УДК 634.445

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-51-3-10-13

Н.Н. Зайцева, Н.А. Фадеева, О.А. Васильев

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДЫХ ПРОДУКТОВ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ НА НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ

Ключевые слова: биологическое удобрение; нефтезагрязненные почвы; нефтепродукты; продукты биогазовой установки; химический состав; ячмень.

Введение. Химическое загрязнение земель – это изменение их химического состава в результате антропогенной деятельности, способное вызвать ухудшение качества земель, что в конечном счете отрицательно влияет на продуктивность почв и здоровье проживающих на территории людей. От загрязнений нефтью и ее продуктами в первую очередь страдает почва: уменьшается поровое пространство, понижаются значения окислительно-восстановительного потенциала, угнетается активность аэробных микроорганизмов, что приводит к снижению плодородия. Восстановление химически загрязненных земель – дорогостоящее мероприятие, поэтому поиск эффективных и менее затратных приемов носит актуальный характер.

Исследования по использованию твердых продуктов биогазовой установки (биоудобрений) на основе птичьего помета, присланного из ООО «НПО «Агробιοгаз» г. Санкт-Петербург, проводились на опытном участке ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия». На опытном участке верхний гумусовый горизонт был удален в связи с реконструкцией и планировкой территории, поэтому почвенный покров его представлен «скальпированной» светло-серой лесной тяжелосуглинистой почвой на элювии пермских глин с выходящим на дневную поверхность подпахотным горизонтом А₂В.

Действие биогазовой установки основано на анаэробном сбраживании органических веществ (птичьего помета, навоза, гнилого картофеля, отходов переработки зерна и др.), в результате чего образуется биогаз, а также жидкие и твердые продукты, имеющие переменный химический состав и пригодные для применения в качестве удобрений сельскохозяйственных культур. Жидкие продукты биогазовой установки исследовались в качестве удобрения сельскохозяйственных культур в 2014–2016 гг. и показали положительное воздействие на их продуктивность [1, 2, 8].

В последние годы в Российской Федерации широкое развитие получила птицеводческая

промышленность, а именно – производство куриного мяса и яиц. При этом ежедневно образуются тысячи тонн куриного навоза, который не всегда перерабатывается на удобрение. В свежем курином помёте содержится 50–60 % воды, 1,6–2,0 % азота, 1,3–2,5 % фосфора, 0,8–1,0 % калия, 2,–3,0 % кальция, 0,5–0,9 % магния, 0,3–0,7 % серы, 39,0–45,0 % – органическое вещество. Однако в свежем виде куриный навоз в больших дозах токсичен для культурных растений, а хранение его в пределах птицефабрики сокращает производственные площади и загрязняет окружающую воздушную среду. Поэтому одним из вариантов утилизации свежего куриного навоза является его переработка. Куриный помет, преобразуясь в биогазовой установке с выделением используемых в хозяйственных целях горючей смеси газов для отопления помещений и жидких продуктов в качестве удобрения, выпадая на дне биореактора в твердый осадок, сохраняет питательную ценность для сельскохозяйственных культур. Однако эффективность твердых продуктов биогазовой установки в качестве удобрений сельскохозяйственных культур слабо изучена.

Цель исследований – изучить возможность восстановления плодородия нефтезагрязненных почв с помощью применения твердых продуктов биогазовой установки.

Условия и методы исследований. Опыт закладывался летом 2017 г. в пятикратной повторности на делянках площадью 1 м². Сначала на делянках удалялся верхний слой почвы и поверхность выравнивалась строго горизонтально, чтобы нефтепродукты не концентрировались в понижениях, а распределялись равномерно по всей площади. После этого вносилось загрязняющее вещество (масло-отработка в дозе 3 л/м²). Далее поверхность опытных делянок покрывалась слоем удаленной почвы 5 см, который уплотнялся, и сверху насыпался песок слоем 10 см, перемешанный с разными дозами твердого биоудобрения из расчета 30, 60 и 90 т/га. Так на делянке имитировались предполагаемые операции рекультивации нефтезагрязненных зе-

мель. Агрохимические показатели почв делянок определяли в вытяжке по Кирсанову; содержание гумуса – методом Тюрина. На делянки высевался ячмень сорта Памяти Чепелева. На каждой делянке было посеяно одинаковое количество семян ячменя (по 500 штук на каждую делянку). Контролем служил вариант, загрязненный нефтепродуктами и покрытый песком без внесения биоудобрения. Ежедневно фиксировалось развитие растений ячменя.

Результаты исследований. Птичий помет, служащий основным сырьем для переработки в биогазовой установке, богат азотом, фосфором, калием, кальцием, магнием и другими элементами питания растений. Анаэробное брожение в биогазовой установке понижает содержание азота в твердых продуктах, так как он частично переходит в состав горючего газа. Фосфор, калий, кальций, марганец и другие катионы металлов, включая микроэлементы, в основном остаются в твердых продуктах. Таким образом, с твердыми отходами биогазовой установки, используемыми в качестве удобрения, одновременно с нормой азота вносятся и другие элементы питания растений, восполняющие вынос их из почвы с урожаем, а также и микроорганизмы, повышающие биологическую активность почвы, активаторы роста и развития растений – ауксины, гумусовые вещества и др. [2, 5].

При внесении их в почву в качестве удобрения сельскохозяйственных культур в пахотном слое увеличиваются биологическая активность, содержание подвижных форм макро- и микроэлементов и др. питательных веществ, что в итоге повышает эффективность производства продукции растениеводства [3, 4].

Извлеченные из биореактора твердые продукты некоторое время хранятся на площадке до достижения влажности 55–62 %. Готовые твердые продукты биогазовой установки (ПТБУ) представляют собой темно-серую или черную торфоподобную рыхлую массу с влажностью 50–60 % со слабым болотным запахом. Содержа-

ание макроэлементов в сухом веществе биоудобрения несколько выше (в 4–10 раза), чем в полуперепревшем навозе КРС, и сравнимо с химическим составом осадков городских сточных вод [5]. Одна тонна натурального вещества ТБУ содержит в среднем 16,5 кг/т общего азота, 20 кг/т общего фосфора и около 16 кг/т общего калия, большое количество микроэлементов. Пестицидов обнаружено не было. Отличие твердых отходов биогазовой установки от исходного материала – свежего птичьего помета – проявляется в том, что они рыхлые, рассыпчатые и равномернее вносятся в почву, не обжигая растения.

Всходы ячменя были равномерными на всех делянках. В дальнейшем по мере развития растений ячменя и достижения их корневыми системами загрязненного нефтепродуктами слоя растения в контрольном варианте, также искусственно загрязненного нефтепродуктами (без применения ТБУ), начали угнетаться в развитии. В меньшей степени угнетение в развитии, выражающееся в отставании в росте, желтизне на кончиках листьев, проявилась во втором варианте (доза 30 т/га биоудобрения) и практически не было заметно в делянках с внесением ПТБУ в дозах из расчета 60 и 90 т/га.

В вариантах с внесением ПТБУ в дозах 60 и 90 т/га растения ячменя не испытывали дефицита азота: листья имели насыщенный зеленый цвет. Кущение ячменя также лучше на участках с максимальными дозами внесения биоудобрения. Применение биоудобрения положительно отразилось на урожайности ячменя – она показана в таблице 1.

Таким образом, применение ПТБУ на загрязненных почвах ослабляет токсическое действие нефтепродуктов и с увеличением дозы последовательно повышает урожайность ячменя с 0,50 (контроль) до 1,29 (60 т/га) и до 2,67 т/га (90 т/га). Почвенные пробы с делянок отбирались после уборки ячменя. Агрохимические показатели почвы в слое 0–15 см в вариантах опыта показаны в таблице 2.

Таблица 1 Урожайность ячменя на искусственно загрязненных нефтепродуктами почвах

№ п.п.	Вариант	Среднее количество растений на делянке, шт.	Масса зерна с делянки, г/м ²	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га
1	Контроль	94	49,8	0,50	–
2	ПТБУ 30 т/га	136	76,1	0,76	0,26
3	ПТБУ 60 т/га	219	129,2	1,29	0,79
4	ПТБУ 90 т/га	292	267,1	2,67	2,17
–	НСР ₀₅	–	–	0,18	–

Таблица 2 Агрохимическая характеристика подвижной формы элементов питания растений в слое 0–15 см на 27.10.17 г.

№ п.п.	Вариант	Гумус, %	K ₂ O, мг/кг	CaO, мг/кг	Na ₂ O, мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг
1	Контроль	0,14	67,5	105	40,0	57
2	ПТБУ 30т/га	1,18	202,9	310	120,0	262,3
3	ПТБУ 60 т/га	1,35	435,3	390	160,0	378,6
4	ПТБУ 90 т/га	1,82	485,3	400	215,0	490,2

Из данных таблицы 2 следует, что применение ПТБУ вызывает увеличение содержания гумуса и подвижных элементов питания растений в пахотном слое почвы [3, 4, 6, 7]. Таким образом, в результате проведенных научных исследований в течение вегетационного периода 2017 г. выявлено, что биоудобрения в дозах 60 и 90 т/га снижают токсичность загрязненных почв нефтепродуктами и повышают урожайность ячменя.

Закключение. Применение ПТБУ в условиях вегетационного периода 2017 г. на искусственно загрязненных нефтепродуктами почвах повысило урожайность ячменя с 0,50 (контроль) до 1,29 (60 т/га) и до 2,67 т/га (90 т/га). Результаты проведенных научных исследований показали, что твердые продукты биогазовой установки могут эффективно применяться в качестве мелиоранта на загрязненных нефтепродуктами почвах.

Библиографический список

1. Васильев, О.А. Эффективность использования отходов биогазовой установки в качестве некорневой подкормки яровой пшеницы на серых лесных почвах Чувашии [Текст] / О.А. Васильев, Н.Н. Зайцева, Д.П. Кирьянов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (40). С. 7–12.
2. Васильев, О.А. Влияние некорневой подкормки микроэлементами на урожайность и качество зерна яровой пшеницы на серых лесных почвах Чувашии [Текст] / О.А. Васильев, А.Н. Смирнова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. № 1 (33). С. 11–16.
3. Иванова, Т.Н. Динамика агрохимических показателей плодородия почвы по результатам локального мониторинга [Текст] / Т.Н. Иванова, В.С. Сергеев // Вестник Башкирского аграрного университета. 2017. № 2 (42). С. 11–15.
4. Ильина, Т.А. Экологическое состояние агроландшафтов и особо охраняемых природных территорий Чувашской Республики [Текст]: монография / Т.А. Ильина, О.А. Васильев. Чебоксары: Новое время, 2011. С. 153.
5. Кириллов, Н.К. Действие осадков сточных вод г. Чебоксары на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции [Текст] / Н.К. Кириллов, Л.Н. Михайлов, Н.А. Кириллов, О.А. Васильев, Н.А. Фадеева // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2006. № 1. С. 23–27.
6. Ложкин, А.Г. Мониторинг физического состояния серых лесных почв при сельскохозяйственном использовании [Текст] / А.Г. Ложкин, А.В. Чернов, В.Г. Егоров // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2018. № 5 (160). С. 57–62.
7. Чернов, А. В. Динамика плодородия почв Чувашской Республики [Текст] / А.В. Чернов, О.А. Васильев // Агроэкологические и организационно-экономические аспекты создания и эффективного функционирования экологически стабильных территорий. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 5 октября 2017 г. Чебоксары: ЧГСХА, 2017. С. 157–163.
8. Чернов, А.В. Влияние ЭМ-технологии на плодородие серых лесных почв [Текст] / А.В. Чернов, О.П. Нестерова // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2017. № 4.

Сведения об авторах

1. **Зайцева Наталья Николаевна**, соискатель, генеральный директор ООО «Аталану» Канашского района Чувашской Республики, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, e-mail: atalanu@mail.ru.

2. **Фадеева Наталья Анатольевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, e-mail: nfadeeva1@yandex.ru.

3. **Васильев Олег Александрович**, доктор биологических наук, профессор кафедры землеустройства и кадастров, ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, тел.: (8352) 62-06-19.

Статья содержит результаты научных исследований по применению твердых продуктов переработки птичьего помета в биогазовой установке ООО «НПО «Агробιοгаз» г. Санкт-Петербург (далее – ТБУ или твердое биоудобрение) на почвах, загрязненных нефтепродуктами. Твердые продукты переработки биогазовой установки относятся к нетрадиционному виду органических удобрений. Определен химический состав биоудобрения: в 1 тонне натурального вещества содержатся в среднем 16,5 кг/т общего азота, 20 кг/т общего фосфора и около 16 кг/т об-

щего калия, а также микроэлементы. Проведенные научные исследования выявили, что применение биоудобрения на искусственно загрязненных нефтепродуктами почвах ослабляет их токсическое действие и с увеличением дозы внесения биоудобрений последовательно повышает урожайность ячменя. Результаты научных исследований показали, что твердые продукты биогазовой установки могут эффективно применяться в качестве мелиоранта на загрязненных нефтепродуктами почвах.

N. Zaytseva, N. Fadeeva, O. Vasilyev

EFFICIENCY OF APPLICATION OF SOLID PRODUCTS OF BIOGAS INSTALLATION ON OIL-POLLUTED SOILS

Key words: *biological fertilizer; oil contaminated soils; oil products; biogas plant products; chemical composition; barley.*

Authors' personal details

1. **Zaytseva Natalya**, applicant, general director of Atalanu LLC, Kanashsky district of the Chuvash Republic, 428003, the Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx, 29, e-mail: atalanu@mail.ru.

2. **Fadeeva Natalya**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Plant Growing, Breeding and Seed Production, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx, 29, e-mail: nfadeeva1@yandex.ru.

3. **Vasilyev Oleg**, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Land Management and Cadastres, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, the Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marx, 29, phone: (8352) 62-06-19.

The article contains the results of scientific research on the use of solid products from the processing of poultry manure in a biogas plant of ООО NPO Agrobiogaz, St. Petersburg (hereinafter referred to as TBU or solid bio-fertilizer) on soils contaminated with oil products. Solid biogas plant processing products are a non-traditional type of organic fertilizer. The chemical composition of bio-fertilizer was determined: 1 ton of a natural substance contains on average 16,5 kg/ton of total ni-

trogen, 20 kg/ton of total phosphorus and about 16 kg/ton of total potassium, as well as trace elements. Scientific studies have shown that the use of bio-fertilizer on artificially polluted soils weakens their toxic effect, and with an increase in the dose of bio-fertilizers, it consistently increases the yield of barley. The results of scientific studies have shown that solid products of a biogas plant can be effectively used as improver on oil-polluted soils.

© Зайцева Н.Н., Фадеева Н.А., Васильев О.А.