньше 150 мкм. Согласно ГОСТ 25818 - 2017 и МГС 3927: 2015 по зерновому составу плавающая зола Екибастуза относится к золе типа III [4]. В соответствии с этим стандартом допускается их использовать в составе газобетона.

В результате исследований установлено влияние изменения зернового состава плавающей золы Екибастузских ТЭС на качество бетона, его можно непосредственно без переоборотки использовать в составе газобетона. В результате испытаний применение мелки части зерновой фракций ценосферы плавающей золы установили, что повышаются физико-механические характеристики бетона.

Выводы

Зерновые составы ценосферы плавающей золы Екибастузских ТЭС не превышают нормативных требований. Анализ показывает, что по зерновому составу плавающая зола Екибастузских ТЭС относится в соответствии с стандартом ГОСТ 25818–2017 к золе типа III. Согласно результатам исследования зернового состава плавающая зола может быть рекомендованна в составе легких бетонов для производства ограждающих конструкций. При этом уменьшается загрязнение окружающей среды и улучшается экология.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Фоменко, Е. В., Аншиц, Н. Н., Васильева, Н. Г** и др. Состав и строение оболочки алюмосиликатных микросфер золы-уноса, образующихся от сжигания Экибастузского угля. Сибирский федеральный университет «Институт химии и химической технологии». – Красноярск, 2016.

2 **Пименова, Л. Н.** Термография. Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Физико – химические методы исследования». – Томск : ТГАСУ, 2005. –21 с.

3 **Намжилдорж Б.** Материалын судалгааны физик аргууд гарын авлага. – Улан-Батор, 2013. – 25 х.

4 Межгосударственный стандарт. ГОСТ 25818-2017. Золо-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия (EN 450-1:2012, NEQ). – М. : Стандартиформ, 2017.

5 **James Hannan.** Chemical Makeup of Fly and Bottom Ash Varies Significantly; Must Be Analyzed Before Recycled (англ.). Thermo Fisher Scientific (6 February 2015). Проверено 29 мая 2018.

6 **T. Shaixlam, D.Sunjidmaa, G.Batdemberel** A study of Ferrospheres in the Coal Fly Ash Open Journal of Applied Sciences,2019,9,10-16 <http://www.scirp.org/journal/ojapps> ISSN Online: 2165–3925 ISSN Print:2165–3917.

7 **Красный, Б. Л.** и др.Летучая зола как техногенное сырье для получения огнеупорных и изоляционных керамических материалов (обзор) [Электрон. ресурс] – 2016- Москва:- <https://www.ntcbakor.ru/articles/publikatsii/letuchaya-zola-kak-tekhnogennoe-syrye>(дата обращения: 1.10.2021).

8 **Алисева, Э. М.** Микросферы из золошлаковых отходов ТЭЦ города Бишкек[Электрон.ресурс]–2014 – Бишкек: <https://elbrary.ru>(дата обращения: 1.10.2021).

9 **Шайхслам, Т. Такибай, К. Саканов, Сунжидмаа, Д.** Исследование характеристик золы тепловых электрических станций для использования в составе ячеистого бетона / Сборник трудов международной научно-практической конференций – Екибастуз, 2018. С. 246–248.

10 **Шайхслам Т., Күдерин М. К., Сунжидмаа Д.** Применение зол тепловых электрических станций для производства строительных материалов // Сборник международная научно-практическая конференция «IX Торайгыровские чтения». – Павлодар: ПМУ имени С.Торайгырова, 2017. –296–300 с.

REFERENCES

1 **Fomenko E. V., Anşis N. N., Vasileva N. G** i dr. Sostav i stroenie obolochki alümosilikatnyh mikrosfer zoly-unosa, obrazuiuşhsä ot sjigania Ekibastuzskogo uglä. [The composition and structure of the shell of aluminosilicate fly ash microspheres formed from the combustion of the Ekibastuz coal]. Sibirski federälnyi universitet «Institut himii i himicheskoj tehnologii». – Krasnoiarisk, 2016.

2 **Pimenova L.N.** Termografia. Metodicheskie ukazania k laboratornoi rabote po disipline «Fiziko – himicheskie metody issledovania» [Thermography.

Methodical instructions for laboratory work in the discipline «Physicochemical methods of research». – Tomsk : TGASU, 2005. –21 p.

3 **Namzhildorz B.** Materialyn sudalgaany fizik arguud garyn avlaga. [Handbook of Physical Methods in Materials Research]. – Ulan Bator, 2013.–25 x

4 Mejjosudarstvennyi standart. GOST 25818-2017. Zoly-unosa teplovyh elektrostansi dlä betonov. Tehnicheskie uslovia (EN 450–1:2012, NEQ). [Interstate standard. GOST 25818-2017. Fly ash from thermal power plants for concrete. Specifications (EN 450-1: 2012, NEQ)]. – М. : Standartinform, 2017.

5 **James Hannan.** [Chemical Makeup of Fly and Bottom Ash Varies Significantly; Must Be Analyzed Before Recycled]. Thermo Fisher Scientific (6 February 2015). Provereno 29 maia 2018.

6 **T. Shaixlam, D. Sunjidmaa, G. Batdemberel** [A study of Ferrospheres in the Coal Fly Ash] // Open Journal of Applied Sciences. – 2019,9,10-16 – <http://www.scirp.org/journal/ojapps>. – ISSN Online: 2165–3925. – ISSN Print: 2165-3917.

7 **Krasnyi B. L.** i dr. Letuchaia zola kak tehnogennoe syre dlä poluchenia ogneupornyh i izoläionnyh keramicheskikh materialov (obzor) [Fly ash as a technogenic raw material for the production of refractory and insulating ceramic materials (review)] – Moscow : 2016 - [Electronic resource]– <https://www.ntcbakor.ru/articles/publikatsii/letuchaya-zola-kak-tehnogennoe-syre> (data obraşenia: 1.10.2021).

8 **Alisova E. M.** Mikrosfery iz zoloşlakovyh othodov TES goroda Bişkek [Microspheres from ash and slag waste from the thermal power station of the city of Bishkek] Bishkek: –2014 – [Elektronik.resurs] <https://elibrary.ru/item> (data obraşenia: 1.10.2021).

9 **Shaikhslam Takibay., K.T.Sakanov., D.Sunzhidmaa.** İssledovanie harakteristik zoly teplovyh elektricheskikh stansi dlä ispölzovania v sostave iacheistogo betona [Investigation of the characteristics of ash from thermal power plants for use in the composition of cellular concrete // Sbornik trudov mejdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferensi. Ekibastuz, 2018. P. 246–248.

10 Shaikhslam T., Kyderin M.K., Sunzhidmaa D. Primenenie zol teplovyh elektricheskikh stansi dlä proizvodstva stroitelnyh materialov. [The use of ashes from thermal power plants for the production of building materials]. // Sbornik mejdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferensia«IX Toraiğyrovskie chitenia»,Pavlodar. PMU imeni S.Toraigyrova, 2017. P.–296–300

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

*Т. Шайхслам¹, Қ. Т. Саканов²

^{1,2}Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ГАЗДЫ БЕТОН ӨНДІРУГЕ АРНАЛҒАН ЖЫЛУ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯ СЫНЫҢ ҚАЛҚЫМАЛЫ КҮЛІНІҢ ТҮЙІРШІКТІ ҚҰРАМЫНЫҢ ТАЛДАУЫ

