

УДК 631.81

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БИОПЕРЕРАБОТКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ

Н.В. Фомичева¹, Г.Ю. Рабинович¹, В.П. Молчанов², Э.М. Сульман²

¹ Всероссийский НИИ Мелиорированных Земель, Тверь

²Тверской государственной технической университет, Тверь

Обозначена проблема негативного влияния отходов животноводства и птицеводства на экологическую обстановку окружающей среды. Рассмотрены различные современные способы их обеззараживания и переработки. Сделан акцент на биологические технологии переработки навоза и помета.

Ключевые слова: *отходы животноводства, отходы птицеводства, навоз, помет, переработка, обеззараживание, ферментация.*

Одной из главных экологических проблем птицеводческих и животноводческих предприятий и комплексов – скопление на прилегающей территории птичьего помета и навоза. Отходы животноводства и птицеводства являются источником запахов, выделений газов (аммиака, сероводорода), содержат большое количество семян сорных растений, яйца гельминтов, множество микроорганизмов, среди которых нередко возбудители опасных заболеваний, могут также содержать антибиотики, соли тяжелых металлов, остатки пестицидов и др.

В Российской Федерации объем отходов в виде жидкого навоза, помета и сточных вод составляет около 700 млн. м³ в год и при ненадлежащих условиях их хранения и применения (в свежем виде без какой-либо обработки) представляет собой угрозу загрязнения окружающей среды: атмосферы, почв, водоемов, подземных вод (Могилевцев и др., 2012).

Вместе с тем, навоз и помет являются весьма важным, ценным, регулярно возобновляемым сырьем, поскольку обладают высоким уровнем биогенности, содержат в своем составе все необходимые для растений элементы питания, количество которых варьируется в зависимости от возраста, рационов кормления и способов содержания животных и птицы (Лукьяненко, 1985). В связи с этим всегда актуальным остается поиск новых, экономически оправданных технологий и(или) технологических решений по переработке, рациональному использованию отходов птицеводства и

животноводства, направленных на устранение вышеуказанных их недостатков.

В настоящее время существуют различные физические, химические и биологические способы обеззараживания отходов животноводства и птицеводства и получения на их основе качественной продукции, используемой в сельском хозяйстве. Например, известно устройство для обеззараживания жидких стоков навоза/помета, содержащее генератор импульсов и излучатель (Потапенко и др., 2008) или гидравлическую камеру обеззараживания (Триандафилов, Федюк, 2011). Одним из современных способов является кавитационное обеззараживание навоза или помета в генераторе-диспергаторе с последующим получением органоминеральных удобрений (Петраков, Радченко, 2014).

Непосредственно в помещениях животноводческих ферм можно использовать один из способов биологического обеззараживания отходов животных, заключающийся в распылении разбавленной водой суспензии биомассы штамма *Bacillus cereus* 10.09.63 ДЕП, депонированного в коллекции ФГУ «ВГНКИ», с количеством жизнеспособных спорообразующих бактерий *Bacillus cereus* не менее $2 \cdot 10^6$ КОЕ/см³ (Солдатова и др., 2013). Навозную массу и навозные стоки при этом собирают, смешивают, отстаивают и разделяют на жидкую и твердую фракции. Жидкую фракцию после коагуляции и осветления используют как биоудобрение, из твердой – после смешивания с известкованным верховым торфом и крупнозернистым песком получают почвенный грунт.

Высушивание отходов животноводства и птицеводства при повышенных температурах является одним из самых надежных способов их обеззараживания с сохранением элементов минерального питания растений. В данном случае целесообразно использовать отходы, влажностью не более 75 %. Термическую сушку навоза/помета проводят в специальных сушильных установках различных конструкций при определенных технологических параметрах (Серга, Филин, 1995; Волохов и др., 2004; Марченко, Серга, 2015). Во Всероссийском НИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Санкт-Петербург-Пушкин) предложена технология получения удобрения из птичьего помета влажностью 75 %, основным технологическим приемом которой является сушка помета в ИК-лучах при температуре 80-96 °С. В конечном итоге получается удобрение Пудрет с содержанием углерода – 34 %, азота – 3,8 %, фосфора – 1,1 %, а общее микробное число – 10^2 клеток/г (Фисинин и др., 1999).

Как было отмечено выше, отходы животноводства и птицеводства являются весьма ценным, возобновляемым сырьевым ресурсом, преимущественно при производстве органических

удобрений, в которых нуждаются почвы практически всех регионов РФ. В основе большинства технологий лежит ферментация – биотрансформация, основанная на участии различных микроорганизмов в процессе переработки навоза/помета с включением углеродсодержащего, влагопоглощающего сырья в органическое удобрение требуемого физико-механического состава и с заданными химико-биологическими характеристиками (Ферментация..., 1974). Использование данного биотехнологического принципа при переработке и обеззараживании навоза, помета, стоков позволяет добиться целенаправленного воздействия на патогенную микрофлору, внести соответствующие коррективы в технологические режимы переработки отходов и получать экологически безопасные продукты (Тюрин, 2004).

Ферментацию осуществляют в аэробных, анаэробных и аэробно-анаэробных условиях. Традиционно биотермический процесс протекает в компостной массе в стационарном режиме при укладке перерабатываемой смеси в штабель. Данный способ отличается простотой, дешевизной, малой энергоемкостью, а его интенсивность зависит от многих факторов, в том числе и температуры окружающего воздуха, что отражается на его длительности.

Для интенсификации компостирования периодически проводят перебивку смеси, но наиболее современным приемом является использование штаммов микроорганизмов (Суховеркова, 2016). Принцип использования подобной биологической переработки отходов животноводства и птицеводства сводится к внесению культур микроорганизмов в перерабатываемое сырье до укладки в штабели или полив водным раствором микробиологического препарата слоев в процессе их укладки. При этом в качестве микробиологических культур используют либо отдельные штаммы, в частности, штамм дрожжей *Candida krusei-96* и пищевые дрожжи *Sacharomyces cerevisiae* в соотношении 1:1 с титром 10^8 КОЕ/мл (Тремасов и др., 2014) или почвенные микроорганизмы *Actinomyces fradiae-96* и *Candida krusei-96* (Иванов и др., 2013), либо более сложные консорциумы микроорганизмов (Ишкаев, Тремасов, 2006; Кулагина и др., 2008; Правдин и др., 2009; Федоров и др., 2012). Как правило, расход препаратов составляет 1-2 мл на 1 тонну перерабатываемых отходов, но при этом достигается существенное ускорение трансформации органического сырья и процесс ферментации длится в среднем 20-30 дней.

Рядом научно-исследовательских учреждений разработаны технологии с управляемыми процессами ферментации, которые ведутся в реакторах, ферментерах различного конструктивного исполнения (Лужков и др., 2003). Технология биопереработки в установках

камерного типа представляет собой прогрессивный способ переработки навоза/помета в высококачественное органическое удобрение. Процесс ферментации интенсифицируется за счет принудительной подачи воздуха в массу, переводится на управляемый режим, направленный на создание оптимальных параметров протекания процесса и гарантированных условий обеззараживания готового продукта. При этом потери элементов питания минимальны, а сроки созревания сокращаются с 2 месяцев по традиционной технологии до нескольких суток (Еськов, Рябков, 2002).

В институте органических удобрений и торфа (ВНИПТИОУ, г. Владимир) разработана технология ускоренного (за 3-7 дней) непрерывного производства компостов в реакторе барабанного типа (Еськов, Рябков, 2002). Смесь полужидкого навоза (помета) и влагопоглощающих материалов с минеральными добавками влажностью от 70 до 75 % подается в приемный бункер, из которого 4 раза в сутки поступает в реактор. Реактор представляет собой горизонтально расположенный барабан диаметром 1 м и длиной 4 м с теплоизоляцией, установленный на четырех опорных роликах и имеющий загрузочный и выгрузочный люки. Барабан вращается со скоростью 24 об/мин, регулируется подача воздуха, при этом одновременно с загрузкой исходной смеси ведется выгрузка готового продукта.

Для переработки твердой фракции бесподстилочного навоза, помета сотрудниками НИИ комплексных проблем машиностроения для животноводства и кормопроизводства (ВНИИКОМЖ, г. Москва) разработана модульная установка с блоками загрузки, выгрузки, смешивания смеси, системой автоматического регулирования и управления биологическим процессом. Исходная смесь из навоза или помета с органическим сорбентом загружается в биоферментер и после 5...6 дневного компостирования установка выводится на непрерывный режим, при котором ежедневно выгружается часть готового продукта и производится загрузка такого же количества исходной смеси. Биоферментация исходной смеси происходит по мере перемещения масс сверху вниз в течение указанного времени, в процессе чего масса нагревается первоначально за счет отходящего тепла с готового продукта и засеивается необходимыми микроорганизмами. Кроме того, в процессе биоферментации контролируется температура и содержание кислорода (Пузанков, Мхитарян, 2002).

Одним из вариантов утилизации птичьего помета является способ получения почвостановителя (Басамыгин и др., 2000). Птичий помет с органическими наполнителями в течение четырех дней компостируют в ферментере при температуре 80-85 °С и дискретной подаче воздуха. При этом одновременно проводят обработку смеси

непрерывным излучением лазера в световом диапазоне длин волн, а также непрерывным и импульсным инфракрасным лазером в области $\lambda = 800-920$ нм и, кроме того, дополнительно смесь в ферментере обрабатывают электромагнитным излучением от 0,05 мТл до 1,5 Тл. Получаемый почвосстановитель обладает высокой биологической активностью, гумифицированностью, хорошей сыпучестью, не заражает почву семенами сорных растений и возбудителями болезней, обогащает и оживляет почву.

Во Всероссийском НИИ мелиорированных земель (г. Тверь) группой ученых под научным руководством академика Н.Г. Ковалева разработана технология переработки отходов животноводства и птицеводства с влагопоглощающим материалом посредством аэробной твердофазной ферментации в высокоэффективную, экологически чистую продукцию - компост многоцелевого назначения (КМН) (Ковалев и др., 1997; Ковалев, Барановский, 2006). Его производство осуществляется в ферментере камерного типа, представляющего собой сооружение размером 5×10 м и высотой до 4,5 м, в полу которого вмонтированы перфорированные трубы, тупиковые с одного конца и объединенные с другого общим воздухопроводом. Стандартной установкой по производству КМН является двухкамерный ферментер, но в зависимости от объемов производства биоудобрения на практике могут использоваться батареи из любого числа ферментеров. При соблюдении основных технологических параметров (влажности органической смеси 50-70 %, $pH_{\text{сол}}$ – 6-8, соотношения углерода к азоту 20-30:1, содержания кислорода в массе – 5-12 %) спустя 7-10 суток получается биоудобрение КМН, характеризующееся экологической чистотой, высоким уровнем биогенности и питательности, обусловленным высвобождением элементов питания из природных биополимеров органического сырья и микробиологическим синтезом вторичных метаболитов в процессе ферментации. Производство КМН успешно внедряется в России и ближнем зарубежье, а разработка в 2001 году была удостоена Государственной премии РФ в области науки и техники.

Во ВНИИМЗ представлена также технология переработки отходов животноводства влажностью не более 75 % в высокоэффективные, экологически чистые жидкофазные биосредства для роста и развития растений. В основе технологии лежат ферментационно-экстракционные процессы преобразования органического сырья (навоза КРС, низинного или переходного торфа) с включением стимуляторов различной природы. Главное отличие технологической линии заключается в установлении заданных физико-химических параметров, позволяющих эффективно задействовать

исходный потенциал микрофлоры, за счет жизнедеятельности которой формируется качественная продукция (Рабинович и др., 2007).

В результате совместных исследований сотрудников ВНИИМЗ и Тверского государственного технического университета разработана аэробно-анаэробная твердофазная ферментация смеси органических отходов животноводства и трудногидролизуемого сырья растительного происхождения с дополнительным внесением в исходную смесь различных стимуляторов (Молчанов и др., 2015). На протяжении нескольких суток происходит биотрансформация ферментируемой смеси, а пастеризационных эффект достигается в результате кратковременной обработки продукта ферментации ультразвуком интенсивностью 50-60 Вт/см².

Жидкие отходы животноводства, навозные стоки чаще всего обеззараживают путем анаэробного их сбраживания в специальных герметичных емкостях – метантенках. Во время сбраживания в навозе развивается микрофлора, которая последовательно разрушает органические вещества до кислот, а последние под действием синтрофных и метанобразующих бактерий превращаются в газообразные продукты – метан и углекислоту. Кроме того, метановое сбраживание отходов обеспечивает его дезодорацию, дегильминтизацию, уничтожение способности семян сорных растений к всхожести, перевод удобрительных веществ в легкоусвояемую растениями минеральную форму. При этом питательные для растений вещества – азот, фосфор и калий, практически не теряются (Ковалев, Романюк, 2002; Ковалев, Ковалев, 2006).

В ОАО ГосНИИсинтезбелок (г. Москва) предложен аэробный ускоренный биотехнологический процесс переработки жидких навозных стоков глубинным культивированием культур *Endomycopsis fibuliger* и *Ervinia specias*, приводящим к изменению видового состава микрофлоры и сопровождаемым ускоренной утилизацией наиболее неустойчивых веществ, подверженных микробному разложению в естественных условиях (Ерина, Винаров, 2006). Аэробная ферментация стоков с содержанием сухих веществ от 12 % до 14 % проводится при температуре 25-30 °С и расходе воздуха 1,6-1,8 об/об, мин. в течение 70-90 часов. Получаемый в процессе аэробной переработки навоза продукт содержит ценные для повышения плодородия почв низкомолекулярные гумусовые вещества, азот, фосфор, минеральные соли и др.

Одним из относительно новых способов биопереработки органических отходов является вермикультивирование. В настоящее время известно множество технологий с использованием дождевых червей (Смирнов, Шиганов, 2003; Степанова и др., 2009; Кузнецов и др., 2010; Терещенко, Кравец, 2016 и др.). Их применение во много раз ускоряет разложение органического вещества, позволяют в

относительно короткие сроки получить удобрение. При этом черви представляют собой биомассу, которая после соответствующей переработки может использоваться как белковая добавка к кормам и в качестве биохимического сырья. Необходимо помнить, что вермикультивирование требует обеспечения и поддержания необходимых параметров микроклимата.

Оригинальную технологию утилизации нативного бесподстильного навоза с помощью комнатной мухи разработал коллектив авторов под руководством академика Л.К. Эрнста (Злочевский и др., 2006). Сущность метода заключается в создании инсектария для разведения имаго (взрослых мух) и цеха по переработке навоза, помета (культиватор). Оптимальное количество яиц мух, необходимое для переработки свежего навоза, помета, составляет 0,3 г на 1 кг навоза, помета. При строгом соблюдении технологического процесса и при использовании необходимого количества навоза, помета за 5-6 суток можно получить 10 % сырых личинок мух и 50-60 % природного органического удобрения – зоогумуса. Биомасса личинок комнатной мухи представляет собой высокоценный белковый продукт и используется для приготовления муки, которую используют в кормлении телят, поросят, птицы (кур, уток), рыб, лабораторных животных (мышей, крыс).

В данной статье рассмотрены далеко не все технологии, технологические приемы и решения по биопереработке отходов животноводства и птицеводства, которые могут найти либо находят свое применение на практике. Каждая технология имеет свои преимущества и недостатки. В зависимости от потребностей и размера конкретной сельскохозяйственной организации, фермерского или личного подсобного хозяйства выбор эффективной технологии должен осуществляться с учетом экономических показателей, экологических оценок, а также показателей качества получаемой продукции, в частности органических удобрений.

Список литературы

- Басамыгин С.В., Васильев С.К., Мохонь В.В., Новоселов С.А.* 2000. Способ получения почвосстановителя. Патент РФ № 2136638.
- Волохов В.А., Светушков В.П., Шильников И.А., Аканова Н.И.* 2004. Органозольное удобрение и способ его получения. Патент РФ № 2238925. Бюл. № 30.
- Ерина Т.Э., Винаров А.Ю.* 2006. Биотехнология ускоренной аэробной переработки навоза и ее аппаратное оформление / отв. ред. А.И. Еськов // Агроэкологические проблемы использования органических удобрений на основе отходов промышленного животноводства: сб. докл. Междунар.

- науч.-практич. конф. М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ. С. 298-301.
- Еськов А.И., Рябков В.В.* 2002. Перспективные технологии использования органических удобрений / отв. ред. А.И. Еськов // Использование органических удобрений и биоресурсов в современном земледелии: материалы Междунар. научно-практ. конф., посвященной 20-летию ВНИПТИОУ. М.: РАСХН – ВНИПТИОУ. С. 62-74.
- Злочевский Ф.И., Аксенов А.В., Тысленко А.М., Тарасов С.И.* 2006. Новая биотехнология переработки навоза, помета / отв. ред. А.И. Еськов // Агрэкологические проблемы использования органических удобрений на основе отходов промышленного животноводства: сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф. М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ. С. 74-76.
- Иванов А.А., Матросова Л.Е., Тремасов М.Я.* 2013. Получение и применение биоудобрения на основе птичьего помета // Доклады РАСХН. № 4. С. 28-30.
- Ишкаев Т.Х., Тремасов М.Я.* 2006. Эффективная технология переработки птичьего помета / отв. ред. А.И. Еськов // Агрэкологические проблемы использования органических удобрений на основе отходов промышленного животноводства: сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф. М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ. С. 79-81.
- Ковалев А.А., Ковалев А.А.* 2006. Получение биогаза и перспективы снижения расхода воды в системах утилизации навозных стоков на полях орошения / отв. ред. А.И. Еськов // Агрэкологические проблемы использования органических удобрений на основе отходов промышленного животноводства: сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф. М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ. С. 91-96.
- Ковалев А.А., Романюк В.* 2002. Анаэробная обработка жидкого навоза в технологиях приготовления органических удобрений / отв. ред. А.И. Еськов // Использование органических удобрений и биоресурсов в современном земледелии: материалы Междунар. научно-практ. конф., посвященной 20-летию ВНИПТИОУ. М.: РАСХН – ВНИПТИОУ. С. 168-173.
- Ковалев Н.Г., Барановский И.Н.* 2006. Органические удобрения в XXI веке (Биоконверсия органического сырья): Монография. Тверь: Чудо. 304 с.
- Ковалев Н.Г., Малинин Б.М., Туманов И.П.* 1997. Способ приготовления компоста многоцелевого назначения. Патент РФ № 2112764.
- Кузнецов Е.В., Полторацкая Я.А., Хаджиди А.Е.* 2010. Способ получения вермикомпоста. Патент РФ № 2402510. Бюл. № 30.
- Кулагина Е.М., Егоров С.Ю., Азизов С.А., Барабанов В.П.* 2008. Способ биологической переработки птичьего помета. Патент РФ № 2322427. Бюл. № 11.
- Лужков Ю.М., Джафаров А.Ф., Лужков С.М.* 2003. Способ переработки органических отходов. Патент РФ № 2214990. Бюл. № 30.
- Лукьяненко И.И.* 1985. Перспективные системы утилизации навоза (в хозяйствах Нечерноземья). М.: Россельхозиздат. 176 с.

- Марченко А.Ю., Серга Г.В.* 2015. Устройство для сушки куриного помета. Патент РФ № 2569570. Бюл. № 33.
- Могилевцев В.И., Брюханов А.Ю., Максимов Д.А., Васильев Э.В., Субботин И.А., Чернин С.Я., Парубец Ю.С., Гарзанов А.Л.* 2012. Утилизация навоза/помета на животноводческих фермах для обеспечения экологической безопасности территории, наземных и подземных водных объектов в Ленинградской области. / под ред. В.И. Могилевцева. СПб.: СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии. 237 с.
- Молчанов В.П., Сульман М.Г., Сульман Э.М.* 2015. Ресурсосберегающая биокаталитическая конверсия смесей органических отходов животного и растительного происхождения // Актуальная биотехнология. № 3(14). С. 68-69.
- Петраков А.Д., Радченко С.М.* 2014. Кавитационный способ обеззараживания жидкого навоза и помета и технологическая линия для безотходного приготовления органоминеральных удобрений. Патент РФ № 2527851. Бюл. № 25.
- Потапенко И.А., Лепетухин М.В., Перекопский К.В., Гаркавий К.А., Харченко П.М.* 2008. Устройство для обеззараживания навозных стоков. Патент РФ № 2332827. Бюл. № 25.
- Правдин В.Г., Бобрицкий Г.А., Толстой Н.И., Гермашев В.Г.* 2009. Способ получения биокомпоста на основе сельскохозяйственных отходов, преимущественно подстилочного птичьего помета и навоза домашних животных, при аэробно-анаэробной ферментации (варианты). Патент РФ № 2374211. Бюл. № 33.
- Пузанков А.Г., Мхитарян Г.А.* 2002. Опыт переработки твердой фракции бесподстилочного навоза, помета методом ускоренного компостирования / отв. ред. А.И. Еськов // Использование органических удобрений и биоресурсов в современном земледелии: материалы Междунар. научно-практ. конф., посвященной 20-летию ВНИПТИОУ. М.: РАСХН – ВНИПТИОУ. С. 91-95.
- Рабинович Г.Ю., Ковалев Н.Г., Фомичева Н.В.* 2007. Новый вид биологически активных средств: получение, состав, перспективы использования // Вестник российской сельскохозяйственной науки. № 3. С. 71-73.
- Серга Г.В., Филин К.В.* 1995. Сушилка для куриного помета. Патент РФ № 2027130.
- Смирнов А.А., Шиганов О.Л.* 2003. Способ получения биогумуса. Патент РФ № 2205163. Бюл. № 2.
- Солдатова В.В., Большаков В.Н., Прокопьева В.И., Грудина Т.Н., Никонов И.Н., Новикова Н.И., Лаптев Г.Ю.* 2013. Способ биологической переработки отходов животных/способ утилизации свежего куриного помета. Патент РФ № 2491264. Бюл. № 24.
- Степанова Л.П., Половицков В.А., Таракин А.В., Коренькова Е.А.* 2009. Способ получения вермикомпоста. Патент РФ № 2363689. Бюл. № 22.
- Суховеркова В.Е.* 2016. Способы утилизации птичьего помета, представленные в современных патентах // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. № 9(1473). С. 45-55.

- Терещенко Н.Н., Кравец А.В.* 2016. Способ получения вермикомпоста, способ получения стимулятора роста зерновых из вермикомпоста. Патент РФ № 2574740. Бюл. № 4.
- Тремасов М.Я., Матросова Л.Е., Иванов А.А., Титова В.Ю., Иванов А.В., Тремасова А.М., Семенов Э.И.* 2014. Способ микробиологической переработки птичьего помета. Патент РФ № 2522523. Бюл. № 20.
- Триандафилов А.Ф., Федюк В.В.* 2011. Устройство для приготовления беззараженного дегельминтизирующего удобрения. Патент РФ № 2422415. Бюл. № 18.
- Тюрин В.Г.* 2004. Экологически безопасные способы обеззараживания и утилизации отходов в животноводстве и птицеводстве // Состояние и проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии в животноводстве: материалы межд. науч.-практ. конф. Чебоксары: Чувашская государственная с/х академия. С. 122-125.
- Федоров А.Б., Кулагина Е.М., Титова В.Ю.* 2012. Способ биологической переработки птичьего помета. Патент РФ № 2445295. Бюл. № 8.
- Ферментация: сборник научных статей. 1974. / отв. ред. Д.А. Кресляни. Рига: Зинатне. 238 с.
- Фисинин В.И., Архипченко И.А., Попова Э.В., Солнцева И.Э.* 1999. Использование птичьего помета для получения микробных удобрений с полифункциональными свойствами // Доклады Россельхозакадемии. № 2. С. 32-34.

MODERN TECHNOLOGIES OF BIOPROCESSING OF RENEWABLE RAW MATERIAL RESOURCES

N.V. Fomicheva¹, G.Yu. Rabinovich¹, V.P. Molchanov², E.M. Sulman²

¹Russian Research Institute of Reclaimed Lands, Tver

²Tver State Technical University, Tver

We identify the problem of the negative influence of wastes from livestock and poultry on the environment. Various modern methods of decontamination and recycling are considered. The emphasis on biological technology for processing manure and dung is made.

Keywords: *livestock waste, poultry waste, manure, litter, recycling, disinfection, fermentation.*

Об авторах:

ФОМИЧЕВА Наталья Викторовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела биотехнологий, ФГБНУ «Всероссийский НИИ мелиорированных земель», 170530, Тверская область, Калининский р-н, Эммаус пос., 27; e-mail: nvfomi@mail.ru

РАБИНОВИЧ Галина Юрьевна – доктор биологических наук, профессор, директор, ФГБНУ «Всероссийский НИИ мелиорированных земель», 170530, Тверская область, Калининский р-н, Эммаус пос., 27; e-mail: gur_u@mail.ru

МОЛЧАНОВ Владимир Петрович – кандидат химических наук, доцент кафедры стандартизации, сертификации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22; e-mail: science@science.tver.ru

СУЛЬМАН Эсфирь Михайловна – доктор химических наук, профессор, заведующая кафедрой биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22; e-mail: sulman@online.tver.ru

Фомичева Н.В. Современные технологии биопереработки возобновляемых сырьевых ресурсов / Н.В. Фомичева, Г.Ю. Рабинович, В.П. Молчанов, Э.М. Сульман // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2018. № 2. С. 263-273.