

Сумішеві палива на основі органічних відходів

*Д.А. Матвійчук, В.О. Євдокименко, Д.С. Каменських,
Т.В. Ткаченко, М.Д. Аксиленко, В.І. Кашиковський*

*Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України,
Україна, 02094 Київ, вул. Мурманська, 1,
тел.: +380 44-558-53-88, +380 44-573-25-52,
E-mail: kash54vik@gmail.com*

Одержання енергії та палива за допомогою нетрадиційних та відновлювальних джерел є дуже актуальним. Біомаса, як альтернатива викопним джерелам набуває все більшого значення в паливному секторі. Застосування відходів сільського господарства, комунальних підприємств дозволяє збільшити ринок такого класу палив, як сумішеве. Враховуючи проблему з утилізацією і переробкою органічної частини промислових та побутових відходів, зокрема осадів комунальних очисних споруд, застосування їх у складі альтернативних твердих біопалив є надзвичайно доцільним та актуальним. Одержання сумішевих палив із різноманітних органомісних відходів, в тому числі осадів комунальних очисних споруд. Розширення доступної відновлювальної сировинної бази для створення твердого біопалива. В дослідженні використано метод термогравіметричного аналізу, рентгенофлюорисцентний аналіз та метод колориметрії для визначення теплотворної здатності. Показано, можливість одержання екологічних, економічно вигідних комбінованих біопалив, до складу яких входять як відходи сільського господарства та целюлозного виробництва так і органічна частина комунально-побутових відходів (осади комунальних очисних споруд). Утилізація даних компонентів дозволить знизити антропогенне навантаження на довкілля, за рахунок перетворення їх із категорії відходів в категорію – палива. Зокрема осади з очисних споруд стають енергетичним джерелом, а наше технологічне рішення дозволяє їх задіяти як компонент сумішевого палива. Застосування лігніну є важливим, оскільки він виступає в'язким компонентом, та енергетичним. Органічна маса очерету, шавлю, кукурудзяних качанів є додатковим джерелом енергії, виступає сорбентом води з осадів та є армуючим матеріалом гранульованого палива. Додавання до такого комбінованого біопалива, вугільного пилу, який в значних кількостях накопичується на ТЕЦ або відпрацьованої оливи, дозволило значно підвищити теплотворну здатність одержуваного палива. Отримане таким чином сумішеве паливо характеризується теплотворною здатністю 1,5–2,2 МДж/кг, зольністю 2–10 %, вологістю 10–15 % та насипною густиною 1,1–1,12 г/см³.

Ключові слова: біопаливо, сумішеве паливо, відновлювальна сировина, осади, відходи біомаси, теплотворна здатність, зольність

У будь-який період життя залишається важливим питання енергетичних ресурсів. Одержання енергії та палива за допомогою нетрадиційних та відновлювальних джерел є дуже актуальним як в світі в цілому, так і для України зокрема. Біомаса, як альтернатива викопним джерелам, набуває все більшого значення в паливному секторі. Сумісне застосування відходів сільського господарства, комунальних підприємств дозволяє поповнити паливний ринок таким видом палив, як сумішеве.

Переробка такої рослинної біомаси, зазвичай, здійснюється шляхом її гранулювання або брикетування з одержанням паливних гранул, брикетів або пелетів [1].

Застосування відходів рослинництва в тепловій енергетиці з кожним роком нарощує відсоток. Зокрема розширюється ринок пелет та відповідно теплових агрегатів під даний тип палива, що викликано пошу-

ком споживачами заміни таких палив як газ, вугілля. Дедалі частіше господарства з тепловим навантаженням до 500 кВт відмовляються від викопних видів палива, надаючи перевагу альтернативним. Так, споживання твердого біопалива в світі щорічно зростає на 30–50 %, що обумовлено як зростанням цін на вуглеводневе паливо, його вичерпністю, так і значно нижчою собівартістю альтернативного біопалива та його екологічністю [2, 3].

В Україні, за оцінкою Біоенергетичної асоціації України, на сьогоднішній день близько 10 % всіх вітчизняних котелень (більше 2,5 тисяч) працює на твердому біопаливі [4]. У масовому виробництві найбільш поширені пелети із відходів соломи (пшениця, гречка, рис, кукурудза), лушпиння (соняшник), деревинна маса від деревообробних комбінатів у вигляді тирси [5–7]. Набирає обертів вирощування швидкоростучих



Рис. 1. Органовмісні відходи, як компоненти сумішевих палив: *a* – очерет (0,5–10 мм); *б* – щавель кінський (0,5–10 мм); *в* – кукурудзяні качани (0,2–10 мм); *г* – лігнін (0,02–1 мм); *д* – осад БСА, після зневоднення в геоконтейнері (0,02–1 мм); *е* – пил вугілля антрацит (0,02–1 мм)

сортів верби – так званої енергетичної [8–10] та злаків, таких як міскантус [11–14], які безпосередньо вирощують для даних цілей.

З метою розширення доступної відновлювальної сировинної бази для створення твердого біопалива можна розглянути інші рослинні ресурси, які виростають на території України. Одним із таких є очерет звичайний – трав'яниста багаторічна рослина, поширена по всій Україні (росте у вільшняках, на лісових та низинних болотах, у плавнях), який промислово заготовлюється як матеріал для будівництва, виробництва целюлози, корму тварин та для медичних цілей [15]. Іншою поширеною на території України рослиною є щавель кінський. Протягом останніх років в Україні не ведеться систематизованого обліку обсягів запасів рослинної дикоростучої сировини. Було оцінено окремі зарослі виду щавлів за методом модельних екземплярів. Запаси цього виду сировини, що мають промислове значення, на території Львівської, Івано-Франківської та Закарпатської областей загальною площею 200,8 га складають 31,06 т/рік, хоча на сьогодні цей вид сировини практично не заготовляється [16].

Згідно із законом України “Про альтернативні види палива” від 21.05.2009 р., до альтернативних видів твердого палива належать не тільки відходи сільськогосподарства (рослинництва і тваринництва), лісового господарства та технологічно пов'язаних з ним галузей промисловості, але й органічна частина промислових та побутових відходів [17]. Враховуючи проблему з утилізацією і переробкою таких відходів і, зокрема, осадів комунальних очисних споруд, застосування їх у складі альтернативних твердих біопалив є надзвичайно доцільним та актуальним. Так, для прикладу, Бортницька станція аерації (м. Київ) (БСА) щодоби очищує

близько 1 млн. м³ стічних вод, за таких умов роботи генерується 10 тис. м³ надлишкової біомаси у вигляді надлишкових мулів з вологістю більше, ніж 99 %.

У наших попередніх роботах було показано, що застосування геотекстильних матеріалів, зокрема геоконтейнерів та фільтрувальних модулів, дозволяє на комунальних очисних підприємствах значно покращити процеси зневоднення осадів [18]. Одна із пропозицій, яку ми бачимо перспективною, є використання як однієї із складових сумішевих палив осадів, які пройшли стадію зневоднення в геоконтейнері (вологість 82 %) з наступним доповненням такими компонентами як відходи кукурудзи, очерет, кінський щавель та відходи целюлозного виробництва – лігнін (в результаті змішування утворюється вихідна суміш з вологістю 50 %).

Розроблення таких комбінованих біопалив вирішує одразу декілька проблем – створення екологічного, економічно вигідного альтернативного палива та утилізацію як сільськогосподарських відходів, відходів целюлозного виробництва, так і осадів комунальних очисних споруд. Додавання до такого комбінованого біопалива вугільного пилу, який в значних кількостях накопичується на ТЕС, або відпрацьованої оливи, дозволяє значно підвищити теплотворну здатність одержуваного палива.

Напрацювання зразків сумішевого палива передбачає розробку рецептури, підготовку компонентів для формування зразків, формування зразків та дослідження їх характеристик. Першою стадією підготовки сировини є забезпечення певного фракційного складу, що досягається механічним подрібненням до необхідних за розміром для використання часток (рис. 1). Осади станції біологічного очищення піддавали наступній обробці, а саме зневодненню в геоконтейнері за від-

Таблиця 1. Параметри вихідної сировини для сумішевого біопалива

Найменування сировини	Вологість, %	Суха речовина, %	Зольність, %	Теплотворна здатність	
				кДж/кг	ккал/кг
Очерет	8,46	91,54	5,64	17714	4234
Щавель кінський	9,46	90,54	1,97	17597	4206
Кукурудзяні качани	7,56	92,44	2,39	17300	4135
Лігнін	9,31	90,69	15,2	22488	5362
Осад БСА	89,04	10,96	33,97	14061	3360
Пил вугілля антрацит	6,54	93,46	48,7	31594	7751
Відпрацьована мінеральна олива	6,98	93,02	5,28	34122	8155

Таблиця 2. Елементний склад органічної компоненти вихідної сировини, % мас.

№ п/п	Найменування сировини	H	C	S	N	O
1	Очерет	7,18	43,13	0,38	3,16	46,15
2	Щавель кінський	6,68	43,94	0,29	2,57	46,52
3	Кукурудзяні качани	7,03	45,28	0,43	2,87	44,39
4	Лігнін	5,24	61,80	3,37	1,83	27,76
5	Вугілля антрацит	2,42	94,96	0,21	0,27	2,14
6	Осад БСА	7,60	46,20	0,41	0,56	45,23

Таблиця 3. Хімічний склад золи вихідної сировини, % мас.

№ п/п	Найменування сировини	Al ₂ O ₃	CaO	Cl	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MnO ₂	P ₂ O ₅	SO ₂	SiO ₂	SrO	ZnO	TiO ₂
1	Очерет	–	2,928	–	0,179	5,232	0,282	1,834	1,253	88,12	–	0,134	–
2	Щавель кінський	0,585	76,87	–	2,849	3,197	0,306	4,059	1,517	9,987	0,227	–	0,380
3	Кукурудзяні качани	–	5,692	5,195	4,839	38,34	0,115	9,998	1,694	33,44	–	0,348	0,228
4	Лігнін	0,700	8,056	–	2,725	–	–	–	3,031	85,16	–	–	0,299
5	Пил вугілля антрацит	21,09	1,409	–	9,081	3,847	–	–	5,725	57,88	0,066	–	0,887
6	Осад БСА	7,626	9,869	–	6,429	–	0,156	18,32	4,278	52,55	–	0,748	–

працьованою технологією [18].

Підготовка компонентів включала в себе визначення таких показників як вихідна вологість, сухий залишок, зольність, склад органічної та мінеральної частини, встановлення теплотворної здатності кожної сировини. Отримані дані наведено в табл. 1–3.

Вологість та сухий залишок визначали за допомогою вагів-аналізаторів вологості AXIS ADGS50 термогравіметричним методом. Зольність визначали шляхом озолення (спалювання та прожарювання твердого залишку до постійної маси) в лабораторній муфельній печі WisdTherm. Визначення теплоти згорання проводили калориметром ІКА С 200, згідно із стандартизованими методиками та методиками, рекомендованими виробником. Мінеральний склад золи визначали шляхом рентгенофлюорисцентного аналізу приладом Expert 3L. Елементний склад вихідної сировини визначали методами елементного кількісного аналізу орга-

нічних сполук (метод Прегеля, метод Дюма, титриметричний метод).

Рецептурний склад сумішей наведено в табл. 4.

Змішування компонентів за запропонованою схемою здійснювали в шнековому гомогенізаторі 3–5 хвилин. Після чого перемішану до однорідного стану суміш пресували за температур 150–200 °С та тиску 70–80 атм. Отримані зразки (рис. 2) досліджували на вологість, зольність та теплотворну здатність. Результати наведено в табл. 5 та 6.

Визначальною характеристикою будь-якого твердого палива є теплотворна здатність, вологість та зольність. Теплотворна здатність будь-якої сировини залежить від її вологості та кількості золи. Надмірно висока вологість палива призводить до часткової втрати енергетичного потенціалу сировини. Так, наприклад, тільки збільшення вологості з 30 до 40 % призводить до зменшення теплоти згорання на 17 %. А при вологості вище

Таблиця 4. Склад одержаного палива

№ п/п	Сумішеве паливо	Склад
1	Суміш I	очерет та лігнін
2	Суміш II	очерет, осад БСА та лігнін
3	Суміш III	очерет, осад БСА, лігнін та пил вугілля антрацит
4	Суміш IV	кукурудзяні качани та лігнін
5	Суміш V	кукурудзяні качани, осад БСА та лігнін
6	Суміш VI	кукурудзяні качани, осад БСА, лігнін та пил вугілля антрацит
7	Суміш VII	щавель кінський та лігнін
8	Суміш VIII	щавель кінський, осад БСА та лігнін
9	Суміш IX	щавель кінський, осад БСА, лігнін та пил вугілля антрацит
10	Суміш X	очерет, осад БСА та відпрацьована мінеральна олива
11	Суміш XI	очерет, осад БСА, лігнін та відпрацьована мінеральна олива
12	Суміш XII	щавель кінський, осад БСА, лігнін та відпрацьована мінеральна олива



Рис. 2. Можлива форма сумішевих палив

60 % говорити про біомасу, як паливо, взагалі неможливо, оскільки її потенційної теплоти недостатньо навіть для випаровування наявної вологи.

Як видно з табл. 1, вихідна вологість осаду БСА, навіть після попереднього зневоднення, становить майже 90 %, що здавалося б, не дозволяє розглядати його як енергетичне джерело для біопалива. Але, як видно із проведених досліджень, у сумішевих композиціях з рослинною сировиною та/або лігніном, вологість одержаних гранул не перевищує 25 % і має достатню високу теплотворну здатність, а в композиціях з пилом вугілля теплотворну здатність вище 20000 кДж/кг, що відкриває перспективи для використання осадів станції аерації як компонентів паливних матеріалів.

Таким чином, нами показано можливість одержання сумішевих палив із різноманітних органічних сільськогосподарських та техногенних відходів. Утилізація даних компонентів дозволить знизити антропогенне навантаження на довкілля, за рахунок переведення їх із категорії відходів у категорію – палива. Зокрема осади з очисних споруд стають енергетичним джерелом, а наше технологічне рішення дозволяє їх

Таблиця 5. Параметри зразків одержаного сумішевого палива

Сировина	Вологість, %		Суха речовина, %		Зольність, %
	до пресування	після пресування	до пресування	після пресування	
Суміш I	9,81	9,98	90,19	90,02	7,46
Суміш II	37,00	13,57	63,00	86,43	7,70
Суміш III	42,23	19,05	53,77	80,95	12,8
Суміш IV	17,66	7,8	82,34	92,20	5,72
Суміш V	42,16	12,94	57,84	87,06	6,89
Суміш VI	34,19	3,39	65,81	96,61	5,62
Суміш VII	11,35	6,51	88,65	93,49	1,99
Суміш VIII	49,45	23,24	50,55	76,76	3,21
Суміш IX	31,82	12,11	68,18	87,89	6,53
Суміш X	43,25	24,96	56,75	75,04	6,79
Суміш XI	26,01	15,07	73,99	84,93	6,45
Суміш XII	35,18	17,96	64,82	82,04	5,68

Таблиця 6. Теплотворна здатність зразків одержано-го сумішевого палива

№ пп	Сумішеве паливо	Теплотворна здатність	
		кДж/кг	кКал/кг
1	Суміш I	18263	4365
2	Суміш II	16891	4037
3	Суміш III	20071	4797
4	Суміш IV	18065	4317
5	Суміш V	16473	3937
6	Суміш VI	21381	5110
7	Суміш VII	18042	4312
8	Суміш VIII	14954	3574
9	Суміш IX	19507	4662
10	Суміш X	15470	3697
11	Суміш XI	17985	4298
12	Суміш XII	18255	4363

здіяяти як компонент сумішевого палива. Застосування лігніну є важливим, оскільки він виступає одночасно і в'язучим і енергетичним компонентом. Органічна маса очерету, щавлю, кукурудзяних качанів є додатковим джерелом енергії та є армуючим матеріалом гранульованого палива.

Отримане таким чином сумішеве паливо характеризується теплотворною здатністю 15000–22000 кДж/кг, зольністю 2–10 %, вологістю 10–15 % та насиченою густиною 1,1–1,12 г/см³.

Роботу виконано за фінансової підтримки НАН України в рамках науково-дослідної роботи “Безвідходна переробка органічних відходів – еволюційний крок на шляху до вирішення проблеми поводження з відходами” (за проектом Цільової комплексної міждисциплінарної програми наукових досліджень НАН України з розроблення наукових засад раціонального використання природно-ресурсного потенціалу та сталого розвитку на 2015–2019 рр.)

Література

1. Климчук О.В. Пріоритетні напрями ефективного виробництва твердого біопалива в Україні: регіональні аспекти. *Економіка та суспільство*. 2016. (7). 78–83.
2. Павлюк Н.П. Використання біопалива, як альтернативного джерела енергії. *Екологічний менеджмент у загальній системі управління: Збірник тез доповідей дев'ятої щорічної Всеукраїнської наукової конференції* (м. Суми, 21–22 квітня 2009). Суми: СумДУ. 2009. Ч.2. 44–47.
3. *Альтернативное топливо переработка отходов сельского хозяйства*. URL: <http://bio.ukrbio.com> (дата звернення: 02.02.2014).
4. Тиравский В. *Украинские котельные переходят на биотопливо*. URL: <http://ubr.ua> (дата звернення:

22.10.2017).

5. Свистунова І.В., Глотова В.О., Філатова А.В. Тверде біопаливо в теплозабезпеченні села. *Збірник наукових праць*. Вінниця: НУБІП. 2011. (7). 119–122.

6. Габрель М.С. Виробництво твердого біопалива в Україні: стан та перспективи розвитку. *Національний вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21.9. 126–131.

7. *Постачання твердих біопалив для котельень середньої потужності*. URL: www.bioenergy4business.eu (дата звернення: 18.11.2018).

8. Роїк М.В., Гументик М.Я., Мамайсур В.В. Перспективи вирощування енергетичної верби для виробництва твердого біопалива. *Біоенергетика*. 2013. (2). 18–19.

9. Фучило Я.Д., Сінченко В.М., Гументик М.Я. Особливості вирощування енергетичної верби. *Біоенергетика*. 2016. 7 (1). 11–13.

10. Кунцьо І.О., Гументик Я.М. Вирощування енергетичної верби як сировини для виробництва твердих видів біопалива в умовах лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 19. 59–62.

11. *Міскантус перспектива для виробництва твердого біопалива*. URL: <http://propozitsiya.com> (дата звернення: 16.03.2017).

12. Зінченко В.О. Міскантус джерело енергетичної біомаси. *Новини агротехніки*. 2008. (3). 4041.

13. Блюм Я.Б., Левчук О.М., Рахметов Д.Б., Рахметов С.Д. Біологічні ресурси і технології для виробництва різних видів біопалив. *Вісн. НАН України*. 2014. (11). 64–72.

14. Барбаш В.А., Зінченко В.О., Трембус І.В. Ресурсозберігаючі технології перероблення стебел міскантус. *Наукові вісті НТУУ “КПІ”*. 2012. № 5. 118–124.

15. *Очерет звичайний*. URL: <http://uk.wikipedia.org> (дата звернення: 12.01.2018).

16. Грищик А. Р. Вивчення запасів сировини роду щавель. *Фармацевтичний журнал*. 2007. (4). 84–87.

17. Закон України “Про альтернативні види палива” від 21.05.2009р. N 1391-VI з змінами N 1391-VI (1391-17) від 21.05.2009, N 4970-VI (4970-17) від 19.06.2012.

18. Кашковський В.І., Євдокименко В.О., Каменських Д.С., Євдокименко О.М. Спосіб зневоднення осадів стічних вод з використанням елементів технології GEOTUBE на Бортницькій станції аерації. *Наука та інновації*. 2014. 10 (1). 32–42.

References

1. Klymchuk, O.V. Priorityetni napryamy efektyvnoho vyrobnytstva tverdogo biopalyva v Ukraini: rehionalni aspekty. *Ekonomika ta suspilstvo*, 2016. (7). 78-83 [in Ukrainian].
2. Pavlyuk N.P. Vykorystannya biopalyva, yak al'ternatyvnoho dzherela enerhiyi. *Ekolohichnyy menedzhment u zahal'niy systemi upravlinnya: zbirnyk tez dopovidey dev'yatoyi shchorichnoyi Vseukrayins'koyi*

naukovoyi konferentsiyi (Sumy, April 22) Sumy: SumDU, 2009. part 2. 44-47 [in Ukrainian].

3. *Alternativnoe toplivo pererabotka othodov selskogo hozyaystva*. URL: <http://bio.ukrbio.com> (Last accessed: 02.02.2014).

4. Tiravskiy, V. *Ukrainskie kotelnyie perehodyat na biotoplivo*. URL: <http://ubr.ua> (Last accessed: 22.10.2017).

5. Svystunova, I.V., Hlotova, V.O., & Filatova, A.V. Tverde biopalyvo v teplo zabezpechenni sela. *Zbirnyk naukovykh prats'*. Vynnytsya: NUBIP, 7, 119-122 [in Ukrainian].

6. Habrel', M.S. Vyrobnystvo tverdoho biopalyva v Ukraini: stan ta perspektyvy rozvytku. *Natsional'nyy visnyk NLTU Ukrainy*. 2011. 21.9, 126-131 [in Ukrainian].

7. *Postachannya tverdyykh biopalyv dlya kotelen' seredn'oyi potuzhnosti*. URL: www.bioenergy4business.eu (Last accessed: 18.11.2018).

8. Royik, M.V., Humentyk, M.Ya., & Mamaysur, V.V. Perspektyvy vyroshchuvannya enerhetychnoyi verby dlya vyrobnystva tverdoho biopalyva. *Bioenerhetyka*, 2013, 2, 18-19 [in Ukrainian].

9. Fuchylo, Ya.D., Sinchenko, V.M., & Humentyk, M.Ya. Osoblyvosti vyroshchuvannya enerhetychnoyi verby. *Bioenerhetyka*, 2016, 1 (7), 11-13 [in Ukrainian].

10. Kunts'o, I.O., & Humentyk, Ya.M. Vyroshchuvannya enerhetychnoyi verdy yak syrovyny dlya vyrobnystva tverdyykh vydiv biopalyva v umovakh lisostepu Ukrainy. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kul'tur i tsukrovykh buryakiv*, 2013, 19, 59-62 [in Ukrainian].

11. *Miskantus perspektyva dlya vyrobnystva tverdoho biopalyva*. URL: <http://propozitsiya.com> (Last accessed: 16.03.2017).

12. Zinchenko, V.O. Miskantus dzherelo enerhetychnoyi biomasy. *Novyny ahrotekhniky*, 2008, 3, 4041 [in Ukrainian].

13. Blyum, Ya.B., Levchuk, O.M., Rakhmetov, D.B., & Rakhmetov, S.D. Biolohichni resursy i tekhnolohiyi dlya vyrobnystva riznykh vydiv biopalyv. *Visn. NAN Ukrainy*, 2014, 11, 64-72 [in Ukrainian].

14. Barbash, V.A., Zinchenko, V.O., & Trembus, I.V. Resursoberihayuchi tekhnolohiyi pereroblyannya stebel miskantus. *Naukovi visti NTUU "KPI"* 2012, 5, 118-124 [in Ukrainian].

15. *Ocheret zvychaynyy*. URL: <http://uk.wikipedia.org> (Last accessed: 12.01.2018).

16. Hrytsyk, A.R. Vyvchennya zapasiv syrovyny rodu shchavel'. *Farmatsevychnyy zhurnal*, 2007, 4, 84-87 [in Ukrainian].

17. *Zakon Ukrainy* May 21, 2009 N 1391-VI "Pro al'ternatyvni vydy palyva" with changes of May 21, 2009 N 1391-VI (1391-17), of 19 June, 2012 N 4970-VI (4970-17).

18. Kashkovs'kyy, V.I., Yevdokymenko, V.O., Kamens'kykh, D.S., & Yevdokymenko, O.M. Method of Dehydration of Sewage Sludge Using Elements of GEOTUBE Technology at Bortnichy's Aeration Station. *Nauka innov.*, 2014, 10 (1) 32-42 [in English].

Надійшла до редакції 26.10.2018

Смесевое топливо на основе органических отходов

*Д.А. Матвийчук, В.А. Евдокименко, Д.С. Каменских,
Т.В. Ткаченко, М.Д. Аксиленко, В.И. Кашиковский*

*Институт биоорганической химии и нефтехимии им. В.П. Кухаря НАН Украины,
Украина, 02094 Киев, ул. Мурманская, 1, тел.: +380 44-558-53-88, +380 44-573-25-52,
E-mail: kash54vik@gmail.com*

Получение энергии и топлива с помощью нетрадиционных возобновляемых источников очень актуально. Биомасса, как альтернатива ископаемым источникам приобретает все большего значения в топливном секторе. Использование отходов сельского хозяйства, коммунальных предприятий позволяет увеличить рынок такого класса топлив, как смешевое. Учитывая проблему с утилизацией и переработкой органической части промышленных и бытовых отходов, в частности осадков коммунальных очистительных сооружений, использование их в составе альтернативных твердых биотоплив чрезвычайно целесообразно и актуально. Получение смешевых топлив из разнообразных органосодержащих отходов, в том числе осадков коммунальных очистительных сооружений. Расширение доступной возобновляемой сырьевой базы для создания твердого биотоплива. В исследовании использовались метод термогравиметрического анализа, рентгенофлюорисцентный анализ и метод колориметрии для определения теплотворной способности. Показана возможность получения экологически, экономически выгодных комбинированных биотоплив, в состав

которых входят как отходы сельского хозяйства и целлюлозного производства, так и органическая часть коммунально-бытовых отходов (осадки коммунальных очистных сооружений). Утилизация данных компонентов позволит снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду за счет преобразования их из категории отходов в категорию топлива. В частности, осадки с очистных сооружений становятся энергетическим источником, а наше технологическое решение позволяет их задействовать как компонент смешанного топлива. Применение лигнина является важным, поскольку он выступает связующим компонентом, и энергетическим. Органическая масса камыша, щавеля, кукурузных кочерыжек является дополнительным источником энергии, выступает сорбентом воды из осадков и является армирующим материалом гранулированного топлива. Добавление в такое комбинированное биотопливо, угольной пыли, которая в значительных количествах накапливается на ТЭС или отработанного масла, позволило значительно повысить теплотворную способность получаемого топлива. Полученное, таким образом смешанное топливо характеризуется теплотворной способностью 1,5–2,2 мДж/кг, зольностью 2–10 %, влажностью 10–15 % и насыпной плотностью 1,1–1,12 г/см³.

Ключевые слова: биотопливо, смешанное топливо, возобновляемое сырье, осадки, отходы биомассы, теплообразующая способность, зольность

Mixed fuel based on organic waste

*D.A. Matviychuk, V.A. Yevdokymenko, D.S. Kamensky,
T.V. Tkachenko, M.D. Aksylenko, V.I. Kashkovsky*

*V.P. Kukhar Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry, NAS of Ukraine,
1, Murmanska str, 02094 Kyiv, Ukraine, Tel.: +380 44-558-53-88, +380 44-573-25-52,
E-mail: kash54vik@gmail.com*

Production of energy and fuel from non-traditional renewable sources is a very critical issue. Biomass, as an alternative to fossil sources, is gaining increasing importance in the fuel sector. Utilization of agricultural waste, wastes of communal enterprises enables to expand market of the mixed fuel class. Taking into account the problem of utilization and processing of the organic part of industrial and domestic wastes, in particular sediments in communal sewage treatment plants, the use of these products as part of alternative solid biofuels is extremely expedient and relevant. Preparation of mixed fuels from a variety of organic-containing wastes, including sediments in municipal sewage treatment plants, as well as expansion of affordable renewable raw materials for solid biofuels production have been considered. The study used a method of thermogravimetric analysis, X-ray fluorescence analysis and method of colorimetry for determining the calorific value. Possibility of obtaining ecologically, economically advantageous combined biofuels, which include both waste of agriculture and cellulose production, as well as an organic part of municipal solid waste (sediments of municipal sewage treatment plants) has been shown. Utilization of these components will reduce anthropogenic pressure on the environment by converting them from the waste category to the fuel category. In particular, sediments from sewage treatment plants become an energy source, and our technological solution allows using them as a component of mixed fuels. The use of lignin is important because it acts as a binder component, which is used for energy generation. Organic mass of reeds, sorrel, cornflakes is an additional source of energy; it acts as a sorbent of water from sediments and is a reinforcing material of granulated fuel. Addition of coal dust, which is accumulated in significant amounts at thermal power stations, or waste oil to such a combined biofuel has allowed to significantly increase the calorific value of the fuel produced. Thus, the mixed fuel is characterized by a calorific value of 1.5–2.2 MJ/kg, ash content of 2–10 %, moisture content of 10–15 % and bulk density of 1.1–1.12 g/cm³.

Keywords: biofuels, mixed fuels, renewable raw materials, sediments, biomass wastes, calorific value, ash content