

жения при использовании ТН как воздухоосушителей. В связи с этим особое значение приобретает оптимизация теплового режима сушки с целью снижения расходов теплоты непосредственно в сушильной камере.

#### Выводы

1. При использовании ТН в конвективных зерносушилках по схеме с осушением воздуха достигается снижение расходов теплоты и топлива на сушку зерна и семян в размере 20-46% в зависимости от параметров теплового режима сушки. Определяющим фактором является разность добавлений и расходов теплоты в сушильной камере.

2. Основные параметры работы ТН (удельные затраты энергии на привод компрессора, коэффициент преобразования и разность температур конденсации и испарения) не могут быть приняты произвольно или включены в число исходных данных. Значения этих показателей необходимо определять по уравнениям (1), (2), (3), (4) и (6).

3. Условия работы ТН в конвективных зерносушилках как осушителей воздуха устанавливают неравенства (7) и (16).

4. Расчет энергосбережения должен производиться согласно предложенной методике с учетом характера и особенностей процессов нагрева, увлажнения и осушения воздуха.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов, О.Л. Экономия энергии при тепловой сушке/ О.Л. Данилов, Б.И. Леончик. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.
2. Рей, Д. Тепловые насосы/ Д. Рей, Д. Макмайкл. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.
3. Янговский, Е.И. Промышленные тепловые насосы/ Е.И. Янговский, Л.А. Левин. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.
4. Данилова, Г.Н. Теплообменные аппараты холодильных установок/ Г.Н. Данилова [и др.]; под общ. ред. Г.Н. Даниловой. – Л.: Машиностроение, 1986. – 303 с.
5. Жидко, В.И. Зерносушение и зерносушилки/ В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов. – М.: Колос, 1982. – 239 с.
6. Быков, А.В. Холодильные машины и тепловые насосы. Повышение эффективности/ А.В. Быков, И.М. Калнинь, А.С. Крузе. – М.: Агропромиздат, 1988. – 287 с.
7. Холодильные машины: справочник/ А.И. Азаров [и др.]; под ред. А.В. Быкова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 224 с.
8. Малин, Н.Н. Справочник по сушке зерна/ Н.Н. Малин. – М.: Агропромиздат, 1986. – 159 с.

УДК 635.21.077: 621.365

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 13.04.2009

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Е.М. Заяц, докт. техн. наук, профессор, В.С. Корко, канд. техн. наук, доцент (УО БГАТУ);  
А.Е. Заяц, канд. техн. наук (ООО «АТЕМ»)

#### Аннотация

*Приведены результаты анализа эффективности использования электрической энергии в технологических процессах, рассмотрены теоретические основы и сравнительные показатели технологий обработки органических дисперсных материалов электрическим током и тепловыми способами. Определены перспективные направления использования электрической энергии в технологических процессах сельскохозяйственного производства.*

#### Введение

Анализ публикаций по перспективам потребления энергии показывает дальнейшее увеличение доли электрической энергии в общем балансе энергопотребления сельским хозяйством. Это обусловлено простотой транспортировки и универсальностью электрической энергии. От одного электрического

ввода в здание можно получить практически все виды энергии: механическую, тепловую, оптическую, химическую и другие [1, 2, с. 8-11].

В реальных технологиях электроэнергия оказывает комплексное влияние на предмет труда [1, 3...5]. Однако значимость действующих факторов различна, в одном процессе каким-то из них можно пренебречь, а в

другом – «пренебрегаемый» становится главным. Из этого вытекает множественность методов и средств для достижения целей электрообработки, описания физических и количественных закономерностей процессов.

Целью данной работы является аналитическое и энергоэкономическое обоснование наиболее перспективных направлений использования электрической энергии в технологических процессах сельскохозяйственного производства.

### Основная часть

В основе электротехнологического использования электрической энергии лежат действия электрического поля (тока) на предметы труда. Важнейшими действиями являются: механическое, тепловое, химическое, биологическое [1, с. 24-41].

Механическое действие лежит в основе следующих технологических направлений использования электроэнергии: разделение неоднородных смесей в электрическом и магнитном полях, фильтрация газов, осаждение частиц на поверхность, обработка материалов на основе электрогидравлического эффекта, преобразование электроэнергии в энергию ультразвуковых колебаний и их использование, магнитно-импульсная обработка материалов и др.

Тепловое действие электрического тока (помимо электротермии) используют при электроимпульсной обработке материалов, активизации и подавлении развития микроорганизмов, активизации химических процессов обработки материалов [3...5]. Соответственно различают тепловое воздействие электрического тока с целью изменения энтальпии вещества (электронагрев) и с целью изменения скорости и глубины химических, микробиологических или иных процессов (электротепловая обработка).

Химическое действие электрического тока лежит

в основе: электрохимической обработки воды с целью ее очистки, активации, получения полезных растворов; электрохимического изменения свойств органических дисперсных гидросистем, например, обработка кормовых материалов, извлечение белков, жиров и других веществ из побочных продуктов производства; электролитической регуляции биологической активности микрофлоры в различных микробиологических процессах; электрохимической обработки металлов; изменения ионного состава воздуха и др. [3...5, 6, с.78...92].

Биологическое действие проявляется через физические и химические процессы в живых организмах животного и растительного мира, изменяющиеся под действием электрического и магнитного полей и влияющие на развитие и состояние этого организма. Это наименее изученная область использования электромагнитной энергии (исключая тепловое действие) [3, 5].

В табл. 1 приведены результаты расчетов по определению показателей сравнительной энергоэкономической оценки применения электрической энергии в тепловых процессах сельскохозяйственного производства.

Как показывает анализ данных табл.1, основные стационарные процессы в сельском хозяйстве более эффективно выполнять с помощью электрической энергии. Она сравнительно легко трансформируется, преобразовывается в другие виды, передается на большие расстояния и представляет собой наиболее доступный, надежный и универсальный энергетический источник.

Электрофизикохимические методы (табл. 2) основаны на применении в производственных процессах различных электрических и магнитных явлений, что позволяет использовать не только тепловое действие электрического тока (как в электротермии), но и другие технологические действия электричества.

Данные таблиц 1 и 2 позволяют определить наи-

**Таблица 1. Показатели эффективности тепловых процессов**

Технологический процесс	Показатели эффективности
1. Преобразование первичной энергии в тепловую: – твердое топливо; – электроэнергия	Суммарный КПИ первичных энергоресурсов: 0,27 0,28
2. Обслуживание теплогенерирующих установок: – низкосортный уголь; – высокосортный уголь; – электроэнергия	Обслуживающий персонал (относительные единицы): 3,0...4,0 1,5...2,0 1,0
3. Нагрев воды на животноводческих фермах: – установки топливные; – установки электрические	Относительный расход энергии: 1,15...1,2 1,0
4. Обогрев молодняка: – система общего отопления; – местный электрообогрев	Относительный расход энергии: 1,3...1,5 1,0
5. Отопление рассадных пленочных теплиц площадью до 1000 м <sup>2</sup> : – установки на жидком топливе; – установки электрические	Относительный доход: 1,0 1,4
6. Подогрев воздуха в помещениях молодняка КРС: – установки на жидком топливе; – установки электрокалориферные	Относительный доход: 1,0 1,3

**Таблица 2. Эффективность использования электрической энергии в некоторых технологических процессах СХП**

Технологический процесс	Показатели эффективности
1. Повышение эффективности использования питательного потенциала кормов: – тепловая обработка; – электротермохимическая	Суммарный КПИ первичных энергоресурсов: 0,3...1,1 0,3...0,5
2. Электроплазмолиз растительного сырья (обезвоживание, сушка)	Снижение энергоемкости в 1,5...2,0 раза
3. Предпосевная обработка семян химикатами в электрическом поле	Снижение расхода химикатов в 2,0 раза
4. Ионизация воздуха: – в овоще - и фруктохранилищах; – в животноводческих и птицеводческих помещениях	Снижение потерь продукции, % 7...10 5...12
5. Консервация силоса электроактивированными растворами	Снижение потерь продукции, % 10...20
5. Электрохимическое обеззараживание с.х. материалов и средств	Снижение содержания микроорганизмов в десятки раз по сравнению с термическими способами обработки

более рациональные направления использования электрической энергии в тепловых и электротехнологических процессах.

В общем виде процессы термохимической обработки органических дисперсных гидросистем (ОГС), к которым можно отнести материалы растительного и животного происхождения, представляют собой гетерогенные реакции ионного обмена между клеточной мембраной дисперсной частицы и жидкой фазой ОГС, скорость которых выражается уравнением

$$g = K \exp\left(\frac{G}{RT}\right) S_{yo} (C^S - C^0), \quad (1)$$

где  $K$  – предэкспоненциальный множитель;  $G$  – энергия активации химической реакции, Дж;  $R$  – универсальная газовая постоянная, Дж/моль·К;  $T$  – температура, К;  $S_{yo}$  – удельная площадь реакционной поверхности, м<sup>2</sup>;  $C^S$ ,  $C^0$  – концентрация активных ионов на поверхности мембраны клетки и в объеме раствора, моль/м<sup>2</sup>; моль/м<sup>3</sup>.

Традиционные термические технологии интенсифицируют процессы протекания реакций изменением площади реакционной поверхности (например, измельчением материала), повышением температуры, увеличением концентрации активных ионов путем внесения хмреагентов. Электрическая обработка основана на изменении концентрации активных ионов и температуры путем пропускания электрического тока через среду, расположенную между электродами, разделенными ионопроницаемой мембраной. В этом случае от силы тока зависит концентрация ионов на поверхности клеточной мембраны дисперсной частицы (2) и концентрации ионов в жидкой фазе (3) [6]

$$C^S = C^0 \pm \frac{q\delta^2 \Delta n}{zFD\tau}, \quad (2)$$

где  $C^0$  – концентрация ионов в жидкой фазе, моль/м<sup>3</sup>;  $q$  – удельное количество электричества, Кл/м<sup>3</sup>;  $\delta$  – толщина диффузного слоя, м;  $\Delta n$  – разность чисел переноса ионов в мембране и растворе;  $z$  – заряд ионов, Кл;  $F$  – постоянная Фарадея, Кл/моль;  $D$  – коэффициент диффузии ионов в растворе, м<sup>2</sup>/с;  $\tau$  – время обработки, с.

В формуле (2) знак (+) соответствует концентрации ионов на анодной и катионов на катодной сторонах клеточной мембраны, а знак (-) – концентрации анионов на катодной и катионов на анодной сторонах клеточной мембраны.

Концентрация ионов в жидкой фазе:

$$C^0 = C^{нач} + \frac{q}{F} (\eta_a - \eta_k), \quad (3)$$

где  $C^{нач}$  – начальная концентрация активных ионов в жидкой фазе, моль/м<sup>3</sup>;  $\eta_a$ ,  $\eta_k$  – выход по току анионов и катионов, соответственно.

Концентрация ионов в среде и на поверхности мембраны влияет на заряд дисперсной частицы (4) и на потенциал ее поверхности (5).

Суммарная плотность поверхностного заряда частицы [7]

$$\rho_n = \frac{\rho_\delta C_{n^+}^2 + K_a (\rho_\delta - \rho_a) C_{n^+} - \frac{K_w K_a}{K_\delta} \rho_a}{C_{n^+}^2 + \left(\frac{K_w}{K_\delta} + K_a\right) C_{n^+} + \frac{K_w K_a}{K_\delta}}, \quad (4)$$

где  $\rho_\delta$ ,  $\rho_a$  – плотность поверхностного заряда основных и кислотных групп соответственно, Кл/м<sup>2</sup>;  $C_{H^+}$  – концентрация ионов, например  $H^+$ , моль/м<sup>3</sup>;  $K_a$ ,  $K_\delta$ ,  $K_w$  – константы диссоциации кислотной, основной групп и воды соответственно.

Потенциал на поверхности частицы

$$\varphi_n = \frac{\rho_n R_y}{2\varepsilon_c} \ln \left( \frac{h + \sqrt{R_y^2 + h^2}}{R_y} \right), \quad (5)$$

где  $\rho_n$  - суммарная плотность поверхностного заряда клетки, Кл/м<sup>2</sup>;  $R_y$ ,  $h$  - соответственно радиус поры и толщина стенки мембраны клетки, м;  $\varepsilon_c$  - диэлектрическая проницаемость среды, Ф/м.

Как видно из уравнений (1)...(5), количество электричества, протекающего через дисперсную гидросистему, влияет на концентрацию ионов, поверхностный заряд и потенциал частицы. Потенциал частицы является главным фактором, лимитирующим тот или иной электротехнологический процесс, и этот фактор зависит от количества электричества, протекающего через обрабатываемую среду.

Количество электричества влияет:

- на скорость химических реакций (1), которые используют при электрохимической обработке корневых материалов;

- через поры мембраны клетки на диффузию ионов, лежащую в основе электролитической активации микробиологических процессов [8]

$$D_\phi = D_0 \exp \left( - \frac{\varepsilon F \varphi_n}{RT} \right), \quad (6)$$

где  $D_\phi$ ,  $D_0$  - соответственно коэффициенты диффузии ионов в порах мембраны клетки и в среде, м<sup>2</sup>/с;  $\varepsilon$  - эмпирический коэффициент;

- на энергию электростатического отталкивания (7) и диполь - дипольного взаимодействия частиц (8), которые используют при выделении белков путем электрохимической коагуляции.

Энергия электростатического отталкивания частиц [9]

$$W_s = 16\varepsilon_0 \varepsilon_c \left( \frac{RT}{F} \right)^2 th^2 \left( \frac{\varphi_0 z_i e}{4kT} \right) a \frac{e^{-\chi a (s-2)}}{S}, \quad (7)$$

где  $\varepsilon_0$  - электрическая постоянная, Ф/м;  $\varepsilon_c$  - диэлектрическая проницаемость среды;  $\varphi_0$  - полный потенциал;  $z_i$  - валентность иона;  $k$  - постоянная Больцмана, Дж/К;  $a$  - размер частицы, м;  $\chi$  - параметр Дебая - Гюккеля, м<sup>-1</sup>.

$$\chi = \sqrt{\frac{8\pi e^2 \sum n_i z_i}{\varepsilon_0 \varepsilon_c kT}}; S = \frac{h}{a} + 2,$$

где  $h$  - расстояние между частицами, м;  $n_i$  - число зарядов  $i$ -го сорта в единице объема, м<sup>-3</sup>.

Энергия диполь - дипольного взаимодействия частиц

$$W_o = -4\varepsilon_0 \varepsilon_c \left[ 0,5 - 3 \frac{ch \left( \frac{\varphi_0 z_i e}{2kT} \right) - 1}{4ch \left( \frac{\varphi_0 z_i e}{2kT} \right) + \chi a} \right]^2 \left( \frac{\alpha}{S} \right)^3 E^2, \quad (8)$$

где  $\alpha$  - постоянная Гамакера, Дж;  $E$  - напряженность электрического поля, В/м.

Применительно к органическим водным растворам основными активными ионами являются Н<sup>+</sup> и ОН<sup>-</sup>, которые и создают на поверхности мембраны клетки кислотные и основные группы зарядов.

Минимальное сопротивление, оказываемое мембраной диффузии молекул и ионов из внешней среды в клетку, и, следовательно, максимальная обработка будут в случае, когда мембрана электрически нейтральна, в этом случае концентрация ионов Н<sup>+</sup> и ОН<sup>-</sup>, а также величина рН соответствует оптимальному значению:

$$C_{H^+OH^-} = K_a \left[ \frac{\rho_a - \rho_\delta}{2\rho_\delta} + \sqrt{\frac{(\rho_a - \rho_\delta)^2}{2\rho_\delta^2} + \frac{K_w \rho_a}{K_a K_\delta \rho_\delta}} \right]; \quad (9)$$

$$pH_{opt} = \lg K_a + \lg \left[ \frac{\rho_a - \rho_\delta}{2\rho_\delta} + \sqrt{\frac{(\rho_a - \rho_\delta)^2}{2\rho_\delta^2} + \frac{K_w \rho_a}{K_a K_\delta \rho_\delta}} \right]. \quad (10)$$

Значит, оптимальное количество электричества, протекающего в массе при обработке, будет определяться уравнением

$$Q_{opt}^{K(A)} = \frac{dC_{k(a)}^{A(K)} F \tau}{\int_0^\tau n_{k(a)} d\tau} = \frac{\left( \sqrt{\frac{K_a K_w}{K_b}} (\pm) C_{H^+}^{A(K_o)} \right) F \tau}{\int_0^\tau n_{k(a)} d\tau}, \quad (11)$$

где  $n_{k(\tau)}$ ,  $n_{aj(\tau)}$  - числа переноса катионов и анионов.

Совместное решение уравнений дает приближенное значение оптимальных параметров электрообработки материалов растительного и животного происхождения. Аналитические выражения подтверждают электрохимический характер происходящих при электрообработке материалов процессов. Четкая количественная связь теории и эксперимента в большинстве рассматриваемых процессов затруднительна, но вместе с тем позволяет анализировать факторы, влияющие на целевую задачу, и возможности электротехнологических воздействий по повышению эффективности технологических процессов.

Сравнительные исследования способов обработки, проведенные БАТУ совместно с рядом научно-исследовательских учреждений, показывают преимущество электротермохимической обработки, достигаемое за счет более глубоких физико-химических изменений в структуре вещества и снижения конечной

температуры обработки (табл.3), что, в конечном счете, ведет к ресурсо- и энергосбережению (табл. 4, 5).

### Выводы

Таким образом, электротермохимическая обработка органических гидросистем по сравнению с традиционными способами увеличивает усвояемость зерна на 18% , соломы на 33%, выход белка картофельного сока и молочной сыворотки на 15...40%, увеличивает прирост биомассы дрожжей на 10...25%, снижает ресурсозатраты на 12...13%, энергоемкость процесса на 20...50%.

Результаты анализа определяют наиболее эффективные направления использования электрической энергии в сельскохозяйственном производстве: тепловые процессы в животноводстве, электрохимическое изменение свойств кормовых материалов, элек-

троактивация микробиологических процессов, электрохимическое производство дезинфицирующих растворов, электроактивация роста растений, животных и других биологических объектов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Карасенко, В.А. Электротехнология / В.А. Карасенко, Е.М. Заяц, А.Н. Баран, В.С. Корко. – М.: Колос, 1992. – 304 с.
2. Прищепов, М.А. Основы термозависимого резистивного электронагрева в технологических процессах сельскохозяйственного производства / М.А. Прищепов. – Мн.: БелНИИагроэнерго, 1999. – 295 с.
3. Герасимович, Л.С. Технологические основы и опыт применения электрической обработки кормовых материалов / Л.С. Герасимович [и др.] // Вопросы аг-

**Таблица 3. Сравнительные показатели способов коагуляции белков картофельного сока и молочной сыворотки**

Способ коагуляции	Картофельный сок			Молочная сыворотка		
	Конечная температура, °С	Выделение белка, %	Энергоемкость, отн. ед.	Конечная температура, °С	Выделение белка, %	Энергоемкость, отн. ед.
Тепловой	70	78	1	95	25...40	1,0
Химический	20	53	0,42	20	40...55	-
Термохимический	70	85	0,92	92	45...55	0,88
Электрохимический	70	87	0,90	92	45...50	0,82
Электротермохимический	40	97	0,46	60	65...80	0,35

**Таблица 4. Сравнительные показатели способов выращивания дрожжей**

Способ обработки	Вид дрожжевого гриба, показатели роста					
	Trichosporon cutaneum		Candida tropicalis		Saccharomyces cerevisiae	
	Титр, КОЕ	прирост биомассы, о.е.	Титр, КОЕ	прирост биомассы, о.е.	Титр, КОЕ	прирост биомассы, о.е.
Традиционный	3,7·10 <sup>7</sup>	1,0	30·10 <sup>7</sup>	1,0	4,0·10 <sup>8</sup>	1,0
Электрохимический	4,5·10 <sup>7</sup>	1,13	41·10 <sup>7</sup>	1,20	40·10 <sup>8</sup>	1,25

**Таблица 5. Усредненные показатели технологий обработки ОГС**  
(в числителе – электротермохимическая, в знаменателе – тепловая обработка)

Показатели	Повышение питательности		Выделение белков		Прирост биомассы, о.е.		
	солома	зерно	Сок картофеля	молочная сыворотка	Trichosporon cutaneum	Candida tropicalis	Saccharomyces cerevisiae
Питательная ценность, к.ед./кг	0,4/03	1,3/1,1	-	-	1,13/1	1,20/1	1,25/1
Выделение белков, %	-	-	97/55...87	75/40...55	-	-	-
Энергоемкость, МДж/кг к.ед	0,45/ 0,36...1,1	0,29/ 0,3...0,4	0,05/ 0,15...0,40	0,12/ 0,28...0,34	10·10 <sup>-3</sup>		
Сбережение кормов, %	13	12	12,5	35	13	20	25
Энергосбережение, %	160...40	80...40	100...150	80...140	Дополнительные энергозатраты 4 Вт.ч/кг		

роэнергетики: сб. науч. трудов / Под ред. Е.М. Зайца. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – С. 24-41.

4. Корко, В.С. Повышение эффективности процессов переработки и контроля влагосодержания злаков электрофизическими методами: монография / В.С. Корко. – Мн.: БГАТУ, 2006. – 349с.

5. Баран, А.Н. Основы электробиотехнологии кормов / Л.С. Герасимович [и др.] // Вопросы агроэнергетики: сб. науч. трудов / Под ред. Е.М. Зайца. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – С.78-92.

6. Заяц, Е.М. Электротермохимическая обработка органических гидросистем / Е.М. Заяц, М.М. Ни-

колаенок // Теория и практика машиностроения, 2003, №2. – С. 44-46.

7. Engel, M.B., Pumper, R.W., Joseph, N.R. Proc. Soc. Exptl. Biol. Med., 128, 4, 990, 1968.

8. Заяц, А.Е. Модель электролитической активации продуцента кормовых дрожжей / А.Е. Заяц. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М.: 2006, №8. – С. 13-16.

9. Заяц, Я.М. Да пытання электракагуляцыі бялкоу бульбянога соку / Я.М. Заяц, І.Б. Юшанка // Весці акадэміі аграрных навук Беларусі, 1994, №3. –С. 118- 119.

УДК 620.91 + 621.311.2

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 16.03.2009

## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЖИГАНИЯ МЕСТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА НА СОСТАВ ВЫБРАСЫВАЕМЫХ В АТМОСФЕРУ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

**Ю.С. Почанин, канд. техн. наук, доцент (УО БГАТУ)**

### **Аннотация**

*Дана характеристика выбросов вредных веществ, образующихся при сгорании местных видов топлива, описаны мероприятия по их минимизации, приведены допустимые количества выбросов, принятые в странах Западной Европы.*

### **Введение**

В Республике Беларусь имеется свыше 10 тысяч котельных, которые вырабатывают или перерабатывают тепло для районных отопительных систем, причем большинство из них (96%) работает на мазуте, дизельном топливе, природном газе и угле, и только незначительное количество (4%) – на торфе и древесном топливе. Большинство энергоносителей (около 85%) в нашей стране импортируется, и в целях энергетической безопасности Республики Беларусь приходится искать пути уменьшения их относительной доли в общем энергобалансе. Мировой опыт показывает, что в подобной ситуации, с одной стороны, должны внедряться энергосберегающие технологии, оборудование и т.п., обеспечивающие меньшее удельное потребление энергоресурсов, а с другой стороны – должны более широко использоваться возобновляемые источники энергии и местные виды топлива. Основными местными видами топлива в республике являются древесная щепа, торф, солома и др., т.е. древесно-растительная масса (биомасса).

Использование местных видов топлива для получения тепловой и электрической энергии оказывает влияние на окружающую среду, так как при сгорании они выделяют вредные вещества. Теплоэнергетические и экологические свойства местных видов топлива определяются рядом характеристик, таких как теплота сгорания, химический состав, влажность, твердость, количество летучих веществ, содержание и

состав золы, количество загрязняющих веществ. Местные виды топлива по своей теплотворной способности и выделению вредных веществ существенно отличаются от ископаемых видов топлива. Сравнительные характеристики различных видов топлива представлены в табл. 1 [1].

На основании данных, приведенных в табл. 1, видно, что каменный уголь, мазут, природный газ и торф, имеющие широкое применение в народном хозяйстве страны, выделяют большое количество углекислого газа и с экологической точки зрения менее предпочтительны по сравнению с древесным топливом и соломой.

**Таблица 1. Сравнительные  
характеристики различных  
видов топлива**

Вид топлива	Теплота сгорания, МДж/кг	% серы	% золы	Углекислый газ, кг/ГДж
Каменный уголь	15-35	1-3	1	60
Мазут	42	1,2	1,5	78
Щепа древесная	10	0	2	0
Гранулы древесные	17,5	0,1	1	0
Торф	10	0	20	70
Солома	14,5	0,2	4	0
Природный газ	35-38 МДж/куб. м	0	0	57