



# АЛЬТЕРНАТИВНОЕ БИОТОПЛИВО ИЗ ПРОДУКТОВ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПТИЦЕВОДСТВА

**Канд. техн. наук**  
**А.Л. Гарзанов**  
АГРО-3  
**А.А. Аваков**  
ИЦ «Авелит»  
**Ю.В. Яковлев,**  
ООО «Союз»  
**И.С. Малык**  
Группа «Черкизово»

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Подстилочный помет, сжигание, топочное устройство, тепло, пар, электроэнергия.

## KEY WORDS

Litter manure, burning, furnace unit, heat, steam, electrical energy.

## АННОТАЦИЯ

Представлен новый взгляд на подстилочный помет как на возобновляемое альтернативное биотопливо. Его надежное сжигание стало возможным с созданием специальных топочных устройств. Описан практический опыт сжигания помета в промышленной установке мощностью 1,5 МВт с выработкой тепла на отопление и ГВС. Технология может быть расширена за счет выработки пара и электроэнергии на собственные нужды птицефабрик. Расчетный срок окупаемости капитальных затрат не превышает 1,5–2,0 лет.

## SUMMARY

A new look at poultry litter as a renewable alternative biofuel is presented. Its safe burning became possible due to creation of special furnace units. A practical experience of burning of litter in a commercial installation with a capacity 1.5 MWt with heat production for heating and hot water supply is described. The technology can be extended through the production of steam and electrical energy for own purposes of poultry factories. The calculated pay-back period of capital investments doesn't exceed 1.5–2.0 years.

**В** рамках реализации государственной программы по развитию АПК к 2012 г. запланирован прирост производства птицы на 1,3 млн т в год. Это в свою очередь вызовет увеличение количества птичьего помета.

В настоящее время по данным ВНИТИП на птицефабриках образуется до 14 млн т помета в год. Значительную его часть составляет подстилочный помет (ПП). После реализации программы количество помета возрастет до 16–18 млн т. в год.

При традиционном подходе птичий помет рассматривается как токсичные отходы производства III класса опасности. Его размещение на открытых площадках ведет к сильному загрязнению окружающей среды. Поэтому уровень загрязнения почвы, грунтовых вод и воздуха в ведущих птицеводческих регионах в несколько раз превышает допустимые нормы.

Биогазовая технология переработки ПП в метантенках отличается значительными капиталовложениями, она энергоемка, требует длительного времени (до 30 сут) и строгого соблюдения технологии метанового сбраживания [2]. На выходе получают жидкие органические удобрения с влажностью 92–95 %, количество которых значительно (в 8–10 раз) больше исходного количества помета. Образующиеся при метановом сбраживании удобрения требуют особой технологии и оборудования для их концентрирования, затаривания, хранения и т.д.

По мнению авторов, подстилочный помет может служить возобновляемым альтернативным биотопливом, которое используется для собственных нужд птицефабрики с замещением природного газа или другого вида натурального топлива.

Сжигание подстилочного помета не требует его предварительной подготовки (гранулирования, измельчения, сушки и пр.). Это упрощает и удешевляет технологический процесс. Сжигание 1 т ПП позволяет получить до 2 Гкал тепла в виде горячей воды или до 3 т пара на технологические нужды; выработать электроэнергию — от 50 до 500–600 кВт (в зависимости от начальных и конечных параметров пара), сэкономив при этом до 270 м<sup>3</sup>

Действующие в настоящее время методы утилизации помета решают проблему лишь частично. Метод компостирования требует больших специально оборудованных площадок, длительного времени (30–60 сут), значительных материальных и энергетических затрат и сопровождается вредными выбросами в атмосферу. Патогенная активность микроорганизмов в процессе компостирования сохраняется, а питательная ценность готового удобрения снижается [1].

природного газа или до 240 кг жидкого топлива (мазут, печное топливо).

Как топливо подстилочный помет имеет следующие теплотехнические характеристики (на рабочую массу):

- низшая теплота сгорания, ккал/кг 2 500±500;
- влажность, % 35±5;
- зольность, % 10–15;
- насыпная плотность, кг/м<sup>3</sup> 380–400;
- выход летучих (на горючую массу), % 70–75;

**содержание, %**

- углерода 25–30;
- водорода 3–5;
- кислорода 15–20;
- серы 0,1–0,9;
- азота 0,1–0,2.

Зола, образующаяся при сжигании подстилочного помета, является комплексным фосфорно-калийно-известковым удобрением с повышенным содержанием микроэлементов и может применяться под различные культуры в дозах от 2 до 10 ц/га в зависимости от вида почв, культур и способа внесения. Она вносится в почву в сухом виде без дополнительной обработки. По результатам опытных данных одного из подмосковных хозяйств, применение этой золы вместо обычных минеральных удобрений повысило урожайность сельскохозяйственных культур на 10–15 %.

Выход золы составляет 10–15 % от количества исходного помета. Ее оптовая цена в настоящее время — 5,5 тыс. руб./т. Расчетная стоимость золы по содержанию питательных веществ по данным ВНИИ органических удобрений РАСХН составляет 17,5 тыс. руб./т.

Надежное сжигание ПП стало возможным с созданием специальных топочных устройств (рис. 1), сочетающих слоевое сжигание топлива с вихревым. Конструкция топки с системой многозонного воздушного дутья обеспечивает необходимые условия горения этого высоковлажного низ-

подстилочного помета Петелинской птицефабрики в промышленной установке тепловой мощностью 1,5 МВт



**Рис. 2.** Общий вид промышленной установки с топливным складом

показали, что он эффективно сгорает с минимальным выбросом вредных веществ в атмосферу (рис. 2).

Для предотвращения зашлаковывания поверхностей нагрева в период проведения испытаний температура газов на выходе из топки поддерживалась в пределах 950±50 °С.

Результаты испытаний по сжиганию ПП в промышленной установке даны в табл. 1.

При среднечасовом расходе топлива  $W_k=430$  кг/ч ( $Q_p=2\ 660$  ккал/кг,  $W_p=34\%$ ,  $A_p=14,5\%$ ) полезное тепловосприятие установки (по сетевой воде) составило 1Гкал/ч (1,2 МВт), а к.п.д. брутто — 83 % при температуре уходящих газов 180 °С и коэффициенте избытка воздуха 1,5.

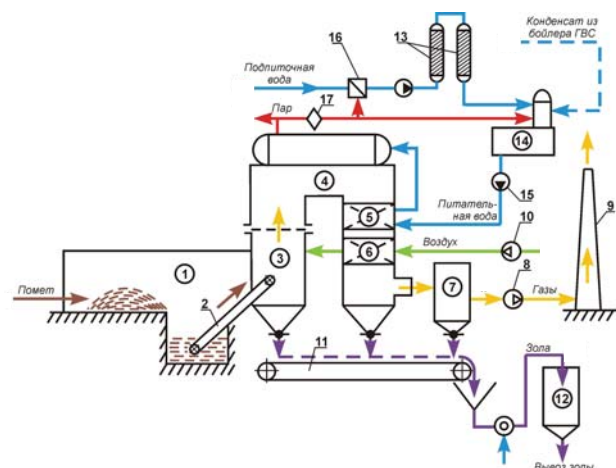
Предлагаемая нами типовая технологическая схема паровой котельной на ПП приведена на рис. 3.



**Рис. 1.** Топочное устройство с системой многозонного воздушного дутья

калорийного высокозольного топлива с минимальным уносом золы.

Результаты тестовых испытаний по сжиганию 56 т



1 — склад топлива; 2 — топливоподача; 3 — топка; 4 — котел; 5 — водяной экономайзер; 6 — воздухоподогреватель; 7 — золоуловитель; 8 — дымосос; 9 — дымовая труба; 10 — вентилятор; 11 — золоудаление; 12 — склад золы; 13 — ХВО; 14 — деаэратор; 15 — питательный насос; 16 — сетевой подогреватель; 17 — РУ 15/4;

**Рис. 3.** Принципиальная схема котельной

Таблица 1

Показатель	Обозначение	Размерность	Величина
Расход сетевой воды	$W_{cb}$	м <sup>3</sup> /ч	120
Температура сетевой воды:			
на входе	$t'_{cb}$	°С	46
на выходе	$t''_{cb}$	°С	54
Полезное тепловосприятие установки	$Q_{ку}^{бр}$	Гкал/ч	0,96
Температура газов:			
внизу топки	$t'_T$	°С	893
вверху топки	$t''_T$	°С	953
за водяным ТО	$t''_{в.т}$	°С	284
за воздухоподогревателем	$t''_{в.п.}$	°С	166
Разрежение газов вверху топки	$S''_T$	Па	70
Температура:			
горячего воздуха	$t_{г.в.}$	°С	159
холодного воздуха	$t_{хв}$	°С	18
уходящих газов	$t_{ух}$	°С	178
Содержание в уходящих газах:			
кислорода	$O_2$	% об	7,0
окси углерода	$CO$	% об	0,006
диокси углерода	$CO_2$	% об	13,3
окси азота	$NO$	ppm	195
Коэффициент избытка воздуха	$\alpha_{ух}$	-	1,51
Содержание* в уходящих газах:	-	мг/м <sup>3</sup>	2,53
аммиака	-		
фенола	-	мг/м <sup>3</sup>	0,097
формальдегида	-	мг/м <sup>3</sup>	0,138
сажи	-	мг/м <sup>3</sup>	<1,0
взвешенных веществ	-	мг/м <sup>3</sup>	21,7
оксида углерода	-	мг/м <sup>3</sup>	26
диоксида серы	-	мг/м <sup>3</sup>	0
оксида азота	-	мг/м <sup>3</sup>	198
диоксида азота	-	мг/м <sup>3</sup>	1
Потеря тепла:			
с уходящими газами	$q_2$	%	11,2
с химическим недожогом	$q_3$	%	0,02
с механическим недожогом	$q_4$	%	0,5
в окружающую среду	$q_5$	%	4,5
с шлаком и золой	$q_6$	%	0,4
к.п.д. брутто установки	$\eta_{ку}^{бр}$	%	83,4
Расход натурального топлива	$B_{ку}$	кг/ч	433
Удельный расход условного топлива на выработку тепла	$b_{ку}^{бр}$	кг у.т./Гкал	171,3
Количество продуктов сгорания (при $\alpha=1,5$ )	$V_{г}$	нм <sup>3</sup> /кг	5,4
Действительный расход уходящих газов	$W_{г}$	м <sup>3</sup> /час	3863

Примечания: \* – измерения ЦЛАТИ (протокол №26-П/4 от 29.03.2010г.)

Топливный склад оборудуется расходной емкостью с «живым» дном. Пар из котла (давление до 1,4 МПа, температура до 190 °С) направляется на технологические нужды, в бойлер системы ГВС и на собственные нужды котельной. Зола, уловленная в топке, бункерах конвективного газохода котла и золоуловителя, непрерывно удаляется в золовой склад. В зависимости от требований потребителя зола может затариваться в мешки или вывозиться к месту использования в насыпном виде в закрытом транспорте.

Для котельной, рассчитанной на сжигание 75-80 т ПП в сутки и имеющей тепловую мощность ~7–8 Гкал/ч (8 – 10 т/ч насыщенного пара давлением 1,4 МПа), требуется

помещение размером ~18×15 м и высотой до 13 м. Помещение котельной может быть выполнено из сборных металлоконструкций с сэндвич-панелями на основе минерального базальтового утеплителя толщиной 100-150 мм с пределом огнестойкости 0,75–1,5 ч.

Топливный склад должен располагаться в закрытом неотапливаемом помещении площадью не менее 300 м<sup>2</sup> (18×18 м), высотой до 6 м и также может быть выполнен из сборных металлоконструкций с сэндвич-панелями.

Экономическая эффективность сжигания подстилочно-го помета и срок окупаемости капитальных затрат зависят от его количества (табл. 2). В качестве составляющих экономической эффективности учитывалось замещение

**Таблица 2**

Показатель	Количество сжигаемого подстилочного помета, т/сутки		
	75	150	225
Теплопроизводительность котельной по отпуску тепла, Гкал/ч (МВт)	6,4 (7,4)	12,9 (15,0)	19,3 (22,4)
Расход замещающего газа, м <sup>3</sup> /ч ( $Q_p=8000$ ккал/м <sup>3</sup> )	870	1 750	2 620
Годовое количество замещающего газа, тыс.м <sup>3</sup> /год (тариф 3,9 руб./м <sup>3</sup> )	7 621	15 330	22 950
Стоимость замещающего газа, млн руб./год	29,7	59,8	89,5
Количество золы, т/год	3 970	7 940	11 910
Стоимость замещаемых минеральных удобрений, млн.руб./год	21,8	43,7	65,5
Капитальные затраты, млн руб.	66,0	117,5	175,5
Эксплуатационные затраты*, млн руб./год	6,8	10,2	15,3
Общий экономический эффект, млн руб./год	51,5	103,5	155,0
Срок окупаемости капитальных затрат, мес.	18	15	15

\* – В состав эксплуатационных затрат включены затраты на электроэнергию, реагенты на ХВО и персонал.

**Таблица 3**

Конечные параметры пара и его целевое использование	Удельная выработка электроэнергии при начальных параметрах пара, кВт/т		
	$P_0=1,4$ МПа (абс) $T_0=250$ °С	$P_0=2,5$ МПа (абс) $T_0=300$ °С	$P_0=3,5$ МПа (абс) $T_0=350$ °С
$P_k=5\div 10$ кПа (абс.) конденсационный режим (открытый цикл)	170÷180	190÷200	220÷230
$P_k=70\div 120$ кПа (абс.) теплофикационный режим нагрев сетевой воды до 80 °С	80÷90	100÷110	140÷150
$P_k=250$ кПа (абс.) теплофикационный режим нагрев сетевой воды до 115 °С	40÷50	80÷90	120÷130
$P_k=500$ кПа (абс.) теплофикационный режим отпуск пара на технологию	15÷20	50÷60	90÷100

подстилочным пометом природного газа и минеральных удобрений — золой.

Предпроектные работы, выполненные для Петелинской птицефабрики, показали, что сжигание подстилочного помета с выработкой пара и тепла является экономически эффективным и быстроокупаемым мероприятием. Расчетный срок окупаемости не превышает 18 мес.

Дополнение производства пара и тепла выработкой электроэнергии существенно увеличит экономическую эффективность данного метода утилизации ПП. Так, при выработке 10 т/ч пара с параметрами 1,4 МПа и 250 °С в теплофикационном режиме с нагревом сетевой воды до 80 °С (режим ГВС) можно выработать примерно 900 кВт·ч электроэнергии, из них до 200 кВт·ч — для котельной, а остальное – на собственные нужды птицефабрики.

При удельной стоимости паротурбинной установки 30 тыс. руб./кВт общие капитальные затраты возрастут на 27 млн руб., а экономическая эффективность — примерно на 13 млн руб./год. Она заметно увеличивается с ростом начальных параметров пара. Величина удельной выработки электроэнергии в паротурбинном цикле в зависимости от начальных и конечных параметров пара приведена в табл. 3.

Этот метод утилизации ПП является наиболее быстрым со сроком окупаемости капитальных затрат не более 1,5–2,0 лет. Составляющие капитальных затрат и экономической эффективности зависят от фактических условий и рассчитываются для каждого конкретного случая.

Комплексная выработка тепла на ГВС и отопление,

технологического пара и электроэнергии в котельных на подстилочном помете значительно увеличит независимость птицефабрик от поставщиков энергоресурсов и тарифов на них.

Главным достоинством предлагаемого метода утилизации подстилочного помета являются:

- полная и быстрая ликвидация отходов III класса опасности;
- получение постоянно используемых видов тепловой и/или электрической энергии и ценного минерального удобрения;
- хорошая адаптация к существующим системам тепло- и энергоснабжения птицефабрик.

Также возможно сжигание клеточного помета при достижении его конечной влажности не более 50% с помощью предварительного перемешивания с сухими древесными или растительными отходами, либо предварительным подсушиванием помета продуктами его же сгорания.

**Контакты:**

Гарзанов Александр Львович

E-mail: os@agro3.ru

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Подготовка и переработка помета на птицефабриках. – Сергиев Посад, Изд. ВНИТИП, 2006.
2. Биоэнергетика: мировой опыт и прогнозы развития. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 208.