
СОКРАЩЕНИЕ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ НА ПРИМЕРЕ ПТИЦЕФАБРИКИ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.С. Клочкова, М.Д. Харламова

Экологический факультет
Российский университет дружбы народов
ул. Подольское шоссе, 8/5, г. Москва, Россия, 113093

В статье представлена оценка сокращения выбросов парниковых газов в результате применения технологии анаэробного сбраживания для утилизации органических отходов. Исследование проводилось на основе Международной методики учета (инвентаризации) выбросов парниковых газов МГЭИК (Межправительственная группа экспертов по изменению климата), в качестве объекта исследования была выбрана ЗАО «Птицефабрика „Синявинская“ имени 60-летия Союза ССР». В результате исследования был получен расчет количества выбросов парниковых газов при уборке, хранении и использовании навоза и сравнение количества выбросов при сжигании различных видов топлива.

Ключевые слова: выбросы парниковых газов, анаэробное (метановое) сбраживание, куриный помет, обращение с отходами, наилучшие доступные технологии (НДТ).

Птицеводство является активно развивающейся отраслью сельского хозяйства, лидирующую позицию по отрасли среди регионов России занимает Ленинградская область. По данным отчета РОУРУ, птицефабрики являются основным источником биогенного загрязнения среди всех животноводческих предприятий Ленинградской области [5]. Индустрия птицеводства и переработки птицы сопряжена с накоплением огромной массы отходов, представляющей серьезную угрозу для экосистем в целом, поверхностных и подземных вод в частности. Одним из основных путей минимизации ущерба окружающей среде в этом случае следует считать усовершенствование системы обращения с отходами путем применения наилучших доступных технологий (НДТ), среди которых — анаэробное сбраживание. Предполагается, что внедрение этой технологии может повлечь как прямые, так и косвенные экологические выгоды, например сокращение выбросов парниковых газов.

Целью настоящего исследования является расчет выбросов парниковых газов от уборки, хранения и использования помета, а также от сжигания различных видов топлива. Объект исследования — птицефабрика яичного направления ЗАО «Птицефабрика „Синявинская“ имени 60-летия Союза ССР», расположенная в Кировском районе Ленинградской области. На крупнейшей в Европе птицефабрике содержится 6 миллионов птиц, здесь ежедневно образуется 500 т помета с 40%-ным содержанием твердого вещества. В настоящее время вся масса отходов размещается на полях без предварительной обработки, вследствие чего происходит загрязнение района Балтийского моря. По данным Федерального класси-

фикационного каталога отходов, куриный помет относится к отходам III класса опасности, период восстановления экосистемы после удаления источника загрязнения составляет 10 лет [2]. Поскольку куриный помет часто содержит такие опасные вещества, как гормоны, антибиотики и тяжелые металлы, риск загрязнения поверхностных и подземных вод при неправильном обращении с ним очень высок. На сегодняшний день птицеводческие предприятия Ленинградской области не обладают ни системой утилизации помета, ни опытом по надлежащему обращению с ним, что усугубляет экологическую ситуацию, приводит к накоплению огромных объемов помета. Специалисты проекта ХЕЛКОМ «Балтазар» («BaltHazAR» — «Снижение опасных и сельскохозяйственных выбросов на Балтике») пришли к выводу, что биогенные вещества от животноводческих предприятий области в результате фильтрации попадают в бассейн Балтийского моря и способствуют его эвтрофикации [3]. Балтийское море — небольшое, преимущественно замкнутое море, соединенное с Атлантическим океаном узкими проливами (Каттегат, Скагеррак) между Швецией и Данией. Такое положение приводит к медленному водообмену, следовательно, способность самоочищения моря значительно ограничена, а риск эвтрофикации высок. Помимо такого прямого воздействия через фильтрацию биогенов, серьезную опасность для экосистем представляют выбросы сероводорода (H_2S) и аммиака (NH_3) от предприятий животноводства. Данные об атмосферном выпадении биогенных веществ по-прежнему недостаточно изучены. В глобальном масштабе интенсификация сельского хозяйства и возрастающие объемы накапливаемых органических отходов вкупе с ненадлежащими способами их уборки, хранения и утилизации оказывают существенное влияние на возникновение и усугубление экологических проблем. Тем не менее образование помета в больших количествах при сравнительно концентрированном производстве создает перспективные возможности для бизнеса по утилизации отходов и эффективного (в том числе экономически) сокращения биогенного загрязнения. Концепция рассматриваемого проекта заключается в использовании биогазовой станции для биодеградации куриного помета, результатом которого является не только утилизация отходов, но и производство биогаза, который может быть использован как топливо при сжигании.

Внедрение анаэробной технологии предполагает сбраживание 500 т куриного помета птицефабрики «Синявинская» ежедневно. Конечными продуктами переработки являются органические удобрения и биометан (очищенный биогаз), пригодный для выработки энергии. Такой метод обращения с органическими отходами способен решить прямые экологические проблемы сельского хозяйства, указанные выше, — эвтрофикацию и загрязнение Балтийского моря. Более того, существующие методы обращения с пометом, включающие продолжительное хранение помета в открытых лагунах, приводят к существенным выбросам парниковых газов — метана (CH_4), углекислого газа (CO_2), закиси азота (N_2O). Принимая во внимание объемы производства отходов птицеводства в Ленинградской области, можно предположить, что воздействие птицефабрик на климат может быть существенным. Выбросы парниковых газов традиционно рассчитываются при экономической характеристике деятельности и являются одним из наиболее важных критериев рационального производства биотоплива.

Расчет выбросов парниковых газов производился по Международной методике учета (инвентаризации) выбросов парниковых газов МГЭИК (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories' methodology, 2006 [4]); была проведена оценка выбросов от уборки, хранения и использования помета, а также выбросов при сжигании биогаза, природного газа и дизельного топлива при бытовом и промышленном потреблении. Исходные данные для расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета

Параметр	Ед. изм.	Значение
Количество птицы	шт.	6 000 000
Выход биометана	м ³ /г	17 208,46
Среднегодовая температура в Ленинградской области	С	4,4
Средняя масса птицы	кг	1,8
Теплотворная способность биометана	МДж/м ³	35
Потенциал глобального потепления	CO ₂	—
	N ₂ O	—
		310

Расчет выбросов парниковых газов при уборке, использовании и хранении помета не включает в себя оценку выбросов углекислого газа (CO₂). Годовые результирующие выбросы CO₂ предполагаются равными нулю, поскольку CO₂, связываемый растениями при фотосинтезе, возвращается в атмосферу при дыхании. Часть углерода возвращается в атмосферу в виде метана (CH₄), в связи с чем выбросы CH₄ требует отдельного рассмотрения.

Животноводство приводит к выбросам метана (CH₄) в результате энтеральной ферментации, а также к выбросам CH₄ и закиси азота (N₂O) от животноводческих систем обращения с навозом (пометом). В таблице 2 представлены значения коэффициентов, используемых при расчете выделения парниковых газов при обращении с пометом.

Таблица 2

Коэффициента для расчета выбросов метана (CH₄) и закиси азота (N₂O) при уборке, использовании и хранении помета [4]

Коэффициент	Обозначение	Ед. изм.	Значение
Коэффициент выброса метана	EF	кг CH ₄ / (шт. × год)	0,30
Темпы выделения азота по умолчанию	N _{rate(T)}	кг N / (1000 кг массы птицы × день)	0,82
Доля суммарного годового выделения азота для птицы	MS _(T,S)	безразмерная величина	—
Коэффициент прямых выбросов закиси азота (N ₂ O) от системы обращения с пометом	EF _{3(S)}	кг N ₂ O-N / кг N	0,005
Процентная доля азота в обработанном помете с подстилкой	F _{racGasMS}	%	40
Коэффициент выбросов закиси азота при выпадении азота в почвах и поверхностных водах (улетучивании)	EF ₄	кг N ₂ O-N / (кг NH ₃ -N + NO _x -Н _{улетуч})	0,01

Расчет выбросов метана при уборке, хранении и использовании помета. Основными факторами, влияющими на выбросы CH₄, являются количество произведенного навоза и доля навоза, которая подвергается анаэробному разложению.

Первый из указанных факторов зависит от темпов производства отходов в расчете на одно животное и количества животных, второй — от того, как осуществляется уборка, хранение и использование навоза. В случае, когда навоз хранится и обрабатывается в жидком виде (например, в отстойниках, прудах, резервуарах), он разлагается анаэробно и может образовывать значительное количество CH_4 , при этом на количество производимого метана сильно влияют температура и время удерживания в накопителе. В случаях, когда навоз обрабатывается в твердом виде (например, в штабелях или кучах) или оставляется на пастбищах и полях, разложение происходит в более аэробных условиях и производится меньше CH_4 .

В стандартной методике выбросы метана (CH_4) рассчитываются для процессов уборки, хранения и использования навоза от сельскохозяйственных животных по формуле

$$\text{CH}_{4\text{Manure}} = \sum_{(T)} \frac{(\text{EF}_{(T)} \cdot N_{(T)})}{10^6},$$

где $\text{EF}_{(T)}$ — коэффициент выбросов для установленного поголовья скота (количества животных), кг CH_4 / шт. в год; $N_{(T)}$ — количество голов (штук) вида/категории скота (животных) T в стране; T — вид/категория скота (животных).

Значение коэффициента выбросов зависит от климатических условий территории и способа уборки и хранения отходов. На «Синявинской» птицефабрике нет анаэробных отстойников, отходы хранятся в сухом виде, поэтому выбирается категория несушки (сухой). Согласно СНиП 23-01-99* «Строительная климатология», среднегодовая температура в Ленинградской области составляет примерно $4,4^\circ\text{C}$, в связи с чем выбираются коэффициенты для холодного климата [1]. Коэффициент выбросов равен 0,03, выбросы метана при хранении, использовании помета составляют $1,8 \text{ Гг}$ (10^6 кг) CH_4 /год.

Для расчета суммарной массы выбросов парниковых газов необходимо перевести полученные значения $\text{CH}_{4\text{Manure}}$ в тонны эквивалента CO_2 (далее — $\text{CO}_{2\text{e}}$), для чего значения $\text{CH}_{4\text{Manure}}$ следует умножить на потенциал глобального потепления для CH_4 (см. табл. 1).

Таким образом, выбросы метана при хранении и использовании помета без эксплуатации биогазового комплекса, составляют $37\,800 \text{ т}$ $\text{CO}_{2\text{e}}$ в год.

При эксплуатации биогазовой станции сохранятся выбросы от уборки и хранения помета, но стоит отметить, что время хранения помета сократится, так как после уборки он будет поступать на переработку. Перечисленные процессы занимают около 30% времени, на это время приходится примерно 27,4% выбросов метана. Таким образом, внедрение биогазовой станции сократит выбросы парниковых газов примерно на 72,6%, т.е. масса выбросов метана составит $10\,356,2 \text{ т}$ $\text{CO}_{2\text{e}}$ в год.

Расчет выбросов закиси азота при уборке, хранении и использовании помета. Прямые выбросы закиси азота (N_2O) происходят в ходе комбинированной нитрификации-денитрификации содержащегося в навозе азота. Выброс N_2O из навоза во время хранения и обработки зависит от содержания азота и углерода в навозе, а также от продолжительности хранения и типа обработки. Нитрификация (окис-

ление аммонийного азота до нитратов) является необходимой предпосылкой для выброса N_2O из хранящегося навоза и может происходить в хранящемся навозе при условии достаточного поступления кислорода. Нитриты и нитраты трансформируются в N_2O и молекулярный азот (N_2) в течение естественно происходящего процесса денитрификации, который, в свою очередь, является анаэробным процессом. В научной литературе существует общее соглашение о том, что отношение N_2O к N_2 возрастает с увеличением кислотности, концентрации нитратов и в условиях сниженной влажности. Подводя итоги, можно сказать, что производство и выбросы N_2O из обрабатываемого навоза требуют присутствия либо нитритов, либо нитратов в анаэробной среде при предшествующих аэробных условиях, необходимых для образования этих окисленных форм азота. Кроме того, должны соблюдаться условия, препятствующие восстановлению N_2O до N_2 , такие как низкий рН или ограниченная влажность.

Косвенные выбросы происходят в результате потерь летучего азота, главным образом в форме аммиака и оксидов азота NO_x . Количество выделяемого органического азота, которое минерализуется до аммонийного азота в процессе сбора и хранения навоза, зависит в основном от времени и в меньшей степени от температуры. Простые формы органического азота, такие как мочевины, источником которой являются млекопитающие и мочевая кислота, которую производит домашняя птица, быстро минерализуются до аммонийного азота, который отличается высокой летучестью и легко диффундирует в окружающий воздух. Потери азота начинаются с момента его выделения в месте содержания животных и в других зонах животноводческого производства и продолжаются на всем протяжении обращения с отходами в системах хранения и обработки. Азот также теряется через стоки и вымывание в почву из мест сухого хранения навоза вне помещений, на откормочных площадках и в местах выпаса животных на пастбищах.

Для расчета суммарной массы выбросов парниковых газов необходимо перевести полученные значения количества выбросов N_2O в тонны CO_{2e} , для чего значения необходимо умножить на потенциал глобального потепления: для закиси азота (см. табл. 1).

Прямые выбросы N_2O . Расчет прямых выбросов N_2O в результате уборки, хранения и использования навоза основан на следующем уравнении:

$$N_2O_{D(mm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T \left(N_{(T)} \cdot N_{ex(T)} \cdot MS_{(T,S)} \right) \right] \cdot EF_{3(S)} \right] \cdot \frac{44}{28},$$

где $N_2O_{D(mm)}$ — прямые выбросы N_2O в результате уборки, хранения и использования навоза (помета) в стране, кг N_2O / год; $N_{(T)}$ — количество голов (штук) вида/категории скота (животных) T в стране; $N_{ex(T)}$ — среднегодовое выделение азота на одну голову (штуку) скота (животных) вида/категории T , кг N / животное год; $MS_{(T,S)}$ — доля суммарного годового выделения азота для каждого вида/категории скота (животных) T , которая обрабатывается в рамках системы S уборки, хранения и использования навоза (помета) в данной стране, не имеет размерности; $EF_{3(S)}$ = коэффициент выбросов для прямых выбросов N_2O от системы уборки, хранения и использования навоза (помета) S в стране, кг N_2O -N / кг N в системе S ; S — система уборки, хранения и использования навоза (по-

мета); T — вид/категория скота (животных); $44/28$ — коэффициент преобразования выбросов $(N_2O-N)_{(mm)}$ в выбросы $N_2O_{(mm)}$.

Годовые темпы выделения азота рассчитываются по следующей формуле:

$$N_{ex(T)} = N_{rate(T)} \cdot \frac{TAM}{1000} \cdot 365,$$

где $N_{ex(T)}$ — годовые темпы выделения азота, кг N / животное х год; $N_{rate(T)}$ — темпы выделения азота по умолчанию, кг N / (1000 кг массы птицы день); TAM — средняя масса животного категории T , кг.

Темпы выделения азота (N_{rate}) соответствуют данным для Восточной Европы для годовалых кур и/или кур старше одного года. Значение коэффициента выбросов по умолчанию для прямых выбросов N_2O зависит от способа хранения помета. Для расчета было выбрано значение, соответствующее сухому хранению или хранению помета с естественной коркой, в случае если он хранится в жидком виде. Стоит отметить, что при использовании анаэробных отстойников значение коэффициента выбросов закиси азота при хранении равно нулю.

Расчет прямых выбросов закиси азота проводились без учета доли суммарного годового выделения азота для домашних птиц, так как в методике нет таких данных, как нет и статистики по России.

Таким образом, в результате прямых выбросов закиси азота в год образуется 7873,3 т CO_2e . Как и в случае с выбросами метана, строительство биогазовой станции исключит прямые выбросы закиси азота при использовании помета и сократит их при хранении. Процессы, сопровождающиеся выделением закиси азота в атмосферный воздух, занимают около 30% времени. Таким образом, внедрение биогазовой станции сократит выбросы закиси азота примерно на 72,6%, т.е. количество выбросов закиси азота составит примерно 2 157,07 т CO_2e в год.

Косвенные выбросы N_2O в результате улетучивания азота в форме NH_3 и NO_x ($N_2O_{G(mm)}$) при уборке, хранении и использовании азота оцениваются с использованием уравнения

$$N_2O_{G(mm)} = (N_{volatilization-MMS} \cdot EF_4) \cdot \frac{44}{28},$$

где $N_2O_{G(mm)}$ — косвенные выбросы N_2O , связанные с улетучиванием азота в результате уборки, хранения и использования навоза (помета), кг N_2O / год; $N_{volatilization-MMS}$ — количество азота, которое теряется из навоза (помета) через улетучивание NH_3 и NO_x , кг N / год; EF_4 — коэффициент выбросов N_2O в результате осаждения азота из атмосферы на почву и водные поверхности, кг N_2O-N / (кг $NH_3-N + NO_x-N$)_{улетуч.}, значение по умолчанию составляет 0,01 кг N_2O-N / (кг NH_3-N _{улетуч.} + NO_x-N)_{улетуч.}

Расчет улетучивания азота в форме NH_3 и NO_x из систем уборки, хранения и использования навоза (помета) основан на уравнении

$$N_{volatilization-MMS} = \sum_S \left[\sum_T \left[\left(N_{(T)} \cdot N_{ex(T)} \cdot MS_{(T,S)} \right) \left(\frac{F_{racGasMS}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right],$$

где $N_{(T)}$ — количество голов (штук) вида/категории скота (животных) T ; $N_{ex(T)}$ — среднегодовое выделение азота на одну голову скота (животного) вида/категории T , кг N / жи-

вотное x год; $MS_{(T,S)}$ — доля суммарного годового выделения азота для каждого вида/категории скота (животного) T , которая обрабатывается в рамках системы S уборки, хранения и использования навоза (помета), не имеет размерности; $F_{racGasMS}$ — процентная доля азота в обработанном навозе (помете) скота категории T , которая улетучивается в виде NH_3 и NO_x в системе уборки, хранения и использования навоза (помета) S , %.

За счет косвенных выбросов будет выделяться 6 298,6 т CO_{2e} в год. Можно ожидать сокращения данного вида выбросов, поскольку биогазовая станция состоит из закрытого хранилища, в котором в анаэробных условия происходит процесс ферментации, азот связывается и остается в удобрениях. Тем не менее рассчитать точное значение сокращения выбросов не представляется возможным, поскольку статистических данных по данной технологии в России нет.

Таким образом, в год на птицефабрике в результате уборки, хранения и использования куриного помета без использования биогазового комплекса будет выделяться 14 171,94 т CO_{2e} закиси азота. При эксплуатации биогазовой станции это количество сократится до 5 716,23 т CO_{2e} , т.е. количество выбросов закиси азота сократится на 40%.

В результате при производстве биогаза выбросы парниковых газов при уборке, хранении и использовании помета сократятся на 64%, т.е. с 51 971,94 т CO_{2e} до 18 811,87 т CO_{2e} в год.

Расчет выбросов парниковых газов при сжигании топлива. Согласно методике МГЭИК, количество поступивших в атмосферный воздух парниковых газов при стационарном и мобильном сжигании топлива рассчитывается по уравнению

$$Emissions_{GHG_{fuel}} = Fuel\ Consumption_{fuel} \cdot Emission\ Factor_{GHG_{fuel}}$$

где $Fuel\ Consumption_{fuel}$ — количество сжигаемого топлива (ТДж); $Emission\ Factor_{GHG_{fuel}}$ — коэффициент выбросов парникового газа для данного вида топлива (кг / ТДж).

В случае углекислого газа коэффициент выбросов включает коэффициент окисления углерода, равный 1.

В таблице 3 приведены значения коэффициентов, необходимых для расчета выбросов и указанных в методике МГЭИК. При расчете выбросов биометана предполагается, что весь объем биометана, получаемый при переработке помета, поступает на сжигание. Для сравнения с другими видами топлива необходимо представить биометан в качестве условного топлива, используя для этого его удельную теплоту сгорания. Прежде чем рассчитать суммарный выброс CO_2 , CH_4 , N_2O простым суммированием выбросов, следует перевести количество выбросов метана и закиси азота в тонны CO_{2e} , умножив количество выбросов данных газов на их потенциал глобального потепления, указанный в табл. 1.

Таблица 3

Коэффициенты выбросов при стационарном сжигании топлива в энергетическом секторе и бытовом потреблении (кг парникового газа / ТДж на основе теплотворной способности) [4]

Коэффициент выброса	Вид топлива			
	Биогаз	Сжиженный природный газ	Природный газ	Дизельное топливо
Углекислый газ (CO_2)	54,600	64,200	56,100	74,100
Метан (CH_4)	1	3	1	3
Закись азота (N_2O)	0,1	0,6	0,1	0,6

В таблице 4 приведены расчетные значения выбросов и сокращения выбросов парниковых газов сжигании топлива.

Таблица 4

Выбросы парниковых газов при стационарном сжигании топлива, т CO_{2e}

Парниковый газ	Вид топлива			
	Биогаз	Сжиженный природный газ	Природный газ	Дизельное топливо
Углекислый газ (CO ₂)	32,885	38,667	33,789	44,630
Метан (CH ₄)	0,012648	0,03794	0,012648	0,03794
Закись азота (N ₂ O)	0,0186712	0,112027	0,0186712	0,112027
Всего	32,917	38,817	33,820	44,780
Сокращение выбросов	—	5,901	0,903	11,863

Таким образом, использование биогаза в качестве топлива вместе природного газа приведет к сокращению выбросов парниковых газов на 2,6%, вместо сжиженного природного газа — на 15%, вместо дизельного топлива — на 26,5%.

Выводы. Доказано, что внедрение технологии анаэробного сбраживания способно сократить массу выбросов метана от уборки, хранения и утилизации помета на «Синявинской» птицефабрике на 72,6% (с 37 800 т CO_{2e} до 10 356,2 т CO_{2e} в год).

Рассчитано, что при использовании биогазовой станции для утилизации помета на «Синявинской» птицефабрике приведет к сокращению прямых выбросов закиси азота на 40% (с 14 171,94 т CO_{2e} до 5 716,23 т CO_{2e} в год).

Выявлено, что в итоге при производстве биогаза из птичьего помета на «Синявинской» птицефабрике выбросы парниковых газов при уборке, хранении и использовании помета сократятся на 64% (с 51 971,94 т CO_{2e} до 18 811,87 т CO_{2e}).

Установлено, что при использовании биогаза, полученного в результате сбраживания куриного помета, в качестве топлива эмиссии парниковых газов наименьшие в сравнении с другими видами топлива.

На основе проведенных подсчетов доказан положительный экологический эффект технологии анаэробного сбраживания, в том числе за счет минимизации косвенного воздеyтвенного воздеyтвия на изменение климата.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] СНиП 23-01-99* «Строительная климатология» // Система нормативных документов в строительстве. 2003.
- [2] Федеральный классификационный каталог отходов. Available at: <http://www.fkko.ru/>
- [3] HELCOM 2010, Reducing Nutrient Loading from Large Scale Animal Farming in Russia, BALTHAZAR project 2009-2010. 2010.
- [4] IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2006. Available at <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>
- [5] Preparation of a business plan for improving manure management in poultry factories in the Leningrad region, Russia, summary report. Nordic Environment Finance Corporation, October 6, 2011. Vol. I: Main Report. Available at [-http://www.nefco.org/sites/nefco.viestinta.org/files/NIB_Bulletin_print_BalticSea_flyer_2012_LeningradOblast2.pdf](http://www.nefco.org/sites/nefco.viestinta.org/files/NIB_Bulletin_print_BalticSea_flyer_2012_LeningradOblast2.pdf)

GREENHOUSE GAS EMISSIONS REDUCTION DUE TO ANAEROBIC DIGESTION TECHNOLOGY IMPLEMENTATION BY THE EXAMPLE OF LENINGRAD REGION POULTRY FARM

E.S. Klochkova, M.D. Kharlamova

Ecological Department
Peoples' Friendship University of Russia
Podolskoe shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093

The article presents the assessment of greenhouse gases emissions reductions from manure management in case anaerobic digestion technology is used for organic wastes processing. The research was made under IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories' methodology. 'Sinyavinskaya' poultry farm located in Leningrad region was chosen as an object of study. The analysis resulted in calculation of greenhouse gas emissions from manure management and comparison of emissions from combustion of different types of fuel.

Key words: greenhouse gas (GHG) emissions, anaerobic (methane) digestion, poultry manure, waste management, best available technology (BAT).

REFERENCES

- [1] SNiP 23-01-99* «Stroitel'naja klimatologija» [Construction Standards and Regulations 23-01-99* 'Building climatology]. Sistema normativnyh dokumentov v stroitel'stve [System of normative documents in construction]. 2003.
- [2] Federal'nyj klassifikacionnyj katalog othodov [Federal Classificatory Catalogue of Wastes] Available at <http://www.fkko.ru/>
- [3] HELCOM 2010, Reducing Nutrient Loading from Large Scale Animal Farming in Russia, BALTHAZAR project 2009-2010. 2010.
- [4] IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2006. Available at <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>
- [5] Preparation of a business plan for improving manure management in poultry factories in the Leningrad region, Russia, summary report. Nordic Environment Finance Corporation, October 6, 2011. Vol. I: Main Report. Available at http://www.nefco.org/sites/nefco.viestinta.org/files/NIB_Bulletin_print_BalticSea_flyer_2012_LeningradOblast2.pdf