

А. Н. Лицкевич, зав. лаб.

М. В. Гулькович, м. н. с.

О. А. Черничко, м. н. с.

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси
ул. Московская, 204/1-1, г. Брест, Республика Беларусь, 224020

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В КАЧЕСТВЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ УДОБРЕНИЙ

Рассматривается возможность применения осадков сточных вод молокоперерабатывающих предприятий в качестве сырья для получения нетрадиционных органических удобрений. Представлены результаты исследований качественных характеристик осадков молокоперерабатывающих предприятий, подтверждающие их высокую удобрительную ценность. Приведены результаты микробиологического исследования осадка сточных вод, которые показывают несоответствие сырого осадка санитарно-гигиеническим нормативам, что требует обязательного обеззараживания перед использованием его в сельском хозяйстве. Предложен способ получения органического удобрения на основе осадка путем компостирования с добавлением отхода свеклосахарного производства (дефеката). Показано, что использование органического удобрения на основе осадка сточных вод и дефеката повышает урожайность растительной продукции.

Ключевые слова: осадки сточных вод, утилизация осадков, нетрадиционные удобрения, компостирование, тяжелые металлы.

Постановка проблемы. Одной из ключевых эколого-экономических проблем в Республике Беларусь является рациональное обращение с отходами производства и других сфер хозяйственной деятельности.

Масштабы производственной деятельности в регионах Беларуси с каждым годом возрастают и, соответственно, увеличивается образование отходов. Так, любая степень очистки производственных сточных вод связана с выделением осадков, которые, накапливаясь в больших объемах, представляют серьезную экологическую угрозу. В связи с этим возникает проблема использования осадков сточных вод (ОСВ) и их побочных продуктов. Как уменьшить довольно большие эксплуатационные расходы на очистных станциях, а может быть, добиться их самоокупаемости и даже рентабельности?

ОСВ представляют собой примеси в твердой фазе, выделенные из воды в результате механической, физико-химической и биологической очистки или сочетания этих методов. По своему химическому составу ОСВ могут служить удобрением для сельскохозяйственных культур. Однако, по литературным данным, имеется ряд ограничений использования их в этом направлении (наличие в них тяжелых металлов и др.). В каждом конкретном случае требуется специфический подход к использованию ОСВ, так как каждое предприятие имеет осадки определенного качества, количества и состава.

Опыт утилизации ОСВ в ФРГ, США, Франции, Финляндии и ряде других стран свидетельствует о том, что при наличии эффективной технологии обработки осадков и контроле за их применением большая часть ОСВ (до 60 %) может быть использована в качестве удобрения в сельском хозяйстве, в городском озеленении, а также при рекультивации земель, лесовосстановительных и других работах.

В таких странах, как Нидерланды, Бельгия и Швейцария, сельскохозяйственное использование ОСВ запрещено или ограничено, поэтому осадок сжигают. В других странах (например, в Эстонии и Норвегии) компостируемый осадок применяется для благоустройства зеленых зон. В некоторых странах, например, в Исландии, Мальте и Греции, весь осадок вывозится на полигоны ТБО. В России и Беларуси распространен сбор осадка в илонакопителях [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Многочисленные исследования показали, что ОСВ содержат большое количество соединений азота и фосфора и, как правило, мало калия. В литературе [2–4] приводятся следующие колебания в содержании основных элементов питания осадков: по азоту – 0,8–7,65 %, фосфору – 0,6–5,6 %, калию – 0,1–2,83 %.

Высокое содержание органического вещества и ценных питательных компонентов для растений в осадках позволяет рассматривать их в качестве заменителей традиционных органических удобрений [5, 6].

При этом большое внимание уделяется содержанию в осадке тяжелых металлов (ТМ), поскольку именно они в большей степени оказывают негативное воздействие на окружающую среду [7, 8].

За последние несколько лет разработаны различные способы получения нетрадиционных удобрений из ОСВ. Предложен способ переработки ОСВ [9], включающий перевод осадка в пастообразное состояние путем перемешивания с пастообразующим агентом (биокомпост, древесные опилки, торф, полуперепревший навоз), последующее формирование гранул и их сушку. Полученные таким образом гранулы характеризуются высокой долей биологически ценных веществ в единице объема и обладают повышенной способностью к ускоренному

механическому разрушению после внесения в почву.

Известен способ получения органического удобрения на основе ОСВ и хвойно-лиственного опила [10]. В качестве сорбента после термофильной стадии добавляют органические отходы в виде отработанного грибного субстрата или плодоовощных отходов, взятые в количестве 10–12,5 % по массе сухого вещества. Применение органических отходов в качестве добавок для снижения степени загрязнения и токсичности нетрадиционных удобрений является безвредным для окружающей среды, благоприятно сказывается на агрохимических свойствах удобрения и снижает подвижность ТМ в компосте.

После обработки ОСВ химическим реагентом, в качестве которого используются сточные воды производства карбамидоформальдегидных смол, и его обезвоживания осадок может быть утилизирован как удобрение в сельском хозяйстве [11].

В УО «Белорусский государственный технологический университет» разработан способ переработки ОСВ с получением удобрения,

включающий обработку осадков материалами с высокой адсорбционной способностью, механическое обезвоживание и сушку [12].

Несмотря на большой интерес, проявленный к осадкам как вторичному сырью, на настоящий момент удобрения на основе ОСВ являются новыми и пока малоизученными, что нередко создает неоднозначное к ним отношение.

Постановка задачи и ее решение. Целью исследований являлось изучение качественных характеристик ОСВ очистных сооружений молокоперерабатывающих предприятий как потенциальных ингредиентов нетрадиционных органических удобрений.

Удобрительную ценность ОСВ молокоперерабатывающих предприятий определяли по следующим показателям (см. табл. 1): рН_{KCl}, содержание сухого вещества, органического вещества, золы, общего азота, который включает азот органических соединений, нитратный (N–NO₃) и аммонийный азот (N–NH₄), подвижного фосфора (P₂O₅) и калия (K₂O).

Таблица 1 – Качественные характеристики ОСВ молокоперерабатывающих предприятий

ОСВ	Влажность, %	рН	Орг. в-во, %	N, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %
ОАО «Березовский сыродельный комбинат» (флотошлам)	86,12	6,2	79,7	4,15	1,86	2,49
ОАО «Березовский сыродельный комбинат» (избыточный активный ил)	98,15	6,4	97,0	0,90	4,72	3,39
ОАО «Верхнедвинский маслосырзавод»	82,96	5,1	92,59	4,03	1,48	0,87
ОАО «Щучинский маслосырзавод»	85,46	5,7	77,05	2,11	2,75	0,91

ОСВ в качестве удобрений могут использоваться при разном уровне влажности. Влажность исследованных осадков значительна. Наибольшую влажность (98,15 %) имеет избыточный активный ил ОАО «Березовский сыродельный комбинат». Значения влажности образцов ОСВ остальных молокоперерабатывающих предприятий находятся в пределах 82,96–86,12 %.

Одним из требований к ОСВ для их использования в качестве сырья с целью получения

удобрений является массовая доля органических веществ в сухом веществе, которая должна составлять не менее 20% [13]. Все изученные образцы ОСВ характеризуются высоким содержанием органического вещества, значения которого находятся в пределах 77,05–97,0 %.

Основными компонентами органической части ОСВ являются белково-, жиро- и углеводоподобные вещества; при этом значительную долю составляют белки (см. табл. 2).

Таблица 2 – Основной состав ОСВ молокоперерабатывающих предприятий

ОСВ	Сырой протеин, %	Сырой жир, %	Сырая клетчатка, %
ОАО «Березовский сыродельный комбинат» (флотошлам)	36,995	5,52	6,14
ОАО «Березовский сыродельный комбинат» (избыточный активный ил)	21,435	1,055	6,97
ОАО «Щучинский маслосырзавод»	36,84	3,77	4,3

Согласно [13] ОСВ можно использовать в качестве удобрений при реакции среды (рН_{KCl}) осадков в пределах 5,5–8,5. Осадки, имеющие значение реакции среды (рН вытяжки) более 8,5, могут применяться на кислых почвах в качестве организоизвестковых удобрений. Реакция среды исследованных осадков составляет 5,1–6,4. При использовании ОСВ с низким значением рН в

качестве удобрения необходимо повышать реакцию среды с помощью высокощелочных реагентов (например, извести).

