

УДК 574.45

**БИОГАЗОВЫЕ СТАНЦИИ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ  
СРЕДСТВО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БИОПРОДУКЦИОННОЙ  
СПОСОБНОСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ И КУЛЬТУРНЫХ ЛАНДШАФТОВ**<sup>1</sup>Садчиков А.В., <sup>2</sup>Кокарев Н.Ф.<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: lyohantron@mail.ru;<sup>2</sup>ООО «Комплексные системы утилизации», Оренбург, e-mail: office@kompleksu.ru

В данной статье рассмотрены: Современные проблемы естествознания в области наук о Земле. Взаимосвязи результатов антропогенной деятельности и природных процессов биоты и почв на различных уровнях локализации. Отходы как результат антропогенного воздействия. Отходы агропромышленного комплекса, твердые бытовые отходы. Способы переработки отходов. Организация процесса анаэробного сбраживания на биогазовой станции ООО «Комплексные системы утилизации». Продукты, получаемые в результате переработки в биотермическом реакторе. Применение двухкомпонентного биопрепарата «Микс+». Использование биогазовых станций для эффективного повышения биопродукционной способности естественных и искусственных ландшафтов. Переработка проблемных субстратов. Способы переработки птичьего помета, увеличение полезной вместимости полигонов птичьего помета. Способ повышения эффективности полигонов ТБО. Биоремедиация и нефтеструкция как неотъемлемая часть процессов рекультивации почвенных покровов и нарушенных земель. Применение биопрепарата на основе метанового эффлюента для ликвидации последствий нефтезагрязнений.

**Ключевые слова:** биогазовая станция, культурный ландшафт, биоремедиация, анаэробное дигерирование, рекультивация, переработка отходов

**BIOGAS PLANT AS AN ENVIRONMENTALLY SAFE MEANS TO INCREASE  
THE BIOLOGICAL PRODUCTIVITY OF NATURAL AND CULTURAL LANDSCAPES**<sup>1</sup>Sadchikov A.V., <sup>2</sup>Kokarev N.F.<sup>1</sup>Orenburg State University, Orenburg, e-mail: lyohantron@mail.ru;<sup>2</sup>LLC «Integrated Recycling Systems», Orenburg, e-mail: office@kompleksu.ru

In this article: Modern problems of natural sciences in the field of earth sciences. The relationship of the results of human activities and natural processes of soil biota at different levels of localization. Waste as a result of human impact. Wastes from agriculture, municipal solid waste. Waste treatment methods. Organization of the process of anaerobic digestion in the biogas plant LLC «Integrated Recycling Systems». The products obtained by processing a biothermal reactor. The use of two-component biological product «Mix +». Using biogas plants to effectively increase bioproduction capacity of natural and artificial landscapes. Processing of problematic substrates. Methods of processing of poultry litter, increase usable capacity ranges for poultry litter. Method of increasing the efficiency of landfills. Bioremediation as an integral part of the processes of soil and reclamation of disturbed lands. Application of biological products on the basis of methane effluent to eliminate the effects of oil pollution.

**Keywords:** biogas plant, cultural landscape, bioremediation, anaerobic digestion, reclamation, recycling

В настоящее время стремительный темп развития технического прогресса, направленный на повышение энергооборуженности и улучшения комфортных условий труда и быта человека, все чаще приводит к нарушению естественных природных процессов, истощению биотического потенциала экосистем и снижению биопродукционной способности естественных и культурных ландшафтов. Именно этот факт в первую очередь определяет сегодня повышение актуальности естествознания в сфере наук о Земле.

Особое внимание сегодня уделяется изучению взаимосвязи результатов антропогенной деятельности и природных процессов биоты и почв на различных уровнях локализации. В рамках концепции агроландшафта

сформулировано понятие *агрогеосистемы*. *Агрогеосистема* – это техноприродная ресурсовоспроизводящая и средообразующая гео(эко)система, которая служит объектом сельскохозяйственной деятельности и одновременно средой обитания культурных растений, домашних животных и человека. В ней эксплуатируется уникальный природный процесс, свойственный зеленым растениям, – фотосинтез, создающий живое вещество из неорганических веществ, энергетической основой которого является солнечное излучение.

Агрогеосистема во многом отличается от природной геосистемы. Прежде всего это коренная трансформация биогеохимического круговорота веществ. В природных геосистемах лишь около 10% первичной

биологической продукции, создаваемой зелеными растениями, утилизируется в трофических (питательных) цепях травоядными и всеядными животными, а остальная растительная масса после отмирания идет на расширенное воспроизводство плодородия почвы. В пахотных агрогеосистемах отчуждение с убранным урожаем подавляющей части биомассы приводит к резкому дисбалансу биогеохимического круговорота. Как следствие, происходит обеднение почв гумусом, питательными элементами, разрушается структура пахотного горизонта. Почва теряет свое плодородие, становится податливой к эрозионным процессам. Возникает необходимость восстановления плодородия почв за счет внесения органических и минеральных удобрений. К этому добавляется и другая химическая нагрузка: разнообразные ядохимикаты, химические мелиоранты (известь, гипс).

Кроме того, в процессе хозяйственной деятельности человека помимо основной продукции и услуг непрерывно образуются непригодные к употреблению продукты – отходы. В общем случае отходы определяются как остатки продуктов или дополнительный продукт, образующиеся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемые в непосредственной связи с этой деятельностью [3]. По структуре и агрегатному состоянию отходы могут быть твердыми, жидкими (сбросами), газообразными (выбросами), шламами и смесями на различных этапах их технологического цикла и рассматриваются как биосферозагрязнители.

В настоящее время в России ежегодно производится около 3,8 млрд т всех видов отходов. Во многих случаях объемы образующихся отходов превышают объемы производимой продукции. Так, например, животноводческие комплексы и птицефабрики можно рассматривать в первую очередь как производителей отходов, поскольку объемы навоза и помета в сотни и тысячи раз превышают объемы основной продукции.

Количество отходов агропромышленного комплекса России сегодня достигает 600 млн т в год (225 млн т сухого вещества), причём большая часть этих отходов не утилизируется. Это приводит к проблемам окисления почв, отчуждению сельскохозяйственных земель (под хранение навоза), загрязнению грунтовых вод и выбросам в атмосферу метана – парникового газа.

Значительную долю отходов в общей массе составляют твердые бытовые отхо-

ды (ТБО), представляющие собой сложную гетерогенную смесь биологических (кости, пищевые и растительные отходы), синтетических (бумага, древесина, текстиль), нефтепродуктов (кожа, резина, пластмассы), стекла, различных металлических и прочих отходов. Свалки бытовых отходов служат источником пищи синантропным видам – переносчикам инфекции, прежде всего крысам. Банки, бутылки и прочие ёмкости с остатками органики могут играть роль ловушек для диких животных, для насекомых.

В странах СНГ образуется около 100 млн т ТБО в год. На долю России приходится около половины этого количества (около 63 млн т в год). При этом ежегодно количество мусора возрастает примерно на 3% по объему.

Наиболее распространённым методом утилизации ТБО является сжигание с последующим захоронением образующейся золы на специальном полигоне. Метод обладает серьезными недостатками, такими как образование сильно ядовитых химических соединений, например диоксинов и фуранов. Существует довольно много технологий сжигания мусора – камерное, слоевое, в кипящем слое. Мусор может сжигаться в смеси с природным топливом. Наиболее опасным с экологической точки зрения является низкотемпературное сжигание в котлах.

Полигоны по захоронению ТБО представляют собой земельные участки (котлованы), заполненные твердыми бытовыми отходами и являются по сути биохимическими реакторами, в которых при анаэробном разложении органических компонентов образуется метаносодержащий газ – так называемый «свалочный» биогаз, далее – СГ (с содержанием метана 35–65%). СГ в случае прямого попадания в атмосферу является газом, значительно увеличивающим «парниковый» эффект (метан по сравнению с углекислым газом проявляет 32-кратное вредное воздействие на атмосферу Земли). Кроме того, СГ вызывает целый ряд изменений в теле полигона, которые могут представлять существенную угрозу для агроэкосистемы (разрушение полигона вследствие сброса давления газа на поверхность полигона, миграция СГ в грунте, горение СГ на поверхности (открытое горение) и в теле полигона (скрытое, пиролизическое горение) с распространением продуктов сгорания на значительные расстояния, увеличение концентрации опасных металлов в воздухе в некоторых случаях в тысячи раз в форме солей или оксидов, то есть в устойчивом виде).

Таким образом, решение многих проблем, связанных с ухудшением экологических показателей и понижением биопродукционной способности естественных и культурных ландшафтов, возможно только при условии организации высокоэффективного экологически безопасного рециклинга отходов на всех уровнях локализации агроэкосистем.

Основным видом деятельности ООО «Комплексные системы утилизации» (г. Оренбург) является утилизация и переработка отходов на биогазовой станции УГБ-25. Процесс переработки осуществляется в условиях анаэробного дигерирования сырья в биотермическом реакторе [9]. Сырьем для энергонезависимого процесса служат различные группы отходов органического (растительного или животного) происхождения: навоз КРС, конский навоз, свиной навоз, птичий помет, растительные отходы, пивная дробина, биологические отходы и прочее. Продуктами переработки являются: эффлюент – жидкие и твердые продукты переработки биоотходов в метантенке; высокоэффективное биоорганическое удобрение «Самородово»; двухкомпонентный микробиологический препарат «Микс+»; биогаз; биометан – очищенный биогаз с объемной долей метана 93–98%.

Следует отметить, что наиболее распространенным заблуждением является представление о биогазовых станциях как об источниках возобновляемых энергоресурсов. Действительно, в процессе переработки образуется биогаз, позволяющий исключить расходы энергоресурсов на собственные нужды установки (тепло, электроэнергия, заправка автомобиля биометаном) и получить определенную прибыль, и все-таки главным назначением биогазовой станции является экологически безопасная утилизация и переработка отходов, поэтому основным направлением деятельности предприятий, эксплуатирующих биогазовые установки, является оказание услуг в области рециклинга отходов. Так, в настоящее время ООО «КомплеСУ» оказывает услуги по утилизации и переработке отходов многим предприятиям Оренбургской области, в их числе контрагенты – поставщики отходов – ООО «МЕТРО Кэш энд Керри», некачественные продукты питания (далее – НПП), ООО «Оренбив», отходы после переработки технических фабрикатов убойного производства, навоз, каньга КРС, отходы убойного производства; ЗАО ТД «Перекрёсток», НПП; ООО «Форпост»,

НПП; Управление Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Оренбургской области (Управление Россельхознадзора по Оренбургской области), санкционные продукты; ООО «Агрофирма «Промышленная», навоз КРС; ЗАО «Уральский бройлер», птичий помет.

По производимым объемам товарной продукции биогазовых станций на первом месте выступает эффлюент, объемная производительность которого равна объемной загрузке перерабатываемого субстрата, при этом уникальное сочетание его микробиологического и микроэлементного состава позволяет получать на его основе ценные продукты переработки.

На основании ряда исследований, проведенных за период с 2011 по 2016 гг., ООО «Комплексные системы утилизации» совместно с ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» предложен и освоен на практике принципиально новый подход к решению проблем утилизации и переработки отходов. Основной задачей исследований является повышение экологичности и биопродуктивности культурных ландшафтов и агрогеосистем за счет применения технологий и продуктов на основе метанового эффлюента.

В результате исследований и производственных испытаний получена группа препаратов «Микс+» («Микс+Грунт», «Микс+КРС», «Микс+ПП», «Микс+ТКО»), предназначенных для повышения биопродукционной способности естественных и искусственных ландшафтов, повышения плодородия почв, входящих в состав агроэкосистем, обработки проблемных субстратов с целью повышения эффективности процессов их утилизации, повышения эффективности рекультивации и дегазации полигонов ТБО, биоремедиации и нефтеструкции грунтов.

Наиболее ярким примером проблемных субстратов является птичий помет (ПП). Его отличают высокая концентрация аммиака и сероводорода, а также повышенная кислотность. Переработка в реакторе БГУ чистого куриного помета представляет собой сложную задачу, до сих пор серийно не решаемую европейскими производителями биогазовых установок [2].

С другой стороны, как питательный субстрат ПП является весьма ценным компонентом загрузки и позволяет существенно повысить метановую составляющую в биогазе [5]. В результате исследований были установлены оптимальные пределы

по загрузочным характеристикам ПП и по массовой доле внесения в общий объем загружаемого субстрата [4, 8]. При этом во время обработки ПП эффлюентом было отмечено в качестве сопутствующего эффекта значительное уменьшение объема ПП в бурте. Этот факт послужил основанием для проведения серии экспериментов на полигоне ПП ЗАО «Уральский бройлер». Опыты проводились с декабря по март 2015 г. В результате были отмечены положительные результаты, в том числе существенное уменьшение объема ПП в чеке после обработки (до 60% от первоначального), улучшение микроэлементных и других качественных показателей обработанного субстрата, снижение выделений аммиака и сероводорода до допустимых значений, улучшение структуры субстрата. При этом получено ферментированное биоудобрение «Цыпа», приготовленное на основе способа, предложенного в [7]. Таким образом были решены две наиболее значимые для птицефабрик проблемы: проблема загруженности полигона ПП и проблема реализации ПП как продукта.

В ходе исследований, направленных на решение проблем рекультивации и дегазации полигонов ТБО, были изучены процессы, протекающие в теле полигона ТБО. В результате установлены основные факторы, оказывающие влияние на экологичность и интенсивность процессов переработки, выявлены причины негативных воздействий на агрогеосистему, предложен способ повышения эффективности рекультивации и дегазации полигонов ТБО,

предполагающий микробиологическую обработку субстрата в теле полигона микробиологическим препаратом на основе метанового эффлюента [8].

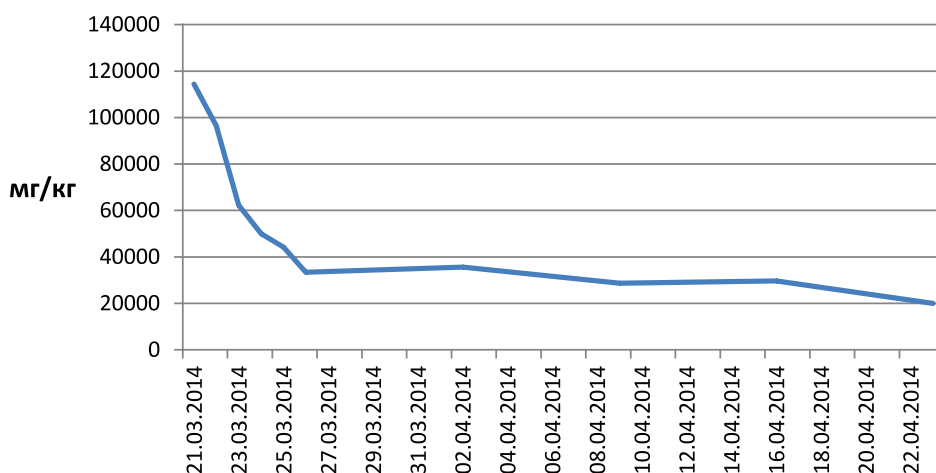
Техническим результатом применения предлагаемого способа являются:

- более высокая активность метаногенного консорциума, содержащегося в эффлюенте, при отсутствии затрат на культивирование штаммов микроорганизмов;
- повышение эффективности и скорости переработки отходов, сопровождаемое снижением класса опасности с IV до V;
- увеличение полезной вместимости полигона и геометрической высоты тела полигона за счет исключения возгораний свалочного газа;
- обеспечение необходимых параметров свалочного газа для последующего его использования в энергоустановках, прежде всего по количеству азота и углекислого газа;
- повышение метановой составляющей свалочного газа и его калорийности.

Значительное влияние на экологические показатели агрогеосистем оказывают загрязнения почвенного покрова и водоемов нефтью и нефтепродуктами. Ежегодный рост объемов нефтяных загрязнений вызывает необходимость разработки экологически эффективных и экономически оправданных способов биоремедиации и нефтедеструкции как неотъемлемой части процессов рекультивации почвенных покровов и нарушенных земель.

Для оценки эффективности использования метанового эффлюента в мероприятиях по рекультивации почв, загрязненных

### Почва+нефть 150 г/кг + эффлюент 10 л/м<sup>2</sup>



Результаты внесения эффлюента в количестве 10 л/м<sup>2</sup> в загрязненную почву с начальной концентрацией нефти 150 г/кг

нефтепродуктами, весной 2014 г. в условиях микрополевого опыта были произведены эксперименты. В результате выявлены окисляющие и деструктивные свойства эффлюента, позволяющие использовать его в качестве основы для микробиологического препарата для биоремедиации нефтезагрязненных почв [1]. При исследовании образцов почвенных грунтов земель в районе п. Самородово (Оренбургская обл., Оренбургский район) с тремя типами загрязнителей (нефть, бензин, дизельное топливо) отмечен положительный эффект на седьмой – четырнадцатый день после внесения эффлюента. Наиболее наглядные результаты получены для образцов, загрязненных нефтью (рисунок).

По итогам исследований получен двухкомпонентный микробиологический препарат «МИКС+Грунт», который в настоящее время применяется для ликвидации последствий нефтяных загрязнений, обработки замазученных грунтов и нефтешламов, как в специально отведенных местах захоронения, так и на открытых участках, степень загрязнения которых по массовой доле нефтепродуктов в грунте лежит в пределах от 5 до 200 г/кг. Отмечено, что наибольшую активность биопрепарат проявляет при концентрации нефти от 0,05 до 15,0 %.

Таким образом, применение биопрепарата на основе метанового эффлюента для ликвидации последствий нефтезагрязнений позволяет обеспечить высокоэффективную биологическую очистку почв и нейтрализо-

вать экотоксическое действие промежуточных продуктов разложения нефтяных углеводородов на окружающую среду.

#### Список литературы

1. Демин А.В., Костин М.В., Садчиков А.В. Применение продукта биогазовой установки как нефтеструктора при биоремедиации нефтезагрязненных земель // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4; ISSN 2070-7428.
2. Идигенов Б.Б., Садчиков А.В., Кокарев Н.Ф. Применение субстратов с быстрым расщеплением для повышения метаноотдачи биогазовых установок с комбинированной загрузкой // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 330; ISSN 2070-7428.
3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение. обращение с отходами. Термины и определения».
4. Садчиков А.В., Идигенов Б.Б., Кокарев Н.Ф., Никоноров И.Н., Идигенов А.Б. / Способ предварительной подготовки птичьего помета для последующего его использования в составе многокомпонентного загрузочного сырья однокамерной биогазовой установки (бгу) // Пат. 2563377 РФ. Опубликовано 20.09.2015. Бюл. № 26.
5. Садчиков А.В., Идигенов Б.Б. Повышение эффективности работы биогазовых установок с комбинированной загрузкой путем добавления в качестве компонента предварительно дигерированного птичьего помета // «Приволжский научный вестник», № 5 (33) – 2014. – С. 58–60; ISSN 2223-5213.
6. Садчиков А.В., Кокарев Н.Ф., Идигенов Б.Б., Никоноров И.Н., Идигенов А.Б. / Способ микробиологической переработки птичьего помета // Пат. 2525251 РФ. Опубликовано 10.08.2014. Бюл. № 22.
7. Садчиков А.В., Кокарев Н.Ф., Никоноров И.Н., Идигенов А.Б. / Способ повышения эффективности полигонов твердых бытовых отходов (тбо). // Пат. 2555143 РФ. Опубликовано 10.07.2015. Бюл. № 19.
8. Садчиков А.В., Кокарев Н.Ф., Никоноров И.Н., Идигенов А.Б. / Способ подготовки птичьего помета для анаэробного сбраживания // Пат. 2515038 РФ. Опубликовано 10.05.2014. Бюл. № 13.
9. Стандарт организации СТО 69393208-003-2013 «Энергонезависимый процесс по переработке отходов агропредприятий».