

szhiganiya v kotloagregate maloy moshchnosti s primeneniem SVCh-energii // Materialy KhVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (g. Kemerovo, 13-14 noyabrya 2018 g.) [Elektronnyy resurs]. – Kemerovo: FGBOU VO Kemerovskiy GSKhI, 2018. – S. 265-269.

7. Konovalova A.A., Konovalov V.I., Dambiev Ts.Ts. K voprosu ob eksperimentalnom issledovanii protsessa goreniya kurinogo pometa v kotloagregate s primeneniem SVCh-energii // Vklad molodykh uchenykh v innovatsionnoe razvitie APK Rossii. – Penza: RIO PGAU, 2018. – S. 164-167.



УДК 628.475.7:631.862

**В.И. Коновалов, А.В. Шишкин, А.А. Коновалова**  
V.I. Konovalov, A.V. Shishkin, A.A. Konovalova

## О МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ГОРЕНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА НА ОРГАНИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ

### MATHEMATICAL MODELING OF ORGANIC SOLID FUEL BURNING WITH THE USE OF UHF-RADIATION

**Ключевые слова:** помёт, утилизация отходов, переработка помета, котел малой мощности, СВЧ-энергия, СВЧ-розжиг, энергия активации, магнетрон, волновод, математическая модель.

Освещена проблема, заключающаяся в сложности построения теоретической математической модели процесса горения помета в котлоагрегате с применением СВЧ-излучения на основе уравнений химической кинетики, т.к. пропорциональный и химический составы топлива на органической основе весьма неоднородны и часто меняются в зависимости от условий содержания и кормления птиц. Предложены методологические подходы, где процесс горения условно был разделен на 3 этапа. Каждый этап описан при помощи уравнения теплового баланса, а весь процесс рассматривается как их интеграция. Математическая модель каждого этапа учитывает ряд допущений. На основании уравнения теплового баланса приведено выражение для определения целевой функции, в качестве которой была выбрана теплота, переданная поверхностям нагрева в топке от сгорания топлива на пометной основе. Анализируя полученную целевую функцию, выяснилось, что по количеству параметров в полученной математической модели преобладают факторы, соответствующие характеристикам твердого топлива на пометной основе. Основные данные пред-

ставлены в виде таблицы и графиков. Проведя анализ теоретической и экспериментальной зависимости теплоты, переданной поверхностям нагрева в топке от мощности СВЧ-излучения и влажности помета, выяснилось, что теоретическая и экспериментальная целевые функции обладают схожим направлением, однако теоретическая имеет более сглаженный вид. Данный факт связан с различием между теоретическими и экспериментальными значениями некоторых параметров топлива, а также независимых коэффициентов. Однако совпадение направлений и пересечение данных теоретических и экспериментальных функций свидетельствуют о состоятельности принятой теории.

**Keywords:** poultry manure, waste disposal, manure processing, low-power boiler, UHF energy, UHF firing, activation energy, magnetron, waveguide, mathematical model.

This paper discusses the problem of the complexity of mathematical modeling of manure incineration with the use of UHF-radiation based on the equation of chemical kinetics because the proportional and chemical compositions of manure are not constant and depend on poultry nutrition. The methodological approaches are presented where the burning process was divided into 3 stages. Each stage is described using the heat balance equation, and the whole process is

presented as the integration of several stages. The mathematical model of each stage takes into account a number of assumptions. The formula of the objective function is created on the basis of heat balance equation where the objective function is the heat transferred to surface of boiler by burning the fuel based on manure. After analyzing the objective function, it was found that the resulting formula had more factors characterizing the fuel. The main data are presented in the form of tables and graphs. After analyzing the dependence of

the theoretical and experimental objective functions on the power of microwave radiation and manure moisture, it was found that these functions were similar but the theoretical function had more smoothed-out form. This was due to different values of some fuel parameters and independent coefficients in the theoretical and experimental objective functions. However, the coincidence of directions and the intersection of graphs of theoretical and experimental functions confirm the chosen theory.

**Коновалов Виктор Иванович**, к.т.н., доцент каф. «Мелиорация и охрана земель», Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова. E-mail: kvi\_viktor@mail.ru.

**Шишкин Александр Викторович**, к.с.-х.н., доцент каф. геодезии и инженерных сооружений, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 20-31-12. E-mail: shishkin8@yandex.ru.

**Коновалова Анна Александровна**, аспирант каф. «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства», Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова. E-mail: nyura.matveevskaya@mail.ru.

**Konovarov Viktor Ivanovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Land Reclamation and Protection, Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov. E-mail: kvi\_viktor@mail.ru.

**Shishkin Aleksandr Viktorovich**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Geodesy and Engineering Structures, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 20-31-12. E-mail: shishkin8@yandex.ru.

**Konovalova Anna Aleksandrovna**, post-graduate student, Chair of Electrification and Automation of Agriculture, Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov. E-mail: nyura.matveevskaya@mail.ru.

### Введение

Применение способа утилизации помета методом его сжигания в котле малой мощности с использованием СВЧ-излучения требует детального изучения как с теоретических, так и с экспериментальных позиций. Большинство авторов предпочитают использовать методы построения математической модели процесса горения помета на основе химической кинетики [1-3]. Однако ввиду того, что топливо на основе помета является продуктом органическим, его пропорциональный и химический составы весьма неоднородны и часто меняются в зависимости от условий содержания и кормления птиц. В связи этим **целью** исследования является разработка математической модели процесса горения твердого топлива на основе помета с применением СВЧ-излучения без использования уравнений химической кинетики. В качестве **объекта** исследований рассматривается процесс горения помета в котле малой мощности с использованием СВЧ-излучателя, где **предметом** являются закономерности передачи энергии. Для достижения поставленной цели необходимо решить некоторые **задачи**:

1) выделить основные этапы горения помета с применением СВЧ-излучения;

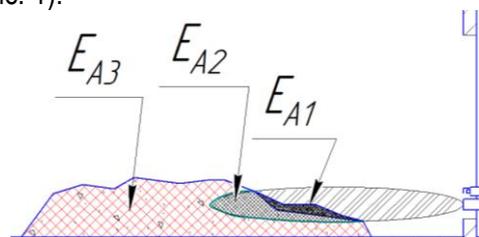
2) математически отразить закономерности передачи энергии в системе СВЧ-излучатель-топливо-котлоагрегат;

3) провести графический анализ полученных теоретических данных.

### Общие методологические подходы

Процесс воспламенения и последующего горения топлива на основе помета можно условно разделить на 3 этапа [4, 5].

I этап. Происходит предварительный розжиг части топлива газовой горелкой, причем горелка включается на довольно малый промежуток времени. В результате происходит передача определенного количества энергии активации  $E_{A1}$  некоторой малой части поверхности топливной массы  $m$  (рис. 1).



**Рис. 1. Общая схема перераспределения энергии в системе СВЧ-излучатель-топливо-котлоагрегат**

II этап. Включается наддув воздуха, и его поток поступает в камеру сгорания через отверстия в колосниковой решетке. Одновременно с наддувом включается генератор СВЧ-излучения. Микроволновая энергия от магнетрона попадает в камеру сгорания, где взаимодействует с холодной нерав-

новесной плазмой зоны с энергией активации  $E_{A1}$ . В результате этого взаимодействия происходит увеличение температуры электронов и, как следствие, расширение зоны предварительного тления с энергией  $E_{A1}$  до уровня  $E_{A2}$ . В зоне с энергией активации  $E_{A2}$  происходит воспламенение более массивных и крупных частиц твердого топлива с повышенной влажностью.

III Этап. Происходит расширение зоны с энергией  $E_{A2}$  на всю поверхность топлива массой  $m$ . Горение происходит за счет двух видов энергии – тепловой  $E_{A3}$ , получаемой в результате сгорания части топлива зоны  $E_{A2}$ , и электромагнитной.

Ввиду того, что пропорциональный и химический составы данного топлива весьма неоднородны и часто меняются в зависимости от условий содержания и кормления птиц, для описания всего процесса рациональнее применить уравнение теплового баланса [2]:

$$Q_H^P + Q_{\lambda} + Q_T + Q_B + Q_{\lambda} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7, \quad (1)$$

где  $Q_H^P$  – полезная теплота сгорания, кДж;

$Q_{\lambda}$  – количество теплоты, передаваемое оставшемуся топливу его горящими частями, кДж;

$Q_T$  – физическое тепло топлива, вносимое в систему, кДж;

$Q_B$  – теплота воздуха, кДж;

$Q_1$  – теплота, переданная поверхностям нагрева в топке (теплота прямой отдачи), кДж;

$Q_2$  – теплота, уходящая с газами из камер горения, кДж;

$Q_3$  – потеря тепла от химической неполноты сгорания, кДж;

$Q_4$  – общая потеря тепла от механической неполноты сгорания, кДж;

$Q_5$  – потеря тепла в окружающую среду, кДж;

$Q_6$  – потери с физической теплотой шлака, кДж;

$Q_7$  – потери тепла на испарение влаги из помета, кДж [2].

$$Q_1 = 13936,3232 - 165,5174W + 149,0854L + C_{пр}F \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] + C_{ПП}t_{ПП} + C_B L t_B + P_{вх} \left( 1 - e^{\left( -\frac{1}{4\sqrt{15\sigma\nu(1-\nu^2)}} \left( 1 + 2\frac{b}{a} \nu^2 \right) \frac{1}{b\sqrt{a}} \right)} \right) \tau - (H_{у.г.} - \alpha_{у.г.} H_{х.в.} + m_{п\rho_{п}} (126,4 \varphi_{CO} + 358 \varphi_{CH_4} + 107,9 \varphi_{H_2}) + \alpha_{у.н.} A^P \frac{\Gamma_{у.н.} Q_{к.о.}}{1 - \Gamma_{у.н.}} + A^P a_{шл} (Ct)_{зл} + \frac{m_{п\rho_{п}}}{1 - \frac{W}{100}} (C_{воды} (t_2 - t_{ПП}) + L_{пар}),$$

где  $W$  – влажность помета, %;

$L$  – массовый расход воздуха, кг/ч;

На первом этапе первичное возгорание или тление части помета осуществляются благодаря подводу теплоты пламенем газовой горелки  $Q_H^{CM}$ . При этом нужно указать ряд допущений [5, 6]: теплота от пламени горелки передается только непосредственно локальному участку топлива, т.е.  $Q_1 = 0$ ; теплота не уходит с газами за пределы камеры сгорания –  $Q_2 = 0$ ; потери теплоты в окружающую среду не происходят –  $Q_5$ ; шлак не образуется, т.е.  $Q_6$ ; потерь теплоты, связанных с механическим недожогом, нет,  $Q_4 = 0$ .

С учетом изложенных выше допущений уравнение теплового баланса на первом этапе процесса воспламенения примет вид [99]:

$$Q_H^{CM} + Q_T + Q_B = Q_3 + Q_7. \quad (2)$$

На втором этапе исследуемого процесса горения помета в котле с применением СВЧ-излучения следует ввести новые допущения: в дополнение к теплоте, вносимой газовой горелкой, передается энергия  $Q_{\lambda}$  посредством СВЧ-излучения; поверхность возгорания увеличивается пропорционально внесенной СВЧ-энергии; в системе появляется некоторое количество теплоты  $Q_H^P$  от сгорания топлива; теплота еще не передается стенкам котла, а большинство энергии уходит на разогрев топливной смеси,  $Q_1 = 0$ .

$$Q_H^P + Q_H^{CM} + Q_T + Q_B + Q_{\lambda} = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7. \quad (3)$$

На третьем этапе уравнение теплового баланса примет окончательный вид (1). Ввиду того, что  $Q_1$  является основной величиной, характеризующей эффективность процесса утилизации помета методом сжигания в котле с СВЧ-излучателем, будет справедливо выражение:

$$Q_1 = (Q_H^P + Q_{\lambda} + Q_T + Q_B + Q_{\lambda}) - (Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7) \quad (4)$$

или в развернутом виде:

$C_{пр}$  – приведенный коэффициент излучения двух противостоящих друг другу тел, что в данном случае означает частей горящего и пока не горящего топлива в виде помета, Вт/(м<sup>2</sup>К<sup>4</sup>):

$$C_{пр} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}}$$

$F$  – площадь поверхности излучения, м<sup>2</sup>;

$T_1, T_2$  – абсолютные температуры нагретого и нагреваемого тел, К;

$C_1$  – коэффициент излучения горячей части топливной массы, Вт/(м<sup>2</sup>К<sup>4</sup>);

$C_2$  – коэффициент излучения тлеющей части топливной массы, Вт/(м<sup>2</sup>К<sup>4</sup>);

$C_0 = 5,68$  Вт/(м<sup>2</sup>К<sup>4</sup>) – коэффициент излучения для абсолютно черных частей топливной массы;

$C_{ПП}$  – теплоемкость вносимого помета;

$t_{ПП}$  – начальная температура помета как топлива;

$C_B$  – удельная теплота воздуха;

$t_B$  – температура воздуха, °С;

$P_{вх}$  – входная мощность магнетрона на волноводе, Вт;

$\alpha$  – коэффициент затухания электромагнитной волны;

$l$  – длина волновода, м;

$\sigma$  – проводимость материала стенок волновода, Ом/м;

$v$  – скорость распространения волны, м/с;

$H_{у.г.}$  – энтальпия уходящих газов, кДж/кг;

$H_{х.в.}$  – энтальпия холодного воздуха, кДж/кг;

$\alpha_{у.г.}$  – коэффициент избытка воздуха в уходящих газах;

$\alpha_{у.н.}$  – доля уноса золовых фракций из топки с продуктами сгорания, %;

$A^P$  – зольность рабочей массы топлива, %;

$\Gamma_{у.н.}$  – содержание горючих веществ в уносимых газовым потоком продуктах;

$Q_{к.о.} = 32,6$  МДж/кг – расчетная теплота сгорания коксового остатка в уносе;

$\alpha_{шл}$  – доля шлака в золе, %;

$(Ct)_{шл}$  – энтальпия шлака как произведение его теплоемкости и температуры;

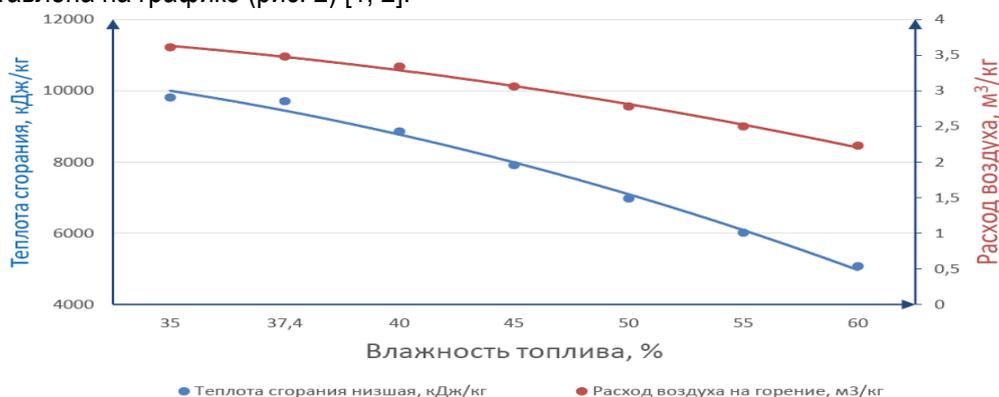
$C_{воды}$  – теплоемкость воды, кДж/кг·°С;

$t_2$  – температура образования пара, °С;

$L_{пар}$  – удельная теплота парообразования, кДж/кг;

$\phi$  – содержание горючего в смеси (в объёмных %).

Зависимость низшей теплоты сгорания помета  $Q_H^P$  от влажности была определена экспериментально и представлена на графике (рис. 2) [1, 2].



**Рис. 2. График зависимости низшей теплоты сгорания помета от его влажности при переменном расходе воздуха**

Аппроксимируя данные графика зависимости низшей теплоты сгорания помета от влажности и расхода воздуха как функцию от двух переменных  $W$  и  $L$ , получим зависимость:

$$Q_H^P = 14220,738 - 169,8953W + 152,128L. \quad (5)$$

Результаты и их обсуждение

В конечном итоге целевая функция является зависимой от множества переменных:

$$Q_1 = f(W, L, F, C_{пп}, C_B, C, C_{воды}, m_{п}, \rho_{п}, \alpha_{у.н.}, \alpha_{шл}, \alpha_{у.г.}, H_{у.г.}, H_{х.в.}, A^P, \Gamma_{у.н.}, \varphi_{CO}, \varphi_{CH_4}, \varphi_{H_2}, L_{пар}, Q_{к.о.}, l, a, b, P_{вх}, \tau).$$

Для лучшего понимания и изучения влияния переменных величин на целевую функцию разделим их по признакам (табл.).

Таблица

Классификация параметров, влияющих на целевую функцию  $Q_1$

№	Параметры конструкции котла и СВЧ-излучателя	Параметры топлива	Параметры окислителя	Независимые параметры	Временные характеристики
1	$P_{вх}$	$W$	$L$	$v$	$\tau$
2	$b$	$C_{пр}$	$\alpha_{у.г.}$	$C_{воды}$	
3	$a$	$C_{пп}$	$H_{х.в.}$	$L_{пар}$	
4	$l$	$C$		$C_B$	
5	$F$	$m_{п}$		$Q_{к.о.}$	
6		$\rho_{п}$			
7		$\alpha_{у.н.}$			
8		$\alpha_{шл}$			
9		$\Gamma_{у.н.}$			
10		$H_{у.г.}$			
11		$A^P$			
12		$\varphi_{CO}$			
13		$\varphi_{CH_4}$			
14		$\varphi_{H_2}$			

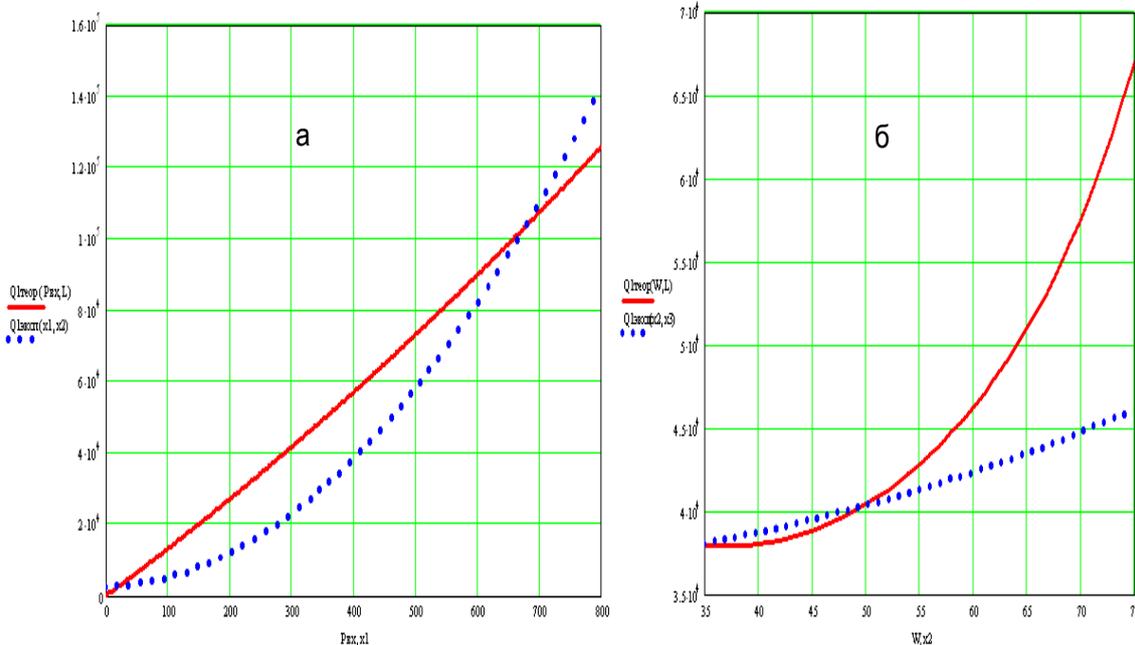


Рис. 3. Сравнительный анализ теоретической и экспериментальной зависимости теплоты, переданной поверхностям нагрева в топке от мощности СВЧ-излучения (а) и влажности помета (б)

Больше всего параметров, влияющих на процесс образования тепла при сжигании помета в котле с применением СВЧ-излучения, относятся к характеристикам топливной массы.

Среди параметров, влияющих на процесс образования тепла, лишь некоторые могут быть легко изменены оператором в процессе сжигания помета в котле. Среди параметров конструкции

котла и СВЧ-излучателя можно назвать мощность излучателя  $P_{\text{ВХ}}$ , т.к. изменение остальных возможно лишь с глобальной переделкой конструкции, из параметров топлива – его влажность  $W$  и массу  $m$ , т.к. элементный состав меняется только при изменении рациона кормления и содержания птиц, а остальные параметры зависят от состава и влажности. Среди параметров окислителя можно выделить расход  $L$  либо коэффициент избытка воздуха  $\alpha_{\text{у.г.}}$ .

Проведя анализ теоретической и экспериментальной зависимости теплоты, переданной поверхностям нагрева в топке от мощности СВЧ-излучения и влажности помета (рис. 3 а, б), выяснилось [7], что функции  $Q_{1\text{теор}} = f(P_{\text{ВХ}})$  и  $Q_{1\text{эксп}} = f(P_{\text{ВХ}})$  обладают схожим направлением, однако  $Q_{1\text{теор}} = f(P_{\text{ВХ}})$  имеет более сглаженный вид, так же как функции  $Q_{1\text{теор}} = f(W)$  и  $Q_{1\text{эксп}} = f(W)$ . Данный факт связан с различием между теоретическими и экспериментальными значениями некоторых параметров топлива, а также независимых коэффициентов. Однако совпадение направлений и пересечение данных теоретических и экспериментальных функций свидетельствуют о состоятельности принятой теории.

### Выводы

1. В результате проведенного теоретического исследования горения помета в котлоагрегате с применением СВЧ-излучения было выдвинуто предположение о том, что процесс проходит в 3 этапа, различающихся между собой значениями энергии активации.

2. На основании проведенного математического анализа процесса утилизации помета методом его сжигания в котле с применением СВЧ-излучения была построена модель теплового баланса. В результате чего удалось установить взаимосвязь между целевой функцией в виде теплоты, переданной поверхностям нагрева в топке и рядом параметров, среди которых были выделены влажность помета  $W$  и его масса  $m$ , мощность излучателя  $P_{\text{ВХ}}$ , массовый расход воздуха  $L$ , т.к. они могут быть легко изменены оператором при утилизации.

3. Проведя сравнительный анализ теоретических и экспериментальных графиков, подтвердилась выбранная теория, однако последняя нуждается в доработке путем внесения поправочных коэффициентов.

### Библиографический список

1. Шафеев А.Ф., Иванов Ю.Г. Исследование процесса горения куриного подстилочного помета // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». – 2016. – № 2 (72) – С. 10-18.
2. Шафеев А.Ф. Совершенствование технологии и установки для утилизации подстилочного помета птицефабрик: дис. ... канд. техн. наук / 05.20.01. – М., 2016. – С. 33-79.
3. de Souza-Santos, M.L. Solid Fuels Combustion and Gasification: Modeling, Simulation, and Equipment Operation. New York: Marcel Dekker, 2004.
4. Коновалова А.А., Коновалов В.И. К вопросу о проблеме теплообеспечения сельскохозяйственного производства в Бурятии // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи: сб. ст. по матер. X Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. молодых ученых, посвящ. 75-летию Курганской ГСХА им. Т.С. Мальцева. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2018. – С. 203-207.
5. Коновалова А.А., Коновалов В.И. О некоторых особенностях утилизации помета методом сжигания с применением СВЧ-энергии // Аграрная наука в инновационном развитии АПК: Междунар. молодежный аграрный форум. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина, 2018. – С. 8-12.
6. Коновалова А.А., Дамбиев Ц.Ц., Коновалов В.И. К вопросу об утилизации помета методом сжигания в котлоагрегате малой мощности с применением свч-энергии // матер. XVII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Кемерово, 13-14 ноября 2018 г.). – Кемерово: ФГБОУ ВО Кемеровский ГСХИ, 2018. – С. 265-269.
7. Коновалова А.А., Коновалов В.И., Дамбиев Ц.Ц. К вопросу об экспериментальном исследовании процесса горения куриного помета в котлоагрегате с применением СВЧ-энергии // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России. – Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – С. 164-167.

### References

1. Shafeev, A.F. Issledovanie protsessa goreniya kurinogo podstilochnogo pometa / A.F. Shafeev, Yu.G. Ivanov // Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego pro-

fessional'nogo obrazovaniya Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet im. V.P. Goryachkina. – 2016. – No. 2 (72). – S. 10-18.

2. Shafeev, A.F. Sovershenstvovanie tekhnologii i ustanovki dlya utilizatsii podstilochnogo pometa ptitsefabrik: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01. – M., 2016. – S. 33-79.

3. de Souza-Santos, M.L. Solid Fuels Combustion and Gasification: Modeling, Simulation, and Equipment Operation. New York: Marcel Dekker, 2004.

4. Konovalova A.A., Konovalov V.I. K voprosu o probleme teploobespecheniya selskokhozyaystvennogo proizvodstva v Buryatii // Razvitie nauchnoy, tvorcheskoy i innovatsionnoy deyatel'nosti molodezhi. Sbornik statey po materialam X Vserossiyskoy (natsionalnoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoy 75-letiyu Kurganskoy GSKhA imeni T.S. Maltseva. - Kurgan, 2018. – S. 203-207.

5. Konovalova A.A., Konovalov V.I. O nekotorykh osobennostyakh utilizatsii pometa metodom szhiganiya s primeneniem SVCh-energii // Mezhdunarodnyy molodezhnyy agrarnyy forum «Agrarnaya nauka v innovatsionnom razvitii APK». – Mayskiy, 2018. – S. 8-12.

6. Konovalova A.A., Dambiev Ts.Ts., Konovalov V.I. K voprosu ob utilizatsii pometa metodom szhiganiya v kotloagregate maloy moshchnosti s primeneniem SVCh-energii // Materialy XVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (g. Kemerovo, 13-14 noyabrya 2018 g.) [Elektronnyy resurs]. – Kemerovo: FGBOU VO Kemerovskiy GSKhI, 2018. – S. 265-269.

7. Konovalova A.A., Konovalov V.I., Dambiev Ts.Ts. K voprosu ob eksperimental'nom issledovanii protsessa goreniya kurinogo pometa v kotloagregate s primeneniem SVCh-energii // Vklad molodykh uchenykh v innovatsionnoe razvitie APK Rossii. – Penza: RIO PGAU, 2018. – S. 164-167.



УДК 574.24:631.95(571.1)

**О.Н. Барышникова, Г.Я. Барышников**  
O.N. Baryshnikova, G.Ya. Baryshnikov

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

### THE POTENTIAL OF ECOLOGICALLY CLEAN AGRICULTURAL PRODUCTION IN THE SOUTH OF WEST SIBERIA

**Ключевые слова:** экологически чистая сельскохозяйственная продукция, Западная Сибирь, агропотенциал ландшафтов, загрязнение окружающей среды.

Представлен комплексный анализ агропотенциала природных ландшафтов и дана оценка их экологического состояния. Обращается внимание на то, что естественные свойства ландшафтов могут выступать предпосылками развития. Представлено обоснование схемы районирования территории юга Западно-Сибирской равнины

для целей производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции. Отмечено, что без адаптации систем земледелия к природному потенциалу ландшафтов невозможна организация производства экологически чистой продукции. Схема районирования, предложенная авторами статьи, может послужить основой для создания адаптивных к возможностям природного потенциала ландшафтов систем земледелия, позволяющих минимизировать последствия природных и техногенных рисков в процессе производства сельхозпродукции.