

УДК 631

**ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА И ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Кожевников В.П.,

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова,

Россия, г. Белгород.

Зонов В.Д.,

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова,

Россия, г. Белгород.

Кожевникова А.В.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова,

Россия, г. Белгород.

Аннотация: в статье рассмотрены технологии переработки отходов растениеводства, птицеводства и животноводства. Сделан краткий анализ развития агропромышленного комплекса по Белгородской области и рекомендованы технологии по переработке сельскохозяйственных отходов. Отходы растениеводства могут использоваться для выработки тепло- и электроэнергии при сжигании биогаза в когенерационных установках, и для получения холода в тригенерационных установках. С экономической точки зрения отходы растениеводства можно использовать более эффективно. Так полученный компост для выращивания грибов шампиньонов после его использования является более насыщенным необходимыми микроэлементами для получения более качественного органического удобрения. Отходы животноводства можно применять для получения биогаза, моторного топлива и органических удобрений. Проведен анализ качественного состава компоста для

выращивания грибов и отработанного компоста. Рассмотрены системы очистки стоков, полученных в результате переработки отходов сельскохозяйственного производства. Особый интерес представляет способ очистки стоков с применением соломенных тюков, используемых как фильтры для улавливания твердых фракций и жиров с последующим их сжиганием в теплопроизводящих установках.

Ключевые слова: компост, биогаз, органические удобрения, животноводство, растениеводство, птицеводство, сельскохозяйственные организации, окружающая среда, экология, анаэробная переработка, биоферментация, биоудобрения, эффлюент, сельскохозяйственные отходы, биометан, стоки, солома, птичий помет, биогазовые установки, сточные воды, система очистки, очистные сооружения, плодородие почвы, механическая очистка, электрическая энергия, биотехнологическая переработка.

OVERVIEW OF TECHNOLOGIES FOR PROCESSING AGRICULTURAL WASTE AND SEWAGE TREATMENT PLANTS

Kozhevnikov V.P.

Belgorod State Technological University after V.G. Shukhov

Russia, Belgorod

Zonov V.D.

Belgorod State Technological University after V.G. Shukhov

Russia, Belgorod

Kozhevnikova A.V.

Belgorod State Technological University after V.G. Shukhov

Russia, Belgorod

Abstract: the article deals with the technologies of waste processing of crop, poultry and livestock. A brief analysis of the development of agriculture in the Belgorod region and recommended technologies for processing agricultural waste. Crop waste can be used to generate heat and electricity from biogas combustion in

cogeneration plants, and to produce cold in trigeneration plants. From an economic point of view, crop waste can be used more effectively. So the resulting compost for growing mushrooms champignons after its use is more saturated with the necessary trace elements to obtain a better organic fertilizer. Animal waste can be used to produce biogas, motor fuel and organic fertilizers. The analysis of the qualitative composition of the compost for growing mushrooms and waste compost. The systems of sewage treatment, obtained as a result of processing of agricultural production wastes, are considered. Of particular interest is the method of wastewater treatment using straw bales used as filters to capture solid fractions and fats, followed by their combustion in heating plants.

Key word: compost, biogas, organic fertilizer, farming, plant growing, poultry, environment, ecology, biofertilizer, biogas plant, treatment facilities, electric energy, biotechnological processing.

Введение. Белгородская область является аграрной областью России. Она располагает достаточными природными, трудовыми и инвестиционными ресурсами для развития сельского хозяйства. Географическое расположение области способствует развитию отраслей сельского хозяйства, таких как растениеводство, животноводство и птицеводство. В настоящее время в регионе сформирована технологическая база отрасли животноводства, позволяющая производить общий объем мяса скота и птицы более полутора миллионов тонн в год, что способствует импортозамещению мясной продукции собственного производства на отечественном рынке[11].

В настоящее время в России, в частности в Белгородской области, где построено большое количество птицефабрик, ферм по производству свинины скапливается большое количество продуктов жизнедеятельности птиц и животных в отстойниках, создавая угрозу экологической обстановке, с возможностью доведения её до техногенной катастрофы, связанной с проникновением фекалий в подземные водные ресурсы и дальнейшую невозможность использовать эту воду для хозяйственно-питьевых целей.

Для уменьшения себестоимости и повышения конкурентоспособности производства овощных и зерновых культур, а также с целью сокращения пагубного воздействия на почву от использования только минеральных удобрений, необходимо грамотно организовать процесс переработки отходов продуктов жизнедеятельности птиц и животных в высококачественное биологическое удобрение в виде компоста, вносимого в пахотные земли.

В 2009 г. Губернатором области была одобрена «Концепция развития биоэнергетики и биотехнологий в Белгородской области на 2009 – 2012 и последующие годы». Согласно данной концепции начата разработка пилотных проектов[14].

В Белгородской области в 2010 году разработана целевая программа «Энергообеспечение и повышение энергетической эффективности Белгородской области на 2010 – 2015 годы и целевые показатели до 2020 года». [15]

В 2012 г. при Губернаторе области создан Совет по развитию биоэнергетики и биотехнологии в Белгородской области, учрежден Институт альтернативной энергетики, разработана долгосрочная целевая программа «Развитие возобновляемых источников энергии на 2013 – 2015 годы и на период до 2020 года» [3]. Запущены 2 биогазовые станции, одна из которых («Лучки») – самая крупная в России. Вторая находится в Корочанском районе, принадлежит Корочанскому плодпитомнику, смонтирована ранее для производства органических удобрений, которые применяются при выращивании яблонь [4].

Основная часть. Растениеводы области полностью обеспечивают растущие потребности животноводческого комплекса высококачественными кормами, для производства которых необходимы основные компоненты, такие как пшеница, кукуруза и соя. Валовый сбор, который в 2015 году по области составил:

пшеницы– 1804 тыс. тонн; (выход соломы – 3066,8 тыс. тонн);

кукурузы – 1003 тыс. тонн (отходы – 2407,2 тыс. тонн);

сои – 339 тыс. тонн (отходы – 407,0 тыс. тонн).

При общем сборе этих зерновых в количестве 3146 тыс. тонн отходы составили – 5881,0 тыс. тонн. [16]

Данные отходы от продуктов растениеводства можно использовать для получения органических удобрений, топлива в брикетах и для корма скота.

Отходы растениеводства могут служить источником топлива для большинства сельских регионов с лесными посадками малой площади и не имеющим возможности использования природного газа, в виде топливных брикетов из соломы и шелухи зерновых культур, кукурузы и подсолнечника с теплотворной способностью при сжигании порядка 16 МДж/кг. Для сравнения отметим, что теплотворная способность древесины в среднем составляет 17,5-19,0 МДж/кг. В Скандинавских странах (Швеция, Дания) давно используют и производят брикеты из соломы как эффективный источник топлива.[12]

Также солому можно использовать в качестве фильтрующего материала. Брикетированную солому укладывают в бетонные каналы перед очистными сооружениями как фильтр, используемый для очистки хозяйственных вод. В результате чего теплотворная способность увеличивается в 2-3 раза за счет осаждения твердых включений и жира на соломе. Тем самым, облегчается работа микроорганизмов в городских очистных сооружениях. [17]

Органические удобрения растительного происхождения влияют на физические качества почвы, а животного происхождения больше влияют, на химический состав почвы. Однако большинство органических удобрений, благотворно влияют и на то, и на другое. Все они содержат в своем составе азот, фосфор, калий, витамины, микроэлементы, гормоны, причем в доступной для растения форме.

Для постоянного поддержания плодородия почвы необходимо не менее 12000 тыс. тонн органических удобрений для внесения под посевы в сельскохозяйственных организациях Белгородской области. Для получения данного количества органических удобрений необходимо около 3200 тыс. тонн соломы и такое же количество бройлерного птичьего помета, что будет

соответствовать внесению 8,3 т на 1 га посевных площадей, общая площадь которых составляет 1446 тыс. га.

Количество продуктов органических отходов животноводства, накапливающихся в хозяйствах, зависит от поголовья скота, продолжительности стойлового периода и количества скармливаемого корма.

Исходя из статистических данных, можно сделать вывод об увеличении в 2017 году поголовья свиней в сельскохозяйственных организациях в 5 раз относительно 2009 года, что не характерно для хозяйств населения и крестьянских (фермерских) хозяйствах, где поголовье свиней практически равно нулю.

Для определения количества органических отходов животноводства, накапливаемого от одной головы скота, использовалась методика, принятая Всесоюзным научно-исследовательским институтом удобрений и агропочвоведения (ВИУА) Министерства сельского хозяйства СССР[20].

Таблица 2

Выход биогаза от переработки органических отходов

	Выход органических отходов по нормам, тонн/голову	Кол-во скота, тыс. голов	Объем производства органических отходов, тыс. тонн	Выход газа м ³ /кг по нормам	Объем полученного газа, тыс. м ³
Коровы	8-9	90,3	767,55	0,04	30702,0
Свиньи	1,5-2,0	3678,3	6437,03		257481,2
Овцы, козы	0,8-0,9	99,8	84,83		3393,2
Лошади	6,0-7,0	3,1	20,15		806,0
ИТОГО	-	-	7309,56		292382,4

Проведя мониторинг результатов научных исследований российских и зарубежных ученых, приходим к выводу, что из 1 кг органических отходов животноводства можно в среднем получить 0,04 м³ биогаза. [5].

Данные таблицы 2 показывают, что из всего объема полученных органических отходов – 88% это отходы свиноводства, которые создают значительные экологические и технические сложности при хранении и утилизации.

В 2012 году была разработана «Концепция развития энергосбережения на основе использования возобновляемых источников энергии Белгородской области». Концепция предусматривает использование органических отходов в качестве сырья для производства биогаза как топлива для когенерационных установок.[1]

Таким образом, в результате переработки органических отходов животноводства в объеме 7309,56 тыс. тонн можно получить 292382,4 тыс. м³ биогаза. После очистки биогаза от CO₂ получается газообразное топливо (биометан) для двигателей внутреннего сгорания. По сравнению с бензином выбросы вредных веществ снижаются по СО в 5-10 раз, оксидом азота – 1,5-2,5 раза. Биогаз можно использовать в когенерационных установках для получения электрической и тепловой энергии, а также еще плюс холод в тригенерационных установках [18, 19].

Органические отходы полученные в результате жизнедеятельности крупного рогатого скота, овец и лошадей не требуют дополнительной переработки и могут использоваться как органические удобрения для поддержания плодородия почвы, органические отходы отрасли свиноводства требуют дополнительных затрат для переработки, так как в исходном виде использоваться не могут. В результате переработки органических отходов на биогазовых станциях можно получить не только биогаз, но и органические биоудобрения (эффлюент).[2]

Во многих странах мира имеется значительное количество промышленных установок разных мощностей по производству биогаза для переработки органических отходов в индивидуальных и фермерских хозяйствах (с содержанием от 2 – 3 животных до крупных животноводческих хозяйств до 110 тыс. животных). Эти биогазовые установки обеспечивают потребность фермерских хозяйств в энергии до 100% летом и 50 % зимой. Однако эти биоэнергетические комплексы позволяют обеспечивать тепловой и электрической энергией не только предприятия, но и поставлять эти энергоресурсы другим потребителям. Если в 1980 году в мире насчитывалось

около 8 млн. штук биогазовых установок суммарной мощностью 3 млрд. м³ в год, то в настоящее время такое же количество биогазовых установок соответствует только установкам, расположенным на территории Китая.[13]

В мировой практике технология анаэробной переработки органических отходов животноводства, растениеводства, фермерских и перерабатывающих предприятий в биогаз и удобрения, включающей разделение отходов, загрузку части отходов в контейнеры и размещение их в биореакторы, предварительно проводит разделение отходов по фракциям, виду и составу субстратов с относительно одинаковой продолжительностью цикла брожения. Ускорение и интенсификация процессов метаболизма и метангенерации происходит вследствие погружения проницаемого контейнера в жидкую активную биомассу, которая проникает к твердым компонентам и засеивает исходный субстрат анаэробными микроорганизмами. Применение данного способа позволяет достичь более высокой эффективности биогазовой ферментации, повышения производительности по переработке отходов и выходов биогаза, улучшения условий сбраживания и использования рабочего объема реактора.

Сельское хозяйство является основным потребителем водных ресурсов, и в то же время, считается значительным источником загрязнения окружающей среды. При дефиците воды соответствующего качества растениеводство, животноводство и тепличные хозяйства могут стать нерентабельными.

Загрязнение окружающей среды в законодательстве России расценивается как экологическое преступление, основу которого составляют загрязнение подземных вод, источников питьевого водоснабжения, а также другие изменения их свойств, в ходе которых был причинён существенный вред животному или растительному миру и сельскому хозяйству. В зависимости от тяжести последствий загрязнение вод может рассматриваться как административное или уголовное правонарушение.

Загрязнение пресных вод может происходить путем попадания неочищенных стоков (жидкой фракции) при осуществлении технологического процесса получения биогаза.

Сброс неочищенных сточных вод в водные источники приводит к микробиологическим загрязнениям воды. По оценкам Всемирной организации здравоохранения 80 % заболеваний в мире вызваны неподобающим качеством и антисанитарным состоянием воды. В сельской местности проблема качества воды стоит особенно остро — около 90 % всех сельских жителей в мире постоянно пользуются для питья и купания загрязненной водой.

Крупнейший потенциальный источник загрязнения подземных водных ресурсов – это сельскохозяйственные предприятия и крестьянские (фермерские) хозяйства. Часть покрывающего почву необработанного навоза животных проникает в источники пресной воды. Например, попав в реку, навозная жижа может стать причиной серьёзной экологической катастрофы, так как её концентрация в 100 раз больше, чем у сточных вод, обработанных на очистных сооружениях.

Поскольку состав стоков очень многообразен, для их очистки применяют различные способы. И то, что устроит животноводческие фермы, не устроит птицефабрику с точки зрения качества очистки.

Одним из наиболее экономичных способов для животноводства является механическая очистка воды. Механическая очистка может осуществляться следующими методами: фильтрования, отстаивания и процеживания. Одним из наиболее эффективных способов может рассматриваться метод центрифугирования, суть которого заключается в разделении стоков на жидкую и твердую фракцию.

Белгородская область специализируется не только на выращивании крупного рогатого скота и свиноводства, но и птицеводства. По данным Росстата по Белгородской области в 2014 г. было выращено птицы 480 млн. голов, в живом весе 770,0 тыс. тонн, и получено от 4063125 кур несушек яйцо в количестве 1300 млн. штук. В результате жизнедеятельности 484 млн. голов птицы получено 5534,4 тыс. тонн птичьего помета.[16]

Современный уровень развития птицеводческой отрасли требует инновационного подхода к переработке птичьего помета и производству из

него органического удобрения, суть которого состоит во внедрении малоотходных технологий.

Птичий помет включен в разряд опасных отходов птицеводческих хозяйств, поступление которого, в больших количествах, является существенным источником не только загрязнения рельефа почв, водоёмов, но и подземных вод.

Причиной возникновения и распространения резкого неприятного запаха, ускоренного роста и развития яиц и личинок гельминтов, и мух, множества других микроорганизмов, в которых могут быть возбудители опасных заболеваний является несанкционированные зоны хранения помета.

Для устранения вышесказанных причин рекомендуется применение метода биоферментации куриного помета. Применение данного метода позволит получать 50 тонн высококачественного органического удобрения из 100 тонн куриного помета.

Одним из перспективных вариантов решения утилизации птичьего помета также является приготовление компоста для выращивания грибов шампиньонов. После выращивания грибов отработанный компост является ценнейшим органическим удобрением.

Таблица 3

Компост для выращивания грибов

Химический состав	Единица измерения	Значение	Погрешность	Интенсивность
TiO ₂	%	0,02↑	0	309,87
V	ppm	9↓	3	26,125
Cr	ppm	37 ₌	2	58,349
MnO	ppm	449↑	7	2627
Fe...	%	0,13↑	0	2153,1
Co	ppm	<НПКО		222,38
Ni	ppm	13↓	1	234,58
Cu	ppm	6↑	1	14909,3
Zn	ppm	129↑	2	3913,2
As	ppm	1↓	2	-5,0567
Sr	ppm	1670↓	17	116011,2
Pb	ppm	<НПКО↑		-5,0567
CaO	ppm	14,67↓	0,008	86393,3

Химический состав	Единица измерения	Значение	Погрешность	Интенсивность
Al...	%	1,3↑	0,1	39,838
SiO ₂	%	12,8↓	0,1	4726,7
P ₂ O ₅	%	2,733↑	0,028	1869,5
K ₂ O	%	4,71↑	0,03	69996
MgO	%	1,48↑	0,07	19,944

Сравнительный анализ табл. 3 «Компост для выращивания грибов» и табл.4 «Отработанный компост» свидетельствуют о том, что химический состав отработанного компоста, после выращивания грибов шампиньонов, не ухудшил своих качеств как органическое удобрение по содержанию микроэлементов.

Таблица 4

Отработанный компост

Химический состав	Единица измерения	Значение	Погрешность	Интенсивность
TiO ₂	%	0,03	0	389,68
V	ppm	7	2	21,552
Cr	ppm	37	2	61,192
MnO	ppm	680	9	4438,8
Fe...	%	0,18	0,01	2752,4
Co	ppm	<НПКО		246,01
Ni	ppm	12	1	235,02
Cu	ppm	7	1	18255,3
Zn	ppm	378	4	11916,9
As	ppm	<НПКО		9,3281
Sr	ppm	247	6	44721,6
Pb	ppm	2	6	9,3281
CaO	ppm	10,52	0,06	61909,9
Al...	%	1,8	0,1	73,449
SiO ₂	%	9,4	0,1	3251,9
P ₂ O ₅	%	7,176	0,053	4808,5
K ₂ O	%	5,89	0,03	85050,3
MgO	%	2,01	0,08	27,848

Заключение. Создание индустрии биотехнологической переработки сельскохозяйственных отходов решает ряд основных, оказывающих влияние друг на друга, проблем, в первую очередь – экологическую, связанную с уменьшением экологического вреда, наносимого отходами животноводства,

птицеводства и растениеводства, окружающей среде. Во-вторых, экономическую, позволяющую получать высококачественные органические удобрения, повышающие урожайность и плодородие почв. В-третьих, энергетическую, направленную на создание менее затратных энергоресурсов. И, наконец, крайне важную – социальную, обеспечивающую создание новых рабочих мест при вводе в эксплуатацию новых производственных объектов.

Выводы. Значительный экономический и экологический эффект от внедрения переработки отходов животноводства, птицеводства и растениеводства в сельскохозяйственном секторе повышает не только социально-экономический уровень и качество жизни, но и перспективы развития агропромышленного комплекса России, что способствует реализации решения Киотского протокола об ограничении выбросов в окружающую среду, принятого в г. Киото (Япония) в декабре 1997 года.[10]

Библиографический список:

1. Белгородский институт альтернативной энергетики разработал областную концепцию энергосбережения // Сайт информационного агентства Бел.RU. URL: <http://www.bel.ru/news/region/74857.html>

2. ГОСТ Р 52808-2007 Нетрадиционные технологии. Энергетика биотходов. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2007 // Официальный сайт Помощь по ГОСТам. URL: <http://www.gosthelp.ru/gost/gost47605.html>

3. Долгосрочная целевая программа Белгородской области «Развитие возобновляемых источников энергии на 2013 – 2015 годы и на период до 2020 года».

4. Евстюничев М.А., Ильина Т.Н. Особенности сырьевой базы Белгородской области для производства биогаза // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 170-174.

5. Кобякова Е.Н. Возможности применения биогазовой технологии для переработки навоза крупного рогатого скота в республике Саха (Якутия) // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. 2013. № 2
WorldEntrgyOutlook. МЭА, 2009.

URL:http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=2160

6. Кожевников В.П., Кожевникова А.В., Ивасива И.В., Коротков И.А. Энергетика как перспективное будущее для современного человека//IV Международная научн.прак. конф. «Психология и педагогика XXI века: теория, практика и перспективы» 22.01.2016 г. г. Чебоксары

7. Кожевников В.П., Попков А.С. Обзор технологий переработки отходов сельского хозяйства и очистных сооружений // Энергетические, управляющие и информационные системы: сб.матер. I-й междунар. науч.технич. конф., г. Белгород, 2016

8. Коротков И.А., Кожевников В.П. Современный подход к утилизации сточных вод: как минусы превратить в плюс//Энергетические, управляющие и информационные системы: сб.матер. I-й междунар. науч.технич. конф., г. Белгород, 2016

9. Коротков И.А., Кожевников В.П. Минус превращаем в плюс - альтернативный подход к утилизации сточных вод // Молодежь и научно-технический прогресс. Сб. докл. X Межд. научно-прак. конференции студентов, аспирантов, молодых ученых. – Том 3. – Губкин, 2017. – С. 311-315.

10. Киотский протокол // https://ru.wikipedia.org/wiki/Киотский_протокол

11. Мирошниченко И.В. Развитие производства биогаза в Белгородской области// Тепловые технологии переработки и утилизации отходов в сельском хозяйстве: Статья. Матер. межд. науч.-прак. конф. Белгород, 2015.

12. Официальный сайт

ru.convdocs.org URL:<http://ru.convdocs.org/docs/index-301720.html>

13. Перспективы создания биоэнергетической индустрии переработки сельскохозяйственных отходов // Сайт Топливо-энергетического комплекса России. [URL:http://nacep.ru/novosti-](http://nacep.ru/novosti-)

energetiki/alternativnayaenergetika/perspektivy-sozdaniya-bioenergeticheskoy-industrii-pererabotki-selskoxozyajstvennyx-otxodov.html

14. Постановление правительства Белгородской области от 08.06.2009 г. №183-пп «Концепция развития биоэнергетики и биотехнологий в Белгородской области на 2009 – 2012 и последующие годы».

15. Постановление правительства Белгородской области от 30.10.2010 г. № 364-пп «Энергообеспечение и повышение энергетической эффективности Белгородской области на 2010 – 2015 годы и целевые показатели до 2020 года».

16. Сайт территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области URL: http://belg.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/belg/ru/statistics/enterprises/.

17. Степанова С.В., Шайхиев И.Г., Свергузова С.В. Очистка модельных стоков содержащих ионы тяжелых металлов шелухой пшеницы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 6. С. 183-187.

18. Суслов Д.Ю., Кушев Л.А. Использование биогаза в качестве топлива для получения энергии // Академический журнал Западной Сибири. 2009. №1. С. 38-39.20.

19. Суслов Д.Ю. Разработка системы газоснабжения сельскохозяйственных предприятий с использованием биогаза // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 183-187.

20. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» (ФГБНУ «ВНИИ агрохимии») // Сайт URL: <http://www.vniia-pr.ru/>