Содержание общего азота в исследованных осадках изменяется в диапазоне от 0,90 до 4,15 %, а подвижных соединений фосфора – от 1,48 до 4,72 %. Согласно [13] содержание общего азота и фосфора в осадках должно быть не менее 0,6 и 1,5 %

соответственно. При старении осадков в процессе хранения фосфор практически полностью сохраняется. Применение ОСВ, имеющих небольшой запас доступного калия, должно сопровождаться дополнительным внесением в почву минерального калия.

Качество осадков в отношении ТМ определяли по содержанию следующих элементов: кадмия,

хрома, меди, цинка, никеля, свинца, кобальта и марганца (таблица 3). Содержание всех ТМ в исследованных осадках не превышает установленных для них ПДК. В этом случае приоритетным загрязнителем признается металл, содержание которого больше других приближено к ПДК. Таковым для всех исследованных образцов ОСВ является цинк.

Таблица 3 – Содержание ТМ в ОСВ молокоперерабатывающих предприятий

ОСВ	Концентрация элемента в абсолютно сухой массе, мг/кг							
	Pb	Cd	Zn	Cu	Mn	Ni	Co	Cr
ОАО «Березовский сыродельный комбинат» (флотошлам)	5,77	0,035	38,87	1,21	36,20	6,03	0,85	7,52
ОАО «Березовский сыродельный комбинат» (избыточный активный ил)	1,01	0,015	14,50	1,12	4,68	0,61	0,14	6,78
ОАО «Верхедвинский маслосырзавод»	1,54	–	26,30	18,10	35,62	4,02	–	9,99
ОАО «Щучинский маслосырзавод»	0,76	0,03	31,40	3,79	13,49	1,57	0,28	10,68
ПДК для почв (валовые формы) [14]	32	0,5	55	33	–	20	20	100
ПДК, установленная для осадков группы I [13]	250	15	1750	70	–	200	–	500

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод, что ОСВ молокоперерабатывающих предприятий – надежный источник пополнения запасов органического вещества, азота и фосфора в почве, а дефицит по калию легко устраним при дополнительном внесении этого элемента в виде минеральных удобрений.

Однако использование в сельском хозяйстве ОСВ связано с рядом санитарно-гигиенических проблем. Одна из них – потенциально высокое содержание патогенной и условно-патогенной микрофлоры. В ОСВ могут содержаться: шигеллы, сальмонеллы, микобактерии, вирусы и др. Поступив в почву вместе с осадками, патогены долго сохраняются в окружающей среде, что приводит к ухудшению санитарно-гигиенических показателей в почве. В настоящее время нормирование ОСВ проводится по наличию БГКП и патогенной микрофлоры [13, 14]. Содержание санитарно-показательных бактерий в ОСВ ОАО «Щучинский

маслосырзавод» отражено в табл. 4.

Из исследуемого образца ОСВ не было выделено патогенных энтеробактерий родов *Salmonella* и *Shigella*.

Титр БГКП составил в нем 0,000001 при норме не <0,01 [13].

Использование технологии компостирования позволит увеличить содержание твердой фазы, стабилизировать органическую составляющую, уменьшить содержание ТМ и обеспечить максимальное обеззараживание ОСВ.

Применив данный технологический прием, нами было получено органическое удобрение на основе ОСВ ОАО «Щучинский маслосырзавод».

Для создания пористой структуры и необходимой влажности компостирование ОСВ осуществляли с наполнителем, в качестве которого был использован отход свеклосахарного производства (дефекат ОАО «Скидельский сахарный комбинат») в количестве 15 % по массе на естественную влажность.

Таблица 4 – Санитарно-показательные бактерии в ОСВ

Образец	Титр БГКП	Титр энтерококков	Патогенные бактерии, в т.ч. сальмонеллы	Титр <i>Cl. perfringens</i>
ОСВ сырой ОАО «Щучинский маслосырзавод»	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	0	0,1
Гигиеническая норма для почв [15]	1,0 и выше	1,0 и выше	0	0,01 и выше
Норма для ОСВ [13]	0,01 (ОСВ I группы) 0,001 (ОСВ II группы)	-	-	-

Использование технологии компостирования позволит увеличить содержание твердой фазы, стабилизировать органическую составляющую, уменьшить содержание ТМ и обеспечить максимальное обеззараживание ОСВ.

Дефекат (фильтрационный осадок) представляет собой отход сахарного производства; образуется в процессе очистки диффузионного сока, включающего предварительную и основную дефекацию, I и II сатурации, сульфитацию и промежуточные фильтрации сока. Фильтрационный осадок состоит, главным образом, из углекислого кальция (до 70 % и более).

Высокое содержание в составе дефеката углекислой и едкой извести позволяет его применять для обеззараживания ОСВ и получения почвоулучшающей добавки, обладающей известкующим эффектом.

Результаты химического анализа дефеката ОАО «Скидельский сахарный комбинат» показали, что содержание органического вещества составляет 19,68 %, общего азота – 0,45 %, подвижного фосфора и калия – 0,035 % и 0,019 % соответственно; рН данного вида отходов находится в диапазоне 8,96–9,7.

В сухом веществе полученного органического удобрения содержалось 52 % органического вещества, 2,0 % общего азота, 1,8 % подвижных

соединений фосфора и 0,9 % подвижных соединений калия при рН 6,8.

Опытный образец органического удобрения соответствовал гигиеническим нормативам для почв.

Эффективность применения полученного органического удобрения на основе ОСВ была изучена на дерново-подзолистой супесчаной почве при возделывании кукурузы сорта «Полтава 202 СВ». В схему опыта включен вариант с традиционной системой выращивания кукурузы (эталон) и 2 варианта с экспериментальным удобрением. Расчет доз органического удобрения проведен по потребности в азоте сельскохозяйственной культуры – кукурузы.

Результаты полевых опытов показали, что органическое удобрение на основе ОСВ ОАО «Щучинский маслосырзавод» повышает урожайность зеленой массы кукурузы на 11,4 % в дозе 80 кг N/га (см. табл. 5). При этом отмечено, что процент прибавки урожая не адекватен увеличению дозы удобрения. При применении дозы органического удобрения 120 кг N/га прирост прибавки снижался в 4,5 раза. Качество зеленой массы кукурузы при использовании экспериментального удобрения оказалось на уровне варианта с применением минеральных удобрений (эталона).

Таблица 5 – Влияние органического удобрения на основе ОСВ на урожай кукурузы

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая	
		ц/га	%
Эталон – N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	395	–	–
Органическое удобрение на основе ОСВ, доза 80 кг N/га	440	45	11,4
Органическое удобрение на основе ОСВ, доза 120 кг N/га	405	10	2,5
HCP ₀₅	14,33	–	–

Выводы. В результате проведенных исследований установлено:

1. Высокое содержание органического вещества и ценных питательных компонентов для растений в ОСВ молокоперерабатывающих предприятий делает возможным их использование для получения нетрадиционных органических удобрений.

2. Компостирование ОСВ с добавлением дефеката позволило получить органическое удобрение, богатое питательными веществами, а по санитарно-бактериологическим показателям – безопасное для окружающей среды.

3. Эффективность органического удобрения на основе ОСВ и дефеката доказана полевыми опытами (получена прибавка урожайности кукурузы 11,4 % по отношению к эталону).

Авторы выражают особую благодарность сотрудникам лабораторий биохимии, лаборатории гидроэкологии и экотехнологий ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси Дашкевичу М. М., Чезловой О. Е., Басалай Е. Н. и Демянчуку А. Ф. за оказанную помощь при проведении исследований качественных характеристик ОСВ.

Литература

1. Обработка осадков сточных вод: полезный опыт и практические советы / Ян-Эрик Люфт [и др.] – 2012. – 125 с.
2. Мерзлая Г. Е. Экологическая оценка осадка сточных вод / Г. Е. Мерзлая // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. – № 4. – С. 38–42.
3. Czekalo, J. Osady Sciewe zrodlem materii organicznej i skladnikow pokarmowych / J. Czekalo // Folia Univ. agr. Stetin. – 1999. – № 77. – Р. 33–38.
4. Проблема утилизации осадков сточных вод (ОСВ) в качестве удобрения сельскохозяйственных культур / А. Х. Куликова [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии: Научно-теоретический журнал. – 2007. – № 1 (4). – С. 8–18.

5. Анализ существующих способов и оборудования для утилизации осадков сточных вод и перспективы их использования в качестве удобрений для сельского хозяйства / О. Б. Вагуева [и др.] // Аграрная Россия. – 2013. – № 5. – С. 24–32.
6. Кириллов, Н. А. Перспективы использования осадков сточных вод для повышения продуктивности малогумусных почв / Н. А. Кириллов, Н. А. Фадеева // Экологически вестник Северного Кавказа. – 2015. – № 1. – С. 79–83.
7. Осадки сточных вод – источник поступления тяжелых металлов в сельскохозяйственные культуры / Д. Г. Свириденко [и др.] // Вестник РУДН. – 2015. – № 1. – С. 57–60.
8. Бушуев, Н. Н. Влияние внесения осадков сточных вод на загрязнение почв тяжелыми металлами / Н. Н. Бушуев, А. В. Шуравилин // Плодородие. – 2014. – № 4. – С. 40–41.
9. Пат : 2421288 Рос. Федерация : МПК⁷ В 09 В 3/00, С 05 F 7/00. Способ переработки осадка сточных вод / Лужков Ю. М., Воловик Е. Л. – № 2010114562/21 ; заявл. 13.04.10 ; опубл. 20.06.11, Бюл. № 17. – 6 с.
10. Пат : 2498969 Рос. Федерация : МПК⁷ С 05F 15/00. Нетрадиционное органическое удобрение / Бахтина Н. К., Мухортов Д. И., Малюта О. В., Романов Е. М. – № 2012105997/13 ; заявл. 20.02.12 ; опубл. 20.11.13, Бюл. № 32. – 5 с.
11. Пат : 5905 Респ. Беларусь : МПК⁷ С 02F 11/14. Способ стабилизации осадков сточных вод / Марцуль В. Н., Лихачева А. В., Каждан С. А., Савченко В. В.; заявитель и патентообладатель Бел. гос. технол. ун-т. – № а 19991050 ; заявл. 26.11.99 ; опубл. 30.03.04. – 3 с.
12. Пат : 14502 Респ. Беларусь : МПК⁷ С 02F 11/14. Способ переработки осадков сточных вод : / Соколов М. Т., Марцуль В. Н., Каждан С. А., Антипов С. В. ; заявитель и патентообладатель Бел. гос. технол. ун-т. – № а 20090162 ; заявл. 05.02.09 ; опубл. 30.06.11. – 5 с.
13. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений : ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. – [Введ. 23–01–01]. – М. : Госстандарт России, 2001. – 5 с.
14. Требования к сточным водам и их осадкам для орошения и удобрения : ГОСТ 17.4.3.05-86. – [Введ. 01–07–87]. – М., 1987–4 с.
15. Инструкция 4.2.10-12-9-2006. Методы санитарно-микробиологических исследований почвы : утв. пост. гл. гос. санит. врача 29–05–06. – Минск, 2006. –32 с.

Статья поступила в редакцию 05.04.2017

А. М. Ліцкевіч, М. В. Гульковіч, О. А. Чернічко

ВИКОРИСТАННЯ ОСАДІВ СТІЧНОЇ ВОДИ МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ В ЯКОСТІ НЕТРАДИЦІЙНИХ ДОБРІВ

Розглянуто можливість використання осадів стічної води молокопереробних підприємств як сировини для одержання нетрадиційних органічних добрив. Представлено результати досліджень якісних характеристик осадів молокопереробних підприємств, які підтверджують їх високу удобрювальну цінність. Приведено результати мікробіологічних досліджень осадів стічної води, які показують невідповідність сирого осаду вимогам санітарно-гігієнічних нормативів, що потребує обов'язкового їх знезараження перед використанням у сільському господарстві. Запропоновано спосіб одержання органічного добрива на основі осаду шляхом компостування з додаванням відходу цукрового виробництва (дефекату). Показано, що використання органічного добрива на основі осаду стічної води і дефекату підвищує урожайність рