

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЛЮЕНТА БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

**Тарасов Сергей Иванович**<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, заведующий отделом экологии  
<sup>1</sup>ВНИИОУ - филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»

**Ковалев Дмитрий Александрович**<sup>2</sup>, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник  
лаборатории биоэнергетических установок  
<sup>2</sup>ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

**Караева Юлия Викторовна**<sup>3</sup>, кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
лаборатории энергетических систем и технологий

<sup>3</sup>ИЭПТ ФИЦ КазНЦ РАН

<sup>1</sup>601390, Владимирская обл., Судогодский р-н, п. Вяткино, Прянишникова ул., д.1,  
тел. 8 (4922) 426-035; e-mail: [tarasov.s.i@mail.ru](mailto:tarasov.s.i@mail.ru)

<sup>2</sup>109428, Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5,  
тел. 8 (499) 171-13-72; e-mail: [kovalev\\_da80@mail.ru](mailto:kovalev_da80@mail.ru)

<sup>3</sup>420111, г. Казань, ул. Лобачевского, д.2/31,  
тел. 8(843)231-90-79; e-mail: [julieenergy@list.ru](mailto:julieenergy@list.ru)

**Ключевые слова:** органические удобрения, анаэробная переработка, эффлюент, урожайность, эффективность, почва.

Утилизация органических отходов методом анаэробного сбраживания позволяет исключить сточные воды животноводческих комплексов из категории опасных и получить новую побочную продукцию, а именно, экологически безопасные и эффективные органические удобрения. Функционирование сельскохозяйственной биогазовой установки связано с созданием большого количества шлама (эффлюента) после анаэробного сбраживания. Основным направлением использования эффлюента должно быть его применение в качестве удобрения. В данной статье проведено обобщение опыта различных организаций по использованию эффлюентов биогазовых установок как удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур на различных типах почв. Проведены исследования влияния термофильного и мезофильного режимов работы биогазовой установки, использования различных типов субстратов (полужидкий навоз КРС, жидкий свиной навоз, жидкий птичий помет). В условиях дерново-подзолистой и дерново-карбонатной почв применение эффлюента позволило в ряде случаев увеличить урожайность сельскохозяйственных культур на 4,2-6,4%. Наибольшее увеличение урожайности наблюдалось при выращивании озимой ржи (6,4%), ячменя (4,2%) и кукурузы на силос (4%). Особенно эффективно применение эффлюента на южных черноземах, где прибавка урожайности составила 8-17,4%. Наибольшее увеличение урожайности наблюдалось при выращивании редьки масличной (17,4%), рапса ярового (14,7%), кукурузы на силос (11,3%), яровой пшеницы (11,1%), викоовсяной смеси (8,5%). Не смотря на снижение содержания в эффлюенте органического вещества, обусловленное получением биогаза, основные гумусообразующие вещества и биогенные элементы питания растений сохранялись. Следует отметить, что в субстрате увеличился уровень легкодоступных форм азота, а также содержание аминокислот. Влияние температурного режима анаэробного сбраживания на изменение свойств субстратов не установлено.

### Введение

Развитие фермерских хозяйств в последнее десятилетие сопровождается применением биогазовых установок, производящих биометан для бытовых нужд, отопления помещений, заправки автомобилей и тракторов. Получаемый при этом сброженный жидкий остаток (эффлюент) обладает высокой экологичностью вследствие того, что во время анаэробного сбраживания органического сырья уничтожается патогенная микрофлора, подавляется активность находящихся в навозе семян сорных растений, питательные вещества навоза переходят в более доступную форму, нейтрализуется неприятный запах [1].

Использование эффлюента в сельском хозяйстве - это эффективный способ утилизации

органических отходов, позволяющий сократить применение минеральных удобрений. В работе [2] проведена оценка влияния пяти различных эффлюентов городских биогазовых установок на уровень урожайности райграса в Финляндии. Все изученные эффлюенты позволили увеличить урожайность на 5-30% по сравнению с контрольным минеральным удобрением с аналогичной концентрацией неорганического азота.

В [3] сообщается о противоречивых результатах эффективности эффлюента как органического удобрения и отмечается необходимость проведения долгосрочных полевых исследований.

Оценка потенциальных удобрений из эффлюентов проведена в ряде работ [4-11], но

из-за большого разнообразия исходного сырья, используемого для производства биогаза, эффективность и точная оценка содержания азота затруднена [12].

Свойства эффлюента зависят от исходного сырья и условий анаэробного сбраживания. В исследовании [13] проведено сравнение свойств удобрений из коровьего навоза, полученных при мезофильном и термофильном сбраживании. Проанализировано содержание питательных веществ, а также количество бактерий, стимулирующих рост растений.

Потенциальное использование анаэробного эффлюента как альтернативы навозу в качестве удобрения было проведено в исследовании [14]. Образцы эффлюента и навоза подвергали скринингу на бактерии, способствующие росту растений, содержание питательных веществ и тяжелых металлов. Навоз содержал более высокие концентрации тяжелых металлов, фосфора и калия. Все образцы содержат *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Staphylococcus* и *Micrococcus*. Присутствие большого количества минерализованного азота, меньшее содержание тяжелых металлов, а также значительное количество бактерий, стимулирующих рост растений, подтверждает потенциальную способность эффлюента повышать плодородие почв.

Агроэкологическая эффективность применения эффлюента как органического удобрения при возделывании сельскохозяйственных культур в различных регионах России, Украины, Эстонии и Латвии определена в работе [15].

Цель работы: изучить изменение свойств бесподстилочного навоза, помета при различных режимах метангенерации, провести сравнительные полевые исследования в целях определения эффективности применения бесподстилочного навоза, помета и эффлюента в различных почвенно-климатических условиях.

#### **Объекты и методы исследований**

В качестве объектов исследований были рассмотрены 5 типов эффлюентов сельскохозяйственных биогазовых установок, взятых из разных животноводческих комплексов (3 свиноферм, 1 комплекса КРС) и одной птицефабрики.

Эффлюент №1. Исходный субстрат: полужидкий навоз КРС. Термофильный режим сбраживания в течение 14 суток.

Эффлюент №2. Исходный субстрат: жидкий свиной навоз. Мезофильный режим сбраживания в течение 15 суток.

Эффлюент №3. Исходный субстрат: жидкий птичий помет. Термофильный режим сбраживания в течение 7 суток.

Эффлюент №4. Исходный субстрат: жидкий свиной навоз. Мезофильный режим сбраживания в течение 15 суток.

Эффлюент №5. Исходный субстрат: жидкие стоки свиного навоза. Мезофильный режим сбраживания в течение 15 суток.

Изменения агрохимических, реологических, токсикологических, ветеринарно - санитарных и гигиенических характеристик исследуемых субстратов при анаэробной переработке изучали согласно требованиям «Программы испытаний метангенерирующих установок». Динамику изменения содержания аминокислот при различных режимах сбраживания определяли на анализаторе «Chromaspek» фирмы «Rank Hilger». Жизнеспособность семян сорной растительности в нативном навозе и эффлюенте определяли по методике, разработанной ВНИИОУ.

Эффективность применения исходных субстратов и эффлюентов в качестве органических удобрений изучали на пяти опытных полях, расположенных около биогазовых установок. Условия проведения полевых исследований приведены в таблице 1.

Способ внесения нативного навоза и эффлюента – поверхностный с последующей заделкой удобрений в почву на глубину 16–18 см. Удобрительный полив многолетних трав проводили в начале вегетационного периода. Агротехника возделывания культур – традиционная для соответствующих зон расположения биогазовых установок.

Уборку урожая осуществляли сплошным поделяночным способом. Качество урожая определяли согласно требованиям соответствующих нормативов. Статистическую обработку результатов всех опытов проводили методом дисперсионного анализа.

Изменение агрохимических свойств почвы изучали традиционными методами. Численность в почве аммонифицирующих бактерий устанавливали методом титра на мясopентонном бульоне; денитрифицирующих – на жидкой среде Гильтая; нитрифицирующих – посевом на водном 2%-ном агаре с аммонийно-магниевоy солью фосфорной кислоты; бактерий, усваивающих минеральный азот – на крахмало-аммиачном агаре. Достоверными различиями численности микроорганизмов считались те, которые составляли 2 и более раза. Ветеринарно-санитарную и гигиеническую оценку проводили методами, утвержденными Госкомсанэпиднадзором. Биологическую активность почвы изучали методом аппликаций, весовым методом с использованием фотопластинок, по интенсивности (дыхания) – выделения

Таблица 1

## Условия проведения полевых исследований

Показатель	Тип почвы	Культура	рН сол.	Содержание в почве:		
				гумус, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г	K <sub>2</sub> O, мг/100 г
Опытное поле №1	дерново-подзолистая суглинистая	озимая рожь, кукуруза на силос, картофель	6,0	2,2	14,0	15,0
Опытное поле №2	дерново-карбонатная супесчаная	озимая рожь, картофель, райграс, горохо-овсяная смесь	6,2–6,5	3,6	6,2–7,3	22,0–25,0
Опытное поле №3	дерново-подзолистая супесчаная	ячмень, свекла яровая	6,1	1,4	25,0	10,0
Опытное поле №4	чернозем южный суглинистый	яровая пшеница, викоовсяная смесь, рапс яровой, редька масличная	7,5	2,1	5,5	35,0
Опытное поле №5	чернозем южный маломощный средне-суглинистый	яровая пшеница, кукуруза на силос, рапс яровой	6,9	2,7	12,3	29,4

Таблица 2

## Влияние анаэробной переработки на изменение физических и химических характеристик навоза и помета

Показатель	1		2		3		4		5	
	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль
Влажность, %	89,1	92,7	96,3	98,4	92,3	97,3	96,3	98,2	99,0	99,4
Сухое вещество, %	10,9	7,3	3,7	1,6	7,7	2,7	3,7	1,8	1,0	0,6
Зола, %	20,8	43,0	20,8	35,3	19,2	29,9	18,5	34,8	19,6	40,2
Органическое вещество, %	79,2	57,0	79,2	64,7	80,8	70,1	81,5	65,2	80,4	59,8
С общ., %	39,6	28,5	39,6	32,4	40,4	35,1	40,8	32,6	40,2	29,9
N общ., %	0,45	0,46	0,31	0,30	0,33	0,32	0,30	0,30	0,05	0,05
N-NH <sub>4</sub> , %	0,28	0,34	0,22	0,28	0,18	0,24	0,20	0,26	0,03	0,04
NO <sub>3</sub> , мг/л	206,0	164,0	155,0	129,0	194,0	144,0	117,0	86,0	60,0	44,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ., %	0,25	0,25	0,08	0,08	0,30	0,30	0,11	0,11	0,02	0,02
K <sub>2</sub> O общ., %	0,38	0,38	0,12	0,12	0,17	0,17	0,08	0,08	0,02	0,02
CaO, %	-	-	0,38	0,37	0,10	0,10	0,20	0,20	-	-
MgO, %	-	-	0,14	0,14	0,05	0,05	0,09	0,09	-	-
рН	7,0	7,6	6,8	7,7	7,3	7,8	6,5	6,9	6,4	6,8
C:N	9,6	4,5	4,7	1,7	9,4	3,0	5,0	2,0	7,7	3,7
C: N-NH <sub>4</sub>	15,4	6,1	6,7	1,9	17,6	3,9	7,6	2,3	13,0	4,5
Лигнин, %	7,2	7,8	7,5	8,3	2,8	3,8	2,2	2,7	5,4	5,8
Гемцеллюлоза, %	22,7	19,0	21,5	19,9	6,1	5,0	5,9	5,3	18,7	18,2
Целлюлоза, %	16,8	16,7	17,7	15,6	5,8	5,2	4,9	4,2	15,3	14,3

углекислого газа.

**Результаты исследований**

Влияние анаэробной переработки на изменение физических и химических характеристик навоза и помета представлено в таблице 2. Данные представлены для контроля (нативный

навоз, помет) и опыта (эффлюент). Температурный режим сбраживания не оказывает влияния на общее содержание основных биогенных элементов питания в исследуемых субстратах. Наблюдается значительное увеличение в эффлюенте уровня аммонийного азота до 40%, снижение

Таблица 3

**Влияние нативного навоза и эффлюента на урожайность сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических условиях**

Место проведения исследований	Культура	Внесение удобрений, кг/га	Урожайность (контроль), ц/га	Урожайность (опыт), ц/га
Поле №1	Озимая рожь	120	27	27,3
	Кукуруза на силос	300	550	572
	Картофель	200	220	216
Поле №2	Озимая рожь	60; 120	30,7; 42,4	29,9; 45,1
	Картофель	120	340	338
	Райграс, з. м.	200	99,3	90,4
	Горохо-овсяная смесь	200; 300	125; 144	126; 145
Поле №3	Ячмень	140	24	25
	Свекла кормовая	300	334	337
Поле №4	Яровая пшеница	120	32,5	35,1
	Викоовсяная смесь	140	118	128
	Рапс яровой	140	109	125
	Редька масличная	140	109	128
Поле №5	Яровая пшеница	120	40	44,5
	Кукуруза на силос	300	297	330
	Рапс яровой	200	161	174

содержания общего углерода на 15–30%, сухого и органического вещества. С повышением содержания аммонийного азота в сброженном навозе, помете отмечалось увеличение значений pH. Несмотря на снижение содержания органического вещества, количество основных гумусообразующих веществ в эффлюенте не изменилось.

Метаногенез обусловил изменение содержания большинства аминокислот, а именно, гистидина, метионина, тирозина, трионина, пролина. В субстрате снизился уровень изолейцина, аланина, лизина. Общее содержание аминокислот после ферментации в эффлюентах увеличилось на 12–35%. Увеличение содержания аминокислот повышает кормовую ценность навоза и помета. Увеличение содержания аминокислот в почве после внесения удобрений может оказать заметное положительное влияние на микрофлору почвы, повышение урожайности и качество продукции растениеводства.

В таблице 3 представлены данные о проведенных полевых исследованиях: количество внесенных удобрений, урожайность в контроле и опыте.

Анаэробная переработка сопровождалась заметным улучшением реологических свойств исследуемых субстратов: уменьшалось общее содержание взвешенных веществ, снижалось количество частиц крупного размера. Метановое сбраживание позволило значительно улучшить ветеринарно-санитарные, гигиенические харак-

теристики навоза, помета.

Наблюдалось снижение микробной обсемененности, полная гибель болезнетворных, патогенных микроорганизмов (сальмонеллы, патогенные сероварианты кишечной палочки, бактерии рода протей, токсинообразующие анаэробные микроорганизмы – в основном бактерии рода *Clostridium*, в т.ч. *Cl. tetani*, *Cl. botulinum*, *Cl. perfringens*, *Cl. septicum*), жизнеспособных семян сорных растений, яиц, личинок гельминтов, цист кишечных патогенных простейших (амебы, трихомонады, лямблии, балантидии, пневмоцисты), личинок и куколок синантропных мух. Значения основных показателей загрязнения - ХПК и БПК<sub>5</sub> уменьшались на 85–90%.

Согласно результатам исследований в условиях дерново-подзолистых и дерново-карбонатных почв действие эффлюента на изменение физико-химических, агрохимических, биологических и токсикологических свойств почвы не отличалось от влияния нативного навоза и помета (рис. 1).

Влияние температурного режима метаногенерации на изменение свойств субстратов не установлено.

Наибольшее увеличение урожайности наблюдалось при выращивании озимой ржи на опытном поле №2 (6,4%), ячменя на опытном поле №3 (4,2%) и кукурузы на силос на опытном поле №1 (4%).

В соответствии с результатами микро-

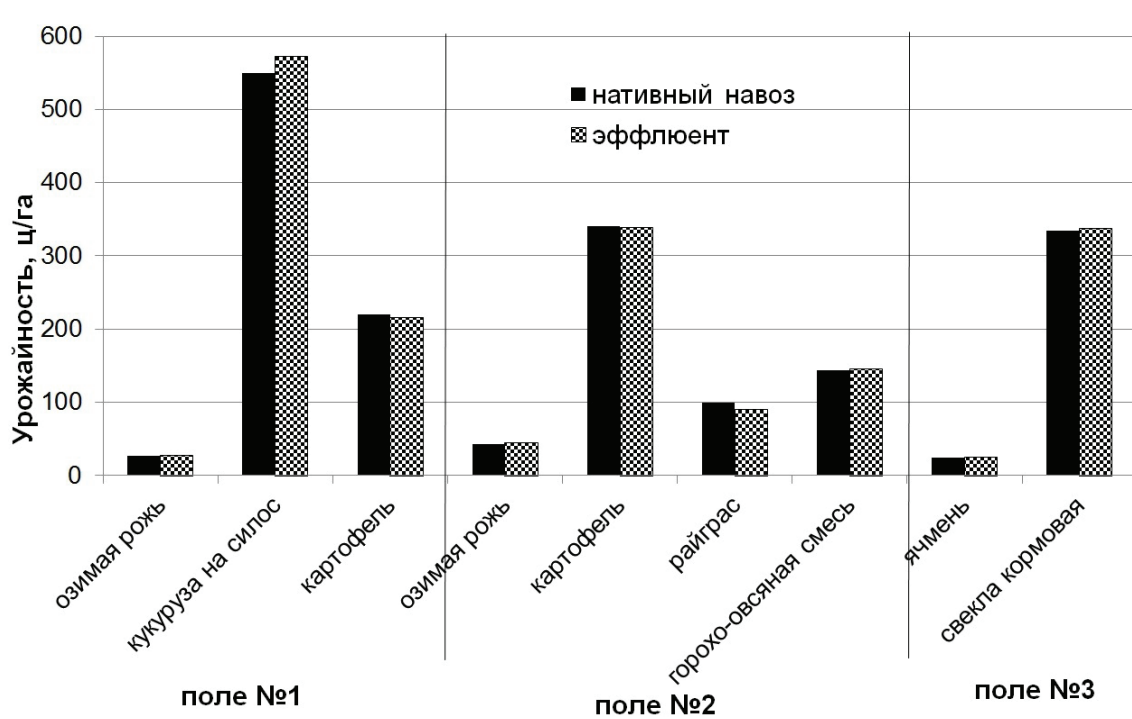


Рис. 1 - Сравнение урожайности сельскохозяйственных культур в условиях дерново-подзолистых, дерново-карбонатных почв

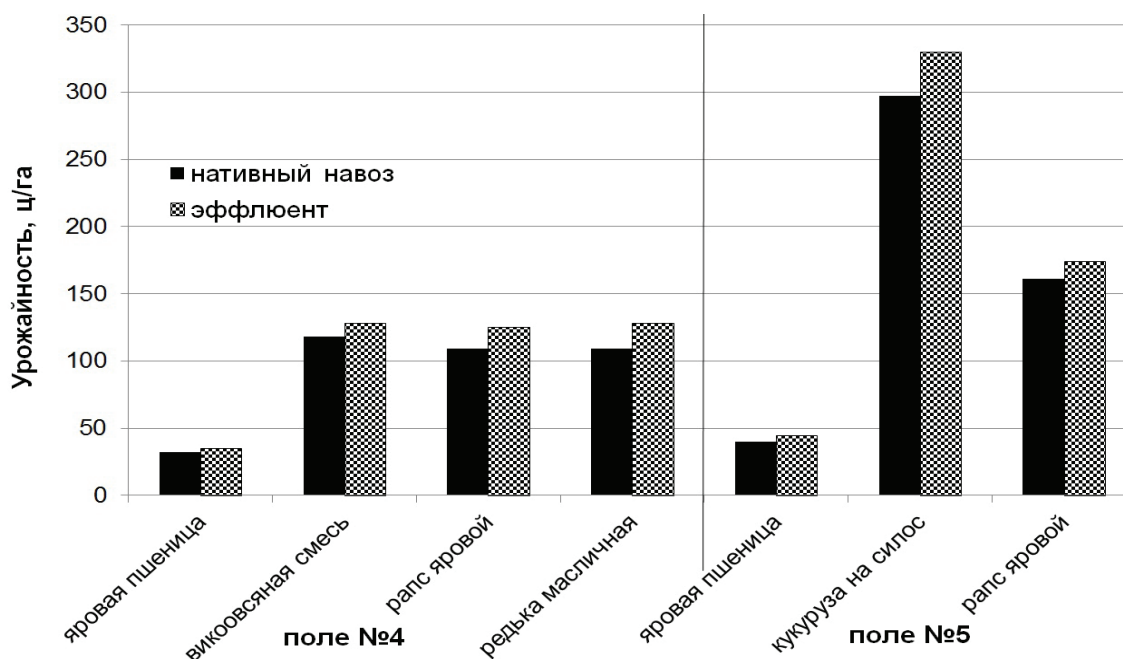


Рис. 2 - Сравнение урожайности сельскохозяйственных культур в условиях южных черноземов

биологических исследований после внесения эффлюента в микробиоте почвы анаэробные микроорганизмы доминировали на протяжении двух недель. После этого микробиоценозы почв, удобренные в одинаковых дозах эффлюентом и

нативным навозом (пометом), не имели заметных различий и представлялись идентичными. Ни в одном из опытов использование эффлюента не оказало негативного воздействия на биологическую активность почвы.

Более высокая эффективность применения эффлюента в качестве удобрения в сравнении с нативным навозом отмечалась при возделывании культур на южных черноземах. При использовании эффлюента прибавки урожая в опыте увеличились в среднем на 8–17,4% по сравнению с контролем (рис. 2).

Наибольшее увеличение урожайности наблюдалось при выращивании редьки масличной на опытном поле №4 (17,4%). Прибавка к контролю на опытном поле №4 составила 8% у яровой пшеницы, 8,5% - у викоовсяной смеси и 14,7% - у рапса ярового. На опытном поле №5 увеличение урожайности составило 8,1% у рапса ярового, 11,1% - у яровой пшеницы и 11,3% у кукурузы на силос.

Большая эффективность применения эффлюента связана с перегруппировкой основных видов почвенных микроорганизмов, повышением удельного веса бактерий, способствующих росту растений и снижением доли грибной микрофлоры, актиномицетов, считающихся потенциальными продуцентами токсических соединений. При равных дозах использования данных удобрений в продукции растениеводства обнаружено одинаковое содержание биогенных элементов, клетчатки белков, жиров, витаминов.

#### **Выводы**

Анаэробное сбраживание положительно повлияло на свойства органических удобрений - эффлюентов. Не смотря на снижение содержания в эффлюенте органического вещества, обусловленное получением биогаза, основные гумусообразующие вещества и биогенные элементы питания растений сохранялись. Следует отметить, что в субстрате увеличился уровень легкодоступных форм азота, а также содержание аминокислот.

Влияние температурного режима анаэробного сбраживания на изменение свойств субстратов не установлено.

Действие эффлюента на изменение физико-химических, агрохимических и токсикологических свойств почвы не отличалось от влияния нативного навоза (помета). Ни в одном из вариантов опытов, проведенных в различных регионах, использование эффлюента в сравнении с нативным навозом (пометом) не превышало суммарную токсичность почвы, не оказывало негативного воздействия на интенсивность ее дыхания, целлюлозоразрушающую и протеазную активность.

В условиях дерново-подзолистой и дерново-карбонатной почв применение эффлюента позволило в ряде случаев увеличить урожай-

ность сельскохозяйственных культур на 4,2-6,4%. Наиболее эффективно применение эффлюента на южных черноземах, где прибавка урожайности составила 8-17,4 %

#### **Библиографический список**

1. Садчиков, А.В. Применение метанового эффлюента для восстановления естественного цикла агрогеосистем / А.В. Садчиков // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 1. – С. 72-76.
2. Tampio, E. Agronomic characteristics of five different urban waste digestates / E. Tampio, T. Salob, J. Rintala // Journal of Environmental Management. – 2016. – V. 169. – P. 293-302.
3. Nkoa, R. Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review / R. Nkoa // Agronomy for Sustainable Development. – 2014. – V. 34. – Is. 2. – P. 473–492.
4. Kuszal, M. Agricultural use of biogas digestate as a replacement fertilizers / M. Kuszal, E. Lorencowicz // Agriculture and Agricultural Science Procedia. – 2015. – V. 7. – P. 119–124.
5. Cavalli, D. Nitrogen fertilizer replacement value of undigested liquid cattle manure and digestates / D. Cavalli, G. Cabassi, L. Borrelli, G. Geromel, L. Bechini, L. Degano, P.M. Gallina // European Journal of Agronomy. – 2016. – V. 73. – P. 34–41.
6. Short-term experiments in using digestate products as substitutes for mineral (N) fertilizer: agronomic performance, odours, and ammonia emission impacts / C. Riva, V. Orzi, M. Carozzi, M. Acutis, G. Boccasile, S. Lonati, F. Tambone, G. D'Imporzano, F. Adani // Science of The Total Environment. – 2016. – V. 547. – P. 206–214.
7. Kumar, S. Biogas Slurry: Source of Nutrients for Eco-friendly Agriculture / S. Kumar, L.C. Malav, M.K. Malav, S.A. Khan // **International Journal of Extensive Research**. – 2015. – V. 2. – P. 42-46.
8. Hélias, A. Use of fertilizing residues by agricultural activities in LCA studies / A. Hélias, D. Brockmann // Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector. – 2014. – P. 523-532.
9. Assessment of biofertilizer quality and health implications of anaerobic digestion effluent of cow dung and chicken droppings / M.I. Alfa, D.B. Adie, S.B. Igboro, U.S. Oranusi, S.O. Dahunsi, D.M. Akali // Renewable Energy. – 2014. – V. 63. – P. 681-686.
10. Comparetti, A. Current state and future of biogas and digestate production / A. Comparetti, P. Febo, C. Greco, S. Orlando // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2013. – V. 19. – №1. – P. 1-14.
11. Eickenscheidt, T. Short-term effects of biogas digestate and cattle slurry application on greenhouse gas emissions affected by N availability from grasslands

on drained fen peatlands and associated organic soil / T. Eickenscheidt, A. Freibauer, J. Heinichen, J. Augustin, M. Drösler // *Biogeosciences*. 2014. – V. 11. – Is. 12. – P. 6187-6207.

12. Recycling of biogas digestates in plant production: NPK fertilizer value and risk of leaching / T.A. Sogn, I. Dragicevic, R. Linjordet, T. Krogstad, V.G.H. Eijsink, S. Eich-Greatorex // *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. – 2018. – V. 7. – Is. 1. – P. 49–58.

13. Comparative fertilizer properties of digestates from mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of dairy manure: focusing on plant growth pro-

moting bacteria (PGPB) and environmental risk / G. Qi, Z. Pan, Y. Sugawa, F.J. Andriamanohiarisoamanana, T. Yamashiro, M. Iwasaki, K. Kawamoto, I. Ihara, K. Umetsu // *Journal of Material Cycles and Waste Management*. – 2018. – P. 1-10.

14. Comparative assessment of bio-fertiliser quality of cow dung and anaerobic digestion effluent / M. Mukhuba, A. Roopnarain, R. Adeleke, M. Moeletsi, R. Makofane // *Cogent Food & Agriculture*. – 2018. – V. 4. – 1435019.

15. Тарасов, С.И. Агроэкологическая эффективность анаэробно сброженного навоза / С.И. Тарасов, Г.Е. Мерзлая // *Плодородие*. – 2014. – №4. – С. 37-39.

## APPLICATION OF BIOGAS UNIT EFFLUENT AS FERTILIZER FOR ORGANIC FARMING

Tarasov S.I.<sup>1</sup>, Kovalev D.A.<sup>2</sup>, Karaeva Yu.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Scientific Research Institute of Organic Fertilizers - branch of Federal State Budget Scientific Institution "Verkhnevolzhsky Federal Agrarian Scientific Center"

<sup>2</sup>Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center

<sup>3</sup>Federal Research Center "Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

<sup>1</sup>601390, Vladimir Region, Sudogodsky District, Vyatkino v., Pryanishnikova Str., 1,

Tel. 8 (4922) 426-035; e-mail: tarasov.s.i@mail.ru

<sup>2</sup>109428, Moscow, 1-st Institutsky dr., 5,

Tel. 8 (499) 171-13-72; e-mail :: kovalev\_da80@mail.ru

<sup>3</sup>420111, Kazan, Lobachevsky st., 2/31,

Tel. 8 (843) 231-90-79; e-mail: julieenergy@list.ru

*Key words:* organic fertilizers, anaerobic treatment, effluent, yield, efficiency, soil.

Utilization of organic waste by method of anaerobic digestion allows to exclude waste water from cattle-breeding complexes from the hazardous category and to receive new by-products, namely, ecologically safe and effective organic fertilizers. The functioning of the agricultural biogas unit is associated with a large amount of slurry (effluent) after anaerobic digestion. The main direction of its application should be its use as a fertilizer. This article summarizes the experience of various organizations which use effluents of biogas units as fertilizers for cultivation of crops on various types of soils. The influence of the thermophilic and mesophilic operating modes of biogas unit and usage of various types of substrates (semi-liquid cattle slurry, liquid pig manure, liquid bird droppings) have been studied. In the conditions of sod-podzolic and sod-carbonate soils, the usage of effluent enabled to increase the yield of agricultural crops by 4.2-6.4% in a number of cases. The greatest yield increase was observed in cultivation of winter rye (6.4%), barley (4.2%) and corn for silage (4%). Application of effluent is especially effective on southern black soils, where the yield increase was 8-17.4%. The highest yield increase was observed in cultivation of oil radish (17.4%), spring rape (14.7%), corn for silage (11.3%), spring wheat (11.1%), vetchum mixture (8.5%). Despite the decrease of organic matter in the effluent due to biogas production, the main humus-forming substances and biogenic elements of plant nutrition were preserved. It should be noted that the level of readily available forms of nitrogen, as well as the content of amino acids, has increased in the substrate. The influence of temperature regime of anaerobic digestion on change in the properties of substrates has not been established.

### Bibliography

1. Sadchikov, A.V. Application of methane effluent for restoration of the natural cycle of agroecosystems / A.V. Sadchikov // *Achievements of modern natural science*. - 2017. - No. 1. - P. 72-76.
2. Tampioa, E. Agronomic characteristics of five different urban waste digestates / E. Tampioa, T. Salob, J. Rintala // *Journal of Environmental Management*. – 2016. – V. 169. – P. 293-302.
3. Nkoa, R. Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review / R. Nkoa // *Agronomy for Sustainable Development*. – 2014. – V. 34. – Is. 2. – P. 473-492.
4. Kuszal, M. Agricultural use of biogas digestate as a replacement fertilizers / M. Kuszal, E. Lorencowicz // *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. – 2015. – V. 7. – P. 119-124.
5. Cavalli, D. Nitrogen fertilizer replacement value of undigested liquid cattle manure and digestates / D. Cavalli, G. Cabassi, L. Borrelli, G. Geromel, L. Bechini, L. Degano, P.M. Gallina // *European Journal of Agronomy*. – 2016. – V. 73. – P. 34-41.
6. Short-term experiments in using digestate products as substitutes for mineral (N) fertilizer: agronomic performance, odours, and ammonia emission impacts / C. Riva, V. Orzi, M. Carozzi, M. Acutis, G. Boccassile, S. Lonati, F. Tambone, G. D'Imporzano, F. Adani // *Science of The Total Environment*. – 2016. – V. 547. – P. 206-214.
7. Kumar, S. Biogas Slurry: Source of Nutrients for Eco-friendly Agriculture / S. Kumar, L.C. Malav, M.K. Malav, S.A. Khan // *International Journal of Extensive Research*. – 2015. – V. 2. – P. 42-46.
8. Hélias, A. Use of fertilizing residues by agricultural activities in LCA studies / A. Hélias, D. Brockmann // *Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector*. – 2014. – P. 523-532.
9. Assessment of biofertilizer quality and health implications of anaerobic digestion effluent of cow dung and chicken droppings / M.I. Alfa, D.B. Adie, S.B. Igboro, U.S. Oranusi, S.O. Dahunsi, D.M. Akali // *Renewable Energy*. – 2014. – V. 63. – P. 681-686.
10. Comparetti, A. Current state and future of biogas and digestate production / A. Comparetti, P. Febo, C. Greco, S. Orlando // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. – 2013. – V. 19. – №1. – P. 1-14.
11. Eickenscheidt, T. Short-term effects of biogas digestate and cattle slurry application on greenhouse gas emissions affected by N availability from grasslands on drained fen peatlands and associated organic soil / T. Eickenscheidt, A. Freibauer, J. Heinichen, J. Augustin, M. Drösler // *Biogeosciences*. 2014. – V. 11. – Is. 12. – P. 6187-6207.
12. Recycling of biogas digestates in plant production: NPK fertilizer value and risk of leaching / T.A. Sogn, I. Dragicevic, R. Linjordet, T. Krogstad, V.G.H. Eijsink, S. Eich-Greatorex // *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. – 2018. – V. 7. – Is. 1. – P. 49–58.
13. Comparative fertilizer properties of digestates from mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of dairy manure: focusing on plant growth promoting bacteria (PGPB) and environmental risk / G. Qi, Z. Pan, Y. Sugawa, F.J. Andriamanohiarisoamanana, T. Yamashiro, M. Iwasaki, K. Kawamoto, I. Ihara, K. Umetsu // *Journal of Material Cycles and Waste Management*. – 2018. – P. 1-10.
14. Comparative assessment of bio-fertiliser quality of cow dung and anaerobic digestion effluent / M. Mukhuba, A. Roopnarain, R. Adeleke, M. Moeletsi, R. Makofane // *Cogent Food & Agriculture*. – 2018. – V. 4. – 1435019.
15. Tarasov, S.I. Agroecological efficiency of anaerobically fermented manure / S.I. Tarasov, G.E. Merzlaya // *Soil Fertility*. - 2014. - №4. - P. 37-39.