Мақалада газдалған бетон өндіруге арналған жылу электр станцияларының қалқымы күлінің түйіршікті құрамы мен ценосфералық микробөлшегінің өлшемдерін талдау және күл қалдықтарынан қоршаған ортаны ластау мәселелерін шешу талқыланады. Екібастұз аумағының ауасы мен топырағының ластануының негізгі көзі де осында орналасқан жылу электр станцияларынан шығарылатын күл қалдықтары болып табылады. Тек бірінші Екібастұз ЖЭС жылына 1,5 млн кВт электр энергиясын өндіріп, топырақ пен атмосфераға тонналап күл шығарады. ЖЭС-тен шыққан күлдің алюминий микросфералары жеңіл бетон өндірісінде цемент байланыстырғышы бар жеңіл бетонның негізгі толтырғышы ретінде белгілі бір зерттелген шартты жағдайларда қолданылады. Күл микросфераларына негізделген жеңіл бетонның технологиялық ерекшеліктері бар. Ол басқа ұқсас бетон түрлерімен салыстырғанда 1,2 есе жеңіл, 3 есе берік және 1200 °С температураға төтеп бере алады. Бетон қоспасы үшін шикізат ретінде күлді кремний микросфералары, алюминий (глинозем) цементі және каолин пайдаланылды. Оны өнеркәсіптік пештерді қаптау үшін қолдануға болады [9,10]. Қазақстан Республикасының Екібастұз қалалық МАЖЭ 1-ші, 2-ші станцияларының ұша қалқыма күлі ценосферасының түйіршікті құрамына зерттеу және талдау жүргізілді. Бұл зерттеулер мен талдаулар нәтижелерін Моңғолияның кейбір жылу электр станцияларының ұша күлінің түрлерінің түйіршікті құрамымен салыстыра зерттеуге көбірек назар аударылған. Сондай-ақ жылу электр станцияларының қалқыма және ұша күлінің түрлерінің түйіршікті құрамының газдыбетон өндірісіне қолдануға отандық және халықаралық стандарт нормалары мен талаптарына сәйкестігі туралы қорытынды жасалды.

Кілт сөздер: ценосфера, қалқып шығатын күл, қоршаған ортаның ластануы, түйіршікті құрам, лазерлік дифракция, стандартты нормалар мен талаптар, газдыбетон.

**T. Shaikhslam¹, K.T. Sakanov²*

^{1,2}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Material received on 13.03.23

ANALYSIS OF THE GRAIN COMPOSITION OF THE CENOSPHERE OF FLOATING ASH OF THERMAL POWER PLANTS FOR THE PRODUCTION OF GAS CONCRETE

The article discusses the analysis of the grain composition and the size of the cenosphere microparticle of floating ash from thermal power plants for the production of aerated concrete and the solution of the issues of environmental pollution from ash waste. The main sources of air and soil pollution in Ekibastuz are also thermal power plants located here and their fly ash. Only the first Ekibastuz thermal power plant generates 1.5 million kW of electricity per year and emits tons of ash into the atmosphere. Aluminum microspheres of fly ash from thermal power plants are used in the production of lightweight concrete as the main aggregate for lightweight concrete with cement binder under certain conditions. Lightweight concrete based on ash microspheres has technological features. Compared to other similar types of concrete, it is 1.2 times lighter, 3 times stronger and can withstand temperatures up to 1200 °C. Ash-silica microspheres, aluminum (alumina) cement and kaoling were used as raw materials for the concrete mixture. It can be used for lining industrial furnaces [9,10]. Research and analysis of the grain composition of the cenosphere of floating ash of thermal power plants in the city of Ekibastuz of the Republic of Kazakhstan has been carried out. In these studies, more attention is paid to the comparison of the analysis of the grain composition of the cenosphere of floating ash from thermal power plants in Ekibastuz with other types of ash from some thermal power plants in Mongolia. Also, conclusions were made on the compliance with the grain composition with international standard norms and requirements for the production of aerated concrete.

Key words: cenosphere, floating ash, environmental pollution, grain size composition, laser diffraction, standard norms and requirements, aerated concrete

Теруге 13.03.2023 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2023 ж. кол қойылды.

Электронды баспа

3,44 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.59. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4039

Сдано в набор 13.03.2023 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.

Электронное издание

3,44 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.59. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4039

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

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

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

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

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz