

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 (2025)

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/NRPL3020>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

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/KEJU8719>

**А. Е. Карманов¹, *Ж. А. Тулебаева², Е. В. Приходько³,
Е. Б. Жуков⁴, Д. А. Азаматова⁵**

^{1,2,3,5}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

⁴И. И. Ползунов атындағы Алтай мемлекеттік техникалық университеті, Ресей Федерациясы, Барнаул қ.

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7512-0275>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-9777>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2168-2285>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6016-4301>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2446-5817>

*e-mail: tulebaeva.zhanar@mail.ru

ӨСІМДІК ТЕКТЕС ОРГАНИКАЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ЖЫЛУ ЭНЕРГЕТИКАСЫНДА ОТЫН РЕТІНДЕ ПАЙДАЛАНУ ӘЛЕУЕТІН БАҒАЛАУ

Мақалада жылу энергетикалық қондырғыларда отын ретінде өсімдік тектес органикалық қалдықтарды пайдалану әлеуетін бағалау келтірілген. Экономикалық дамыған елдерде ауыл шаруашылығы қалдықтарын пайдалануға талдау жасалды. Сондай-ақ, Қазақстанның, атап айтқанда Павлодар облысының ауыл шаруашылығы ресурстары бойынша әлеуетті бағалау жүргізілді. Қазақстанда өсімдік тектес органикалық қалдықтардың көлемі мен алуан түрлілігі бойынша талдау жүргізілді. Қазақстанның ауыл шаруашылығы қалдықтары бойынша статистикалық деректер келтірілген. Сонымен қатар, Павлодар облысында өнеркәсіптік ауқымда түзілетін ауыл шаруашылығы қалдықтары бойынша әлеуетті салыстырмалы бағалау жүргізілді. Бүгінгі таңда Қазақстан қайталама шикізаттың айтарлықтай қорына (әлеуетіне) ие. Өсімдік тектес органикалық қалдықтарды отын ретінде пайдалану мүмкіндігі жоғары, өйткені оның жылудық құндылығы көмірдің жылудық құндылығымен салыстырылатын, күлдің аздығы және қоршаған ортаға аз шығарындылары бар. Дәнді дақылдарды, әсіресе қарақұмықты өсіру және өңдеу кезінде жеміс қабықтары (қабық, жыныс), ұн (кебек), сабан сияқты

тонна қалдықтар пайда болады. Әдетте, бұл қалдықтар егістікте қалады немесе өртеледі. Мақалада жылу энергетикасында өсімдік тектес ауылшаруашылық қалдықтарын отын ретінде пайдалану перспективалары қарастырылады. Ауыл шаруашылығы қалдықтарын пайдалана отырып жылу генерациялау үшін отынды жағу үшін қолда бар қазандық қондырғыларын пайдалану мүмкіндігіне бағалау жүргізілді.

Кілтті сөздер: органикалық қалдықтар, өсімдік қалдықтары, ауылшаруашылық қалдықтары, жаңартылатын энергия көздері, энергия әлеуеті, потенциал, отын, қабық.

Кіріспе

Қазіргі уақытта бүкіл әлемде дәстүрлі отынды үнемдеу мәселесі өткір тұр, өйткені мұндай отынның қоры мәңгілік емес. Сонымен қатар, экологиялық тұрғыдан алғанда, көмірді отын ретінде пайдалану орынды емес және қоршаған ортаға белгілі бір зиян келтіреді [1]; [2].

Осыған байланысты әлемдік энергетика өсімдік тектес органикалық қалдықтарды энергетикалық отын ретінде пайдалануға үлкен көңіл бөледі. Бұл аспект, ең алдымен, экологиялық тазалыққа байланысты назар аударады, өйткені өсімдік қалдықтарын жағу көміртегі оксидтерін сіңіргеннен аз шығарады [3].

Финляндия биоотынды зерттеу және пайдалану бойынша көшбасшы бола отырып, 50 млн. доллар көлемінде қаржыландырылатын және 60-қа жуық жобаны қамтитын BIOENERGIA бағдарламасы бойынша зерттеулер жүргізеді. Осыған қарамастан, ауылшаруашылық кәсіпорындарының жанармай балансында биоотын қарапайым орын алады [1]. Ауыл шаруашылығында дәнді дақылдарды өңдеу кезінде өсімдік қалдықтарының көп мөлшері (қабық, сабан) жиналады. Жиналған егіннің массасына қатысты бұл қалдықтардың мөлшері % құрайды: бидай – 175, жүгері – 120, күріш – 180, соя – 260, мақта – 300 [4].

Ұлыбритания, АҚШ, Франция сияқты елдерде ауылшаруашылық қалдықтары энергия шығындарының 100 % жабуы мүмкін, Канада мен Германияда ауылшаруашылық қалдықтары сәйкесінше 87,7 % және 85,9 % энергия шығындарын жабуы мүмкін [5]; [6].

Статистикалық деректерге сәйкес, 2023 жылы Қазақстанда 60,3 мың тонна тамақ қалдықтары мен 282,5 мың тонна ағаш пен жапырақ қалдықтары жиналды. Бұл деректер ҚТҚ (қатты тұрмыстық қалдықтары) морфологиялық құрамын талдау негізінде білім берудің нақты көрінісін көрсетпейді. ҚР экология және табиғи ресурстар министрлігінің (ЭЖТРМ және т.б.) деректері бойынша Қазақстанда жыл сайын шамамен 4,5–5 млн. тонна ҚТҚ түзіледі.

Бұл сандарға тамақ және өсімдік қалдықтары жатады. Осылайша, біз шамамен 1,3–1,4 млн. тонна тамақ және өсімдік қалдықтарын аламыз [7].

Материалдар мен әдістері

Әртүрлі мақсаттарда зерттелген ауылшаруашылық қалдықтары мен қатты тұрмыстық қалдықтар әлеуетті энергия көздері болып табылады. Жапырақ қалдықтарын қайта өңдеу технологиясы тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық объектілеріне жылу энергиясын алу мақсатымен әзірленуде және математикалық және физикалық модельдеуге негізделуді жоспарлайды.

Әзірлеуде қолданылатын әдістер: жылуөткізгіштік теориясының іргелі ережелері, математика, жылу беру коэффициентін және жылу шығының анықтау, табиғи тәжірибе [8].

Павлодар облысында өнеркәсіптік ауқымда қалыптасатын ауыл шаруашылығы қалдықтарының әлеуетін салыстырмалы бағалауды жүргіземіз. Ауыл шаруашылығы қалдықтарының әлеуетін салыстырмалы бағалау 1-кестеде келтірілген.

1-кесте – Әртүрлі қалдықтардың жану жылуы

Отын түрі	Өлшем бірлігі	Жанудың меншікті жылуы	
		ккал	МДж
Ағаш түйіршіктері	1 кг	4100	17,17
Сабан түйіршіктері	1 кг	3465	14,51
Күнбағыс қабығының түйіршіктері	1 кг	4320	18,09
Жаңа кесілген ағаш ($W=50...60\%$)	1 кг	1940	8,12
Кептірілген ағаш ($W=20\%$)	1 кг	3400	14,24
Қоқыс	1 кг	2610	10,93
Үгінділер	1 кг	2000	8,37
Қаракұмық қабығы	1 кг	6444	27,00
Күнбағыс қабығы, соя	1 кг	4060	17,00
От зығыр	1 кг	3805	15,93
Жүгері ($w>10\%$)	1 кг	3500	14,65
Сабан	1 кг	3750	15,70
Ағаш қоқысы	1 кг	2387	10,00
Ағаш түйіршіктері	1 кг	4177	17,5
Сабан түйіршіктері	1 кг	3461	14,5

Ауыл шаруашылығы қалдықтарын пайдалана отырып жылу генерациялау үшін отынды жағу үшін қолда бар қазандық қондырғыларын пайдалану мүмкіндігін бағалау қажет. Жүргізілген талдау көрсеткендей, ауыл шаруашылығы қалдықтарының жану жылуы Екібастұз көмірінен біршама ерекшеленеді. Сондықтан, ауылшаруашылық қалдықтарын қабатты

пештерде брикеттер түрінде жағу мүмкіндігін бағалау үшін біз әртүрлі ауылшаруашылық қалдықтарынан брикеттердің жану жылдамдығын өлшейміз. Бұл мәндер көмір жағуға арналған қазандық кондырғыларында брикеттерді жағу мүмкіндігінің көрсеткіштері болады.

