

ОЦЕНКА ЭМИССИИ МЕТАНА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОШЛАМА БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ

Ракович В.А.¹, Ярмошук Т.Д.¹, Ничипорович З.А.²

¹Институт природопользования НАН Беларуси,

²Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам,

г. Минск, Республика Беларусь

mire4@tut.by

Установлено, что величина эмиссии метана с внесением биошлама и без внесения зависит от влажности почвы, температуры верхнего слоя почвы, температуры окружающей среды, наличия питательных веществ в почве, сезонности, видового состава и уровня развития вегетативных сообществ. Девятимесячные полевые измерения (01.03.2021 – 25.11.2021 г.) показали, что эмиссия метана с участка с внесением биошлама (площадка V1) была в 1,5 раза выше, чем без внесения (площадка V2).

Ключевые слова: метан, биошлам биогазовых установок, удобрение, газовая хроматография.

Введение. Ввиду того, что в Беларуси биогазовые установки внедрены относительно недавно (с 2008 г.), имеется недостаточно данных по влиянию биошлама на физические, агрохимические, биологические и токсикологические свойства почвы в почвенно-климатических условиях республики.

Ввиду того, что в Беларуси биогазовые установки внедрены относительно недавно (с 2008 г.), имеется недостаточно данных по выбросам диоксида углерода при использовании биошлама биогазовых установок в качестве удобрения. Существует необходимость проведения исследования указанных показателей. Расчеты эмиссии метана (CH₄) при использовании биошлама биогазовых установок в качестве удобрений с помощью автоматической системы камер в Республике Беларусь не проводились. Следовательно, оценка выбросов метана при использовании биошлама весьма актуальна.

Материалы и методы исследований. Для измерения эмиссии метана в полевых условиях в качестве объектов исследования выбраны две площадки при использовании биошлама биогазовых установок в качестве удобрения и без него. Площадки V1 и V2 расположены в двадцати метрах друг от друга, они несущественно отличаются по ботаническому составу растительности. На площадке V2 преобладают луговые травы, такие, как тимофеевка *Phleum pratense*, мятлики *Poa pratensis* и пырей *Elytrigia repens*. Площадка V1 имеет высокую степень покрытия тимофеевкой *Phleum pratense*, которая занимает 70-90 % площади установленных на мониторинговую площадку рамок. Помимо тимофеевки на площадке присутствует пырей *Elytrigia repens* и разновидности мятликов (*Poa spp.*). На площадке V1 было внесено 120 кг биошлама 10 % влажности на сотку.

Определение эмиссий метана осуществляли в трехкратной последовательности с применением камерно-динамического метода.

Для анализа эмиссии метана в лабораторных условиях использовался газовый хроматограф «Хроматек Кристалл 5000» с пламенно-ионизационным детектором

(далее – ПИД) и электронно-захватывающим детектором (далее – ЭЗД) (ЗАО СКБ «Хроматек», Россия).

Газовая хроматография позволяет относительно просто производить отбор проб в полевых условиях и далее происходит полностью автоматизированный быстрый и точный анализ CH_4 [1]. Хроматография основана на распределении исследуемого вещества между двумя фазами – неподвижной и подвижной (элюент). Неподвижная фаза главным образом представляет собой сорбент с развитой поверхностью, а подвижная – поток газа (пара, флюида – вещество в сверхкритическом состоянии) или жидкости (в нашем случае поток газа). Поток подвижной фазы фильтруется через слой сорбента или перемещается вдоль слоя сорбента.

Работа ПИД основана на изменении фонового тока водородного пламени при внесении в него органического вещества. Фоновый ток самого водородного пламени чрезвычайно мал. Органические вещества, сгорая в водородном пламени, вызывают протекание тока, между коллекторным электродом и горелкой детектора, к которой приложено напряжение. Протекающий ток пропорционален количеству органического вещества, сгоревшего в пламени детектора.

Принцип действия ЭЗД основан на захвате молекулами анализируемых соединений свободных электронов, находящихся в ионизационной камере детектора. Первичные электроны, испускаемые радиоактивным источником (бета-излучение), сталкиваются с молекулами газа-носителя.

Между электродами детектора присутствует слабое электрическое поле, приводящее к сбору вторичных электронов на аноде и появлению начального тока.

Когда через ионизационную камеру детектора пропускается анализируемое вещество, ток начинает уменьшаться вследствие захвата вторичных электронов молекулами этого вещества [2].

Камеры для отбора проб CH_4 изготовлены из непрозрачного ABS-материала, внешние стены которого оклеены самоклеющейся белой пленкой, которая хорошо ложится на любую ровную поверхность, отличается влагостойкостью, устойчивостью к ультрафиолетовым лучам, атмосферным воздействиям, таким образом обеспечивается отталкивание солнечных лучей и минимизируется нагревание воздуха внутри камеры. Камера имеет форму усеченной 4-угольной пирамиды, длина стены у основания – 72,5 см, высота камеры – 51,2 см, объем камеры – 0,234 м³. По основанию камера оснащена резиновым уплотнителем, который позволяет избежать утечки газов вследствие попадания между камерой и рамкой растительности или песка, ширина уплотнителя 1 см. Для удобства транспортировки и установки камеры на ее верхней части вмонтированы две ручки. В верхней части камеры сделаны четыре отверстия, в которые вкручены пробки (Lueg-Lock Pack Qty, Германия) и закреплены силиконовые трубки, которые выступают над поверхностью пробки примерно на 1 см.

Для более плотной и прочной установки камеры на рамку к ручкам прикреплены резиновые канаты (Ø 6 мм). Если растительность исследуемой площадки выше камеры, тогда для того, чтобы не повредить растительность, используются непрозрачные удлинители, изготовленные из ПВХ. На основание удлинителей также прикреплен уплотнитель. Высота стандартных удлинителей 31,2 см и 51,2 см (с учетом уплотнителя).

Для отбора проб воздуха внутри емкости использовали стеклянные колбы объемом 60 мл, которые предварительно были провакуумированы (давление внутри вакуумированной колбы составляло около 4 mBar), и за счет отрицательного давления внутри колбы газ из воздушного пространства в емкости с исследуемыми образцами поступает в колбу, которая затем закрывалась вентилем. Пробы газов отбирали через каждые 5-10 минут, время экспозиции зависит от ожидаемых эмиссий CH_4 : на более увлажненных участках, на которых ожидаются высокие эмиссии метана, время экспозиции сокращается до 5-7 минут между отборами проб газов, на осушенных площадках, на которых эмиссий метана не ожидается, время экспозиции увеличивается до 10 минут между отбором проб. В целом на одно измерение потока парниковых газов брали 4-5 колб. Таким образом, получали поток газов за определенный промежуток времени.

Для того, чтобы обеспечить герметичность на границе почва/атмосфера, в почву на 18 см заглублены рамки из ПВХ, эмиссии парниковых газов от каждого геоботанического сообщества замерялись в трехкратной последовательности, таким образом получили по три рамки 70×70 см для каждого сообщества. Рамки располагались в линию. Расстояние между рамками – около 0,5 м, таким образом температура почвы и окружающей среды на исследуемых площадках идентичны.

Для определения потоков CH_4 использовали пакет flux [3] для открытого программного обеспечения R, который был написан программистами из Университета Ростока (Германия) Джеральдом Юрасинским и Франциской Коебч. Пакет рассчитывает поток газа с использованием уравнения состояния идеального газа для получения количественного потока в единицу времени. В исходном коде пакета можно видеть функцию, на основании которой производятся расчеты.

Результаты и их обсуждение. Трехмесячные полевые измерения эмиссии метана с марта по май показали, что на полевых площадках с внесением биошлама биогазовых установок выбросы CH_4 были в 1,6 раза в среднем выше, чем без внесения биошлама.

Шестимесячные полевые измерения эмиссии метана с марта по август 2021 г. показали, что на полевых площадках с внесением биошлама биогазовых установок выбросы метана были в 1,2 раза в среднем выше, чем без внесения биошлама.

Реакция среды рН (КС1) на участках с внесением биошлама биогазовых установок и без внесения была слабокислая. Содержание аммонийного и нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия в почве с внесением биошлама биогазовых установок было более высокое, чем без внесения.

Среднее значение продуктивности растительной биомассы на участке с внесением биошлама составило 6,8 т/га сухого вещества. На участке без внесения – 4,9.

Величина эмиссии с внесением биошлама и без внесения изменялась в зависимости от уровня залегания грунтовых вод, влажности почвы, температуры окружающей среды и температуры верхнего слоя почвы, наличия питательных веществ в почве, сезонности, видового состава и уровня развития вегетативных сообществ.

Наибольшие эмиссии метана наблюдались с мая по июль (на площадке V1) и составили 5,3; 5,6; 5,8; 7,7; 3,8; 2,5 гCH_4 , $\text{мг С м}^{-2} \text{ч}^{-1}$ соответственно.

Заключение. Таким образом, по результатам полевых измерений эмиссии метана с марта по ноябрь 2021 г. можно сказать, что максимальные выбросы метана на площадке с внесением биошлама наблюдались в июне и составили 7,7 гСН₄, мг С м⁻² ч⁻¹; без внесения – 5,0 гСН₄, мг С м⁻² ч⁻¹ соответственно

Девятимесячные полевые измерения эмиссии метана показали, что на полевых площадках с внесением биошлама биогазовых установок (площадка V1) выбросы метана были в 1,5 раза выше, чем без внесения биошлама (площадка V2).

Библиографические ссылки

1. Automated Gas Chromatographic System for Rapid Analysis of the Atmospheric Trace Gases Methane, Carbon Dioxide, and Nitrous Oxide/ N. Loftfield, H. Flessa, J. Augustin, and F. Beese//Reprinted from the Journal of Environmental Quality, Volume 26, no 2, March-April 1997. Copyright 1997. P. 560-564.
2. Хроматограф «Хроматек Кристалл 5000» Руководство по эксплуатации. Часть 1. 2.840.0393Э. Описание и работа. – ЗАО СКБ «Хроматек», 2010. – 192 с.
3. The Comprehensive R Archive Network. URL: <http://cran.r-project.org>.