

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТ

А.А. Шевцов, А.В. Дранников, Л.И. Лыткина,  
Е.С. Шенцова, Е.А. Шабунина

# Научно-практические основы энерго- и ресурсосберегающих процессов для получения кормовых добавок из растительного сырья

16-3842



16-03842

Воронеж 2015

**А.А. ШЕВЦОВ, А.В. ДРАННИКОВ, Л.И. ЛЫТКИНА,  
Е.С. ШЕНЦОВА, Е.А. ШАБУНИНА**

**НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ  
ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ  
КОРМОВЫХ ДОБАВОК ИЗ  
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

**МОНОГРАФИЯ**

**ВОРОНЕЖ  
2015**

УДК 636.087.7

ББК Л828-4

Н34

Научный редактор профессор А.А. ШЕВЦОВ

Рецензенты:

кафедра технологии переработки растениеводческой продукции  
Воронежского государственного аграрного университета  
имени императора Петра I

д-р техн. наук И.Г. ПАНИН  
(директор ООО «КормоРесурс»)

Н34

Научно–практические основы энерго- и ресурсосберегающих процессов для получения кормовых добавок из растительного сырья [Текст]: монография / А. А. Шевцов, А. В. Дранников, Л. И. Лыткина, Е. С. Шенцова, Е. А. Шабунина – Воронеж : ВГУИТ, 2015. – 268 с.

ISBN 978-5-00032-149-2

В монографии отражены результаты многолетних исследований, направленных на разработку новых энергетически эффективных способов получения кормовых добавок из растительного сырья, основанных на проведенных теоретических и экспериментальных исследованиях по гидродинамике, кинетике, тепло-массообмену и математическому моделированию с учетом принципов экологичности, энерго- и ресурсосбережения

Монография предназначена для научных, инженерно-технических работников, аспирантов и студентов технических вузов.

И 3707050000 Без объявл.  
ОК2(03) - 2015

УДК 636.087.7

ББК Л824-4

ISBN 978-5-00032-149-2

© Шевцов А.А., Дранников А.В.,  
Лыткина Л. И., Шенцова Е. С.,  
Шабунина Е. А., 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение.....</b>	<b>6</b>
<b>Глава 1. Современные тенденции развития теории, техники, технологии приготовления кормовых средств из растительного сырья .....</b>	<b>10</b>
1.1. Теоретические основы процессов тепло-массообмена при обработке сырья растительного происхождения .....	10
1.2. Краткий обзор техники и технологии сушки высоко-влажных дисперсных материалов .....	24
1.3. Основные сведения о применении суспензии микроводорослей в качестве кормовой биологически активной добавки .....	35
1.4. Технические приемы при создании технологий энергосбережения в кормопроизводстве .....	48
<b>Глава 2. Методология рационального использования энергоресурсов в технологии комбикормов с вводом в комбикорм добавок из вторичных продуктов свеклосахарного производства .....</b>	<b>52</b>
2.1. Экспериментальная установка и методика проведения экспериментов .....	52
2.2. Исследование гидродинамики импульсного виброкипящего слоя свекловичного жома .....	56
2.3. Основные кинетические закономерности процесса сушки свекловичного жома перегретым паром в импульсном виброкипящем слое .....	58
2.4. Исследование процесса теплообмена при сушке свекловичного жома перегретым паром в импульсном виброкипящем слое .....	63
2.5. Математическая модель процесса сушки свекловичного жома перегретым паром в активном гидродинамическом режиме.....	66

<b>Глава 3. Разработка эффективного процесса сушки яблочных выжимок при комбинированном энергоподводе...</b>	<b>75</b>
3.1. Экспериментальная установка и методика проведения экспериментов .....	75
3.2. Гидравлическое сопротивление слоя яблочных выжимок, продуваемого перегретым паром пониженного давления .....	79
3.3. Кинетические закономерности процесса сушки яблочных выжимок перегретым паром пониженного давления.....	80
3.4. Расчет продолжительности процесса сушки .....	84
3.5. Исследование процесса теплообмена при сушке яблочных выжимок перегретым паром пониженного давления .....	86
3.6. Моделирование процесса сушки яблочных выжимок	89
<b>Глава 4. Разработка научно-практических основ процесса массообмена при культивировании микроводорослей.....</b>	<b>94</b>
4.1. Определение рациональных параметров процесса массового культивирования хлореллы и спирулины .....	94
4.1.1. Экспериментальное исследование процесса культивирования микроводоросли хлорелла.....	94
4.1.2. Кинетические закономерности процесса культивирования микроводоросли спирулина.....	110
4.2. Математическое описание процесса массообмена при культивировании микроводорослей в биореакторах пленочного типа .....	123
4.3. Исследование процесса производства комбикормов с вводом суспензий микроводорослей хлореллы и спирулины.....	136
4.3.1. Технические аспекты производства комбикорма содержащего суспензию хлореллы .....	136
4.3.2. Обоснование содержания суспензии спирулины в составе комбикормов .....	142
4.4. Исследование динамики показателей качества комбикормов при вводе суспензии хлореллы и спирулины при хранении.....	148

<b>Глава 5. Эксергетический анализ тепло- массообменных процессов при получении кормовых добавок .....</b>	<b>159</b>
5.1. Эксергетический анализ процесса сушки свекловичного жома .....	159
5.2. Эксергетический анализ процесса сушки яблочных выжимок перегретым паром пониженного давления .....	166
5.3. Эксергетический анализ процесса культивирования микроводоросли <i>Spirulina platensis</i> .....	177
<b>Глава 6. Разработка способов производства кормовых добавок из растительного сырья, алгоритмов управления и оборудования для их реализации .....</b>	<b>188</b>
6.1. Разработка способов производства сухого свекловичного жома, алгоритмов управления и оборудования для их реализации .....	188
6.2. Разработка способа сушки яблочных выжимок при комбинированном энергоподводе и сушильной установки для его осуществления .....	200
6.3. Разработка линий ввода суспензий микроводорослей в комбикорма .....	207
6.4. Программно-логический алгоритм управления процессом культивирования фотоавтотрофных микроорганизмов...	213
<b>Глава 7. Оценка энергетической и экономической эффективности способов производства кормовых добавок.....</b>	<b>220</b>
7.1. Методика расчета сушильной установки для свекловичного жома .....	220
7.2. Методика инженерного расчета пленочного фотобиореактора .....	230
7.3. Расчёт ожидаемого экономического эффекта от внедрения пленочного фотобиореактора .....	239
7.4. Расчет ожидаемого экономического эффекта от использования сушильной установки с комбинированным энергоподводом в технологии комбикормов .....	244
<b>Заключение.....</b>	<b>248</b>
<b>Библиографический список.....</b>	<b>250</b>