Жанармайдың жану жылдамдығын анықтау үшін бірқатар әдістер әзірленді [9]. Бұл әдістер отынның жану жылдамдығын мм/с (дюйм/с) анықтайды және қатты зымыран отынының жану параметрлерін анықтау үшін қолданылады. Төмен және орташа қуатты қазандықтарда бұл параметрді бағалау үшін қатты отынның жану жылдамдығын анықтау үшін біз әзірленген әдістемені және жасалған физикалық модельді қолданамыз [10].

Нәтижелер және талқылау

Қазақстанда қолжетімді ауыл шаруашылығы қалдықтарының жалпы көлемі 5,1 млн. тонна құрғақ затты құрайды [11].

Павлодар облысының жер қатынастары басқармасының деректері бойынша ауыл шаруашылығы алқаптары облыстың барлық жер аумағының 89,5 % алып жатыр. Оның ішінде 8229,5 мың га және 1569,1 мың га сәйкесінше жайылымдар мен егістік жерлерді, 1 млн. га-дан астам кен орындарын алып жатыр. Ауыл шаруашылығы дақылдарының негізгі егістік алқаптары облыстың солтүстік, солтүстік-шығыс және орталық бөліктерінде орналасқан. Мысалы, Железин, Ертіс, Қашыр, Павлодар, Успен және Шарбақты аудандарына ауданның барлық егіс алқабының 90,5 % келеді [12].

Дәнді дақылдарды, әсіресе қарақұмықты өсіру және өңдеу кезінде жеміс қабықтары (қабық, жыныс), ұн (кебек), сабан сияқты тонна қалдықтар пайда болады. Өсімдіктердің жалпы жер үсті массасында қарақұмық сабанының үлесі шамамен 42-62 % құрайды және олардың алуан түріне байланысты [13]. Ол әдетте өрістерде қалады және өртеледі. Астықты жеміс қабығынан тазарту жарма шығаратын кәсіпорындарда жүргізіледі. Сонымен, 1 тонна қарақұмық дәні құлаған кезде шамамен 200 кг жеміс қабығы пайда болады [14]; [15]. Ұнмен бірге қабықтың көлемі қарақұмықтың сорттық ерекшеліктері мен өңдеу технологиясына байланысты және астық массасының 20–30 % құрайды [16]; [17].

Павлодар облысында 2023 жылы қарақұмық өнімі 38600,9 тоннаны құрады, қабықтың өнімділігі 20–30 %, яғни шамамен 11580 тонна, бұл шартты отынға аударылғанда 9258,74 тонна [17].

Торлы ошақ жағдайлары үшін отынның жану жылдамдығын бағалау бойынша жүргізілген зертханалық зерттеулер қарақұмық қабығы брикеттерінің жану жылдамдығы 1,31 г/мин; күнбағыс қабығының жану жылдамдығы 0,98 г/мин екенін көрсетті. Бұл ретте қарастырылып отырған шарттарда Екібастұз көмірінің жану жылдамдығы 0,207 г/мин құрайды, бұл қарақұмық қабығы брикеттерінің жану жылдамдығынан 6,3 есе төмен.

Қарақұмық қабығынан жасалған отын брикеттерін жағу кезінде торлы қазандықтар есептелмейтін режимдерде жұмыс істейтін болады. Брикеттерді жағу кезінде қажетті жылу мөлшері аз уақыт ішінде бөлінеді және қыздыру беттері барлық жылуды қабылдамайды. Бұл қазандық қондырғысының пайдалы әсер ету коэффициентінің төмендеуіне әкеледі.

Қазандық пен жылу желісінің пайдалы әсер ету коэффициентін (тиімділік) (1) формула бойынша есепке алуға болады.

Отын энергиясының мөлшері (ш.о.т.) тұтынушыға берілетін жылуға айналады $Q_{\text{тұтыну}}$:

$$Q_{\text{тұтыну}} = \frac{Q_{\text{т}}^{\text{ж}} \cdot B}{\text{КПД}_{\text{қазан}} \cdot \text{КПД}_{\text{жк/т}}}, \quad (1)$$

мұнда – $Q_{\text{т}}^{\text{ж}}$ қарақұмық қабығының жану жылуы, кДж/кг;

B – жанармай шығыны (мысалы, сағатына), кг/сағ.

$\text{ПЭК}_{\text{қазан}}$ және $\text{ПЭК}_{\text{жк/т}}$ – қазандық пен жылу желісінің тиімділігі тұтынушы пайдаланатын пайдалы жылуға қанша жылу ауысатынын көрсетеді.

Сонымен $Q_{\text{тұтыну}}$ кДж/сағ., шағын қаланың жылу тұтынуымен салыстыруға болады.

Мысалы, Павлодар облысындағы Ақсу шығадық қаласының жылдық жылу тұтынуы жылына орта есеппен 287802,09 Гкал құрайды, бұл шартты отынның тоннасында жылына 41155 ш.о.т. құрайды. Ауыл шаруашылығы қалдықтарының әлеуеті (қарақұмық қабығы) Ақсу қаласын жылумен жабдықтау қажеттілігінің шамамен 20 % жабуға жеткілікті.

Қорытынды

Ауылшаруашылық және қатты тұрмыстық қалдықтардың айтарлықтай әлеуеті бар, сондықтан қалдықтарды басқару және энергия өндіру технологиялары халықаралық қоғамдастықтың назарына айналды [18].

Қалдықтарды энергияға қайта өңдеу жүйелері мен технологияларын дамыту тұрақты даму мақсаттарына (ТДМ) қол жеткізу үшін өте маңызды [19].

Осылайша, Қазақстан, атап айтқанда Павлодар облысында органикалық қалдықтардың жаңартылатын отын ретінде пайдалану үшін үлкен қоры бар. Өсімдік тектес органикалық қалдықтар отын ретінде пайдалану үшін жоғары әлеуетке ие, өйткені олар көмірдің калориялық құндылығына, төмен күлге, қоршаған ортаға аз шығарындыларға сәйкес келетін калориялық құндылыққа ие.

Ауыл шаруашылығы қалдықтарынан жасалған отын брикеттерін пайдалану үшін биобрикеттердің жоғары жану жылдамдығына байланысты қолда бар қазандық агрегаттарын қайта жаңарту немесе жылу батареяларын орнату қажет.

Жылу энергиясын ала отырып, жапырақты қоқыстарды кәдеге жарату өсімдік қалдықтарының осы түрін көмірдің орнына балама отын ретінде

пайдалануды ұсынылады. Органикалық массаның нөлдік көмірқышқыл ізін ескере отырып, тіпті кейбір пластик, полиэтилен және т.б. жапырақты қоқыстарда минималды көміртегі ізі пайда болады.

Алдағы уақытта ұсынылған технологияны тиімді іске асыру үшін құйынды оттығы бар су жылыту қазандығының оттығының физикалық моделін әзірлеу жоспарлануда.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Колесникова, Л. А., Ковальчук, Т. В. Проблемы и перспективы экологической безопасности горнодобывающих регионов / ГИАБ. 2021. № 2–1. – С. 275–286. [Электрондық ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-ekologicheskoy-bezopasnosti-gornodobyvayuschih-regionov>.

2 Крылов, Д. А. Негативное влияние элементов – примесей от угольных ТЭС на окружающую среду и здоровье людей // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 12. – С. 77–87.

3 Шаимова, А. М., Насырова, Л. А., Фасхутдинов, Р. Р., Шаимов, М. М. Использование биомассы – радикальное решение проблем экологии и энергетики / АЭЭ. – 2012. – № 5–6. – С. 175–182. [Электрондық ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-biomassy-radikalnoe-reshenie-problem-ekologii-i-energetiki>.

4 Карманов, А. Е., Әлімхан, Б. Б., Бекмаганбет, Ә. А. Использование растительных отходов в энергетических целях. Материалы международной научно-практической конференции «ХІ Торайғыровские чтения». Т.4. – Павлодар: ПГУ, 2019. – С. 151–155.

5 Шахматов, К. Л. Особенности получения топливных брикетов и гранул биомассы тростника (*Phragmites australis*) выработанного торфяного месторождения Чувицино Калининского района Тверской области // Труды Инсторта, 2014. – № 10 (63). – С. 29–33.

6 Афанасьев, А. А., Баранов, Н. Н. «Мировая энергетика: глобальные проблемы и перспективы развития» / Энергия: экономика, техника, экология. – № 2. – 2021. – С. 28–47. – <https://doi.org/10.7868/S023336192102004X>.

7 Биоразлагаемые отходы в Республике Казахстан. Оценка нормативно-правовой базы и инфраструктуры для управления бытовыми отходами [Электрондық ресурс]. – https://www.switch-asia.eu/site/assets/files/3607/biodegradable_waste_kazakhstan_ru-1.pdf.

8 Yousefzadeh, M., Lenzen, M., Tariq, M. A. Cooling and Power from Waste and Agriculture Residue as a Sustainable Strategy for Small Islands – A Case Study of Tonga // Sustainability. – 2023. – 15. – 537 p. – <https://doi.org/10.3390/su15010537>

9 **Тунцев, Д. В., Харьков, В. В., Кузнецов, М. Г.** Переработка лузги подсолнечника в угольные брикеты высокой прочности [Текст] // Вестник Казанского ГАУ. – 2019. – № 4 (56). – С. 86–90.

10 **Приходько, Е. В., Кинжибекова, А. К., Шан, А. К.** Исследование длительности горения топливных брикетов из органических отходов // Эпоха науки. – № 8. – 2016. – С. 345–351.

11 Обзор перехода Казахстана к сценарию «зеленой» экономики путем увеличения доли возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе – Преобразование сельскохозяйственных отходов в биотепловую энергию. ООН ЭСКАТО, 4.12.2019. [Электрондық ресурс]. – <https://www.unescap.org/sites/default/files/ReviewoftheKazakhstantransitiontotheGreenEconomyscenario-Convertingagriculturalresiduestobio-heatRus.pdf>

12 Наличие зерновых и бобовых культур в Павлодарской области на 1 ноября 2023 года. Бюро национальной статистики по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан по Павлодарской области. [Электрондық ресурс]. – <https://stat.gov.kz/ru/region/pavlodar/spreadsheets/>

13 **Лоскутова, Е. Н.** Научное и информационное обеспечение по исследованию состава отходов производства гречихи для обоснования возможности получения ценных продуктов / Материалы VI Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум». [Электрондық ресурс]. – URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/2/7027> (Өтініш берген күні 22.05.2018).

14 **Логинов, С. В., Масалевич, А. И., Мешков, С. А., Миславский, Б. В.** Обзор способов и оборудования для утилизации отходов растениеводства. Реализация низкотемпературного пиролиза и газификации в пилотной и мобильной установках // Известия СПбГТИ (ТУ). – 2020. – № 55. – С. 75–84. – <https://doi.org/10.36807/1998-9849-2020-55-81-75-84>.

15 **Заболотная, А. М., Лим, Л. А., Реутов, В. А., Ануфриев, А. В., Руденко, А. А., Ярыгин, Д. В., Хребтов, А. А.** Некоторые аспекты комплексной технологии переработки лузги гречихи // Вестник Югорского государственного университета. – 2015. – № S2 (37). – С. 99–101.

16 **Заболотная, А. М. и др.** Натуральный краситель из шелухи гречихи / Молодой ученый. – 2017. – № 40. – С. 12–15.

17 Бюро статистики Павлодарской области, ноябрь 2023 [Electronic resource]. – <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-org/publications/5027/>

18 **Tverberg, G.** How Renewable Energy Models Can Produce Misleading Indications. [Electronic resource]. – <https://nguidentubinhduong.com/2019/10/24/how-renewable-energy-models-can-produce-misleading-indications/>.

19 Sonu, Gokana Mohana Rani, Diksha Pathania, Abhimanyu, Reddicherla Umapathi, Sarvesh Rustagi, Yun Suk Huh, Vijai Kumar Gupta, Ajeet Kaushik, Vishal Chaudhary. Agro-waste to sustainable energy: A green strategy of converting agricultural waste to nano-enabled energy applications // Science of The Total Environment. – Vol. 875. – 2023. – 162667. – ISSN 0048-9697 [Electronic resource]. – <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723012834>

REFERENCES

1 Kolesnikova, L. A., Koval'chuk, T. V. Problemy i perspektivy ekologicheskoy bezopasnosti gornodobyvayushchih regionov [Problems and Prospects of Environmental Safety in Mining Regions] / GIAB. – 2021. – №2-1. – 275–286 p. [Electronic resource]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-ekologicheskoy-bezopasnosti-gornodobyvayushchih-regionov>.

2 Krylov, D. A. Negativnoe vliyanie elementov – primesej ot ugol'nyh TES na okruzhayushchuyu sredu i zdorov'e lyudej [Negative impact of elements - impurities from coal-fired thermal power plants on the environment and human health] / Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'. – 2017. – № 12. – 77–87 p.

3 SHaimova, A. M., Nasyrova, L. A., Faskhutdinov, R. R., SHaimov, M. M. Ispol'zovanie biomassy – radikal'noe reshenie problem ekologii i energetiki [Using biomass is a radical solution to environmental and energy problems] // AEE. – 2012. – №5-6. – P. 175-182. [Electronic resource]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-biomassy-radikalnoe-reshenie-problem-ekologii-i-energetiki>.

4 Karmanov, A. E., Alimhan, B. B., Bekmaganbet, A. A. Ispol'zovanie rastitel'nyh othodov v energeticheskikh celyah [Use of plant waste for energy purposes]. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «XI Torajgyrovskie chteniya». T.4. – Pavlodar: PGU, 2019. – 151–155 p.

5 SHahmatov, K. L. Osobennosti polucheniya toplivnyh briketov i granul biomassy trostnika (*Phragmites australis*) vyrabotannogo torfyanogo mestorozhdeniya CHuvicino Kalininskogo rajona Tverskoj oblasti [Features of obtaining fuel briquettes and granules of reed biomass (*Phragmites australis*) from the developed peat deposit Chuvitsino Kalininsky district of the Tver region] // Trudy Instorfa, 2014. – № 10 (63). – 29–33 p.

6 Afanas'ev, A. A., Baranov, N. N. Mirovaya energetika: global'nye problemy i perspektivy razvitiya [World energy: global problems and development prospects] / Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya. – №2. – 2021. – 28–47 p. – <https://doi.org/10.7868/S023336192102004X>.

7 Biorazлагаемые отходы в Республике Казахстан. Оценка нормативно-правовой базы и инфраструктуры для управления бытовыми отходами [Biodegradable

waste in the Republic of Kazakhstan. Assessment of the regulatory framework and infrastructure for household waste management] [Electronic resource]. – https://www.switch-asia.eu/site/assets/files/3607/biodegradable_waste_kazakhstan_ru-1.pdf.

8 **Yousefzadeh, M., Lenzen, M., Tariq, M. A.** Cooling and Power from Waste and Agriculture Residue as a Sustainable Strategy for Small Islands – A Case Study of Tonga // Sustainability. – 2023. – 15. – 537 p. – <https://doi.org/10.3390/su15010537>

9 **Tuncev, D. V., Har'kov, V. V., Kuznecov, M. G.** Pererabotka luzgi podsolnechnika v ugol'nye briketi vysokoj prochnosti [Processing of sunflower husks into high-strength coal briquettes] [Text] // Vestnik Kazanskogo GAU. – 2019. – № 4 (56). – 86–90 p.

10 **Prihod'ko, E. V., Kinzhibekova, A. K., SHai, A. K.** Issledovanie dlitel'nosti gorenija toplivnyh briketov iz organicheskikh othodov [Study of combustion duration of fuel briquettes from organic waste] // Epoha nauki. – №8. – 2016. – 345–351 p.

11 Obzor perekhoda Kazakhstana k scenariyu «zelenoj» ekonomiki putem uvelicheniya doli vozobnovlyaemyh istochnikov energii v energeticheskom balanse – Preobrazovanie sel'skohozyajstvennyh othodov v bioteplovuyu energiyu [Overview of Kazakhstan's transition to a green economy scenario by increasing the share of renewable energy sources in the energy balance – Transformation of agricultural waste into biothermal energy]. OON ESKATO, 4.12.2019. / [Electronic resource]. – <https://www.unescap.org/sites/default/files/ReviewoftheKazakhstantransitiontotheGreenEconomyscenario-Convertingsagriculturalresiduestobio-heatRus.pdf>.

12 Nalichie zernovyh i bobovyh kul'tur v Pavlodarskoj oblasti na 1 noyabrya 2023 goda. Byuro nacional'noj statistiki po strategicheskomu planirovaniyu i reformam Respubliki Kazahstan po Pavlodarskoj oblasti. [Availability of grain and legume crops in Pavlodar region as of November 1, 2023. Bureau of National Statistics for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan for Pavlodar region] [Electronic resource]. – <https://stat.gov.kz/ru/region/pavlodar/spreadsheets/>.

13 **Loskutova, E. N.** Nauchnoe i informacionnoe obespechenie po issledovaniyu sostava othodov proizvodstva grechihi dlya obosnovaniya vozmozhnosti polucheniya cennyh produktov [Scientific and information support for the study of the composition of buckwheat production waste to substantiate the possibility of obtaining valuable products] // Materialy VI Mezhdunarodnoj studencheskoj elektronnoj nauchnoj konferencii «Studencheskij nauchnyj forum». [Electronic resource]. – URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/2/7027>.

14 **Loginov, S. V., Masalevich, A. I., Meshkov, S. A., Mislavskij, B. V.** Obzor sposobov i oborudovaniya dlya utilizacii othodov rastenievodstva. Realizaciya

nizkotemperaturnogo piroliza i gazifikacii v pilotnoj i mobil'noj ustanovkah [Review of methods and equipment for utilization of plant waste. Implementation of low-temperature pyrolysis and gasification in pilot and mobile units] // Izvestiya SPbGTI (TU). – 2020. – № 55. – 75–84 P. – <https://doi.org/10.36807/1998-9849-2020-55-81-75-84>.

15 **Zabolotnaya, A. M., Lim, L. A., Reutov, V. A., Anufriev, A. V., Rudenko, A. A., YArgin, D. V., Hrebtov, A. A.** Nekotorye aspekty kompleksnoj tekhnologii pererabotki luzgi grechihi [Some aspects of complex technology of buckwheat husk processing] // Vestnik YUgorskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. – № S2 (37). – 99–101 p.

16 **Zabolotnaya, A. M.** [i dr.] Natural'nyj krasitel' iz sheluhi grechihi [Natural dye from buckwheat husks] // Molodoj uchenyj. – 2017. – № 40. – 12–15 p.

17 Byuro statistiki Pavlodarskoj oblasti, noyabr' 2023 [Bureau of Statistics of Pavlodar Region] [Electronic resource]. – <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-org/publications/5027/>.

18 **Tverberg, G.** How Renewable Energy Models Can Produce Misleading Indications [Electronic resource]. – <https://nguidentubinhduong.com/2019/10/24/how-renewable-energy-models-can-produce-misleading-indications/>.

19 **Sonu, Gokana Mohana Rani, Diksha Pathania, Abhimanyu, Reddicherla Umapathi, Sarvesh Rustagi, Yun Suk Huh, Vijai Kumar Gupta, Ajeet Kaushik, Vishal Chaudhary.** Agro-waste to sustainable energy: A green strategy of converting agricultural waste to nano-enabled energy applications // Science of The Total Environment. – Vol. 875. – 2023. – 162667. – ISSN 0048-9697 [Electronic resource]. – <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723012834>

11.09.24 ж. баспаға түсті.

10.01.25 ж. түзетулерімен түсті.

03.06.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

*А. Е. Карманов¹, *Ж. А. Тулебаева², Е. В. Приходько³,
Е. Б. Жуков⁴, Д. А. Азаматова⁵*

^{1,2,3,5}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;

⁴Алтайский государственный технический университет имени
И. И. Ползунова, Российская Федерация, г. Барнаул.

Поступило в редакцию 11.09.24.

Поступило с исправлениями 10.01.25.

Принято в печать 03.06.25.

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

В статье приведена оценка потенциала использования органических отходов растительного происхождения в качестве топлива в теплоэнергетических установках. Произведен анализ использования сельскохозяйственных отходов в экономически развитых странах. Также, произведена оценка потенциала по сельскохозяйственным ресурсам Казахстана, в частности Павлодарской области. Произведен анализ по объемам и разнообразию имеющихся органических отходов растительного происхождения в Казахстане. Приведены статистические данные по сельскохозяйственным отходам Казахстана. Вместе с тем произведена сравнительная оценка потенциала по сельскохозяйственным отходам, образуемых в Павлодарской области в промышленных масштабах. На сегодняшний день Казахстан обладает значительным запасом (потенциалом) вторичного сырья. Органические отходы растительного происхождения имеют высокий потенциал для использования в качестве топлива, так как обладают теплотворной способностью соизмеримой с теплотворной способностью угля, низкой зольностью, незначительными выбросами в окружающую среду. При выращивании и переработке злаковых культур, в особенности гречихи посевной, образуются тонны отходов, такие как плодовые оболочки (лузга, солома), мучки (отруби), солома. Обычно, эти отходы остаются на полях или сжигаются. В статье рассматриваются перспективы использования сельскохозяйственных отходов растительного происхождения в теплоэнергетике в качестве топлива. Для теплогенерации с использованием сельскохозяйственных отходов произведена оценка возможности использования имеющихся котельных установок для сжигания топлива.

Ключевые слова: органические отходы, растительные отходы, сельскохозяйственные отходы, возобновляемые источники энергии, энергопотенциал, потенциал, топливо, лузга.

A. E. Karmanov¹, *J. A. Tulebaeva², E. V. Prikhodko³,

E. B. Zhukov⁴, D. A. Azamatova⁵

^{1,2,3,5}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar,

⁴Altai State Technical University named after I. I. Polzunova,

Russian Federation, Barnaul

Received 11.09.24

Received in revised form 10.01.25

Accepted for publication 03.06.25

ASSESSMENT OF THE POTENTIAL USAGE OF ORGANIC WASTE OF PLANT ORIGIN AS FUEL IN THE THERMAL POWER INDUSTRY

The article provides an assessment of the potential of using organic waste of plant origin as fuel in thermal power plants. The analysis of the use of agricultural waste in economically developed countries has been carried out. Also, an assessment of the potential for agricultural resources of Kazakhstan, in particular the Pavlodar region, was made. The analysis of the volume and variety of available organic waste of plant origin in Kazakhstan has been carried out. Statistical data on agricultural waste in Kazakhstan are presented. At the same time, a comparative assessment of the potential for agricultural waste generated in the Pavlodar region on an industrial scale has been made. Today, Kazakhstan has a significant reserve (potential) of secondary raw materials. Organic waste of plant origin has a high potential for use as fuel, as it has a calorific value comparable to that of coal, low ash content, and insignificant emissions into the environment. During the cultivation and processing of cereals, especially buckwheat, tons of waste are generated, such as fruit shells (husks, polova), flour (bran), straw. Usually, these wastes are left in the fields or burned. The article discusses the prospects of using agricultural waste of plant origin in the thermal power industry as fuel. For heat generation using agricultural waste, an assessment was made of the possibility of using existing boiler plants for fuel combustion.

Keywords: organic waste, plant waste, agricultural waste, renewable energy sources, energy potential, potential, fuel, husk.

Теруге 09.06.2025 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2025 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 25,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4417

Сдано в набор 09.06.2025 г. Подписано в печать 30.06.2025 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 25,6. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4417

«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

Е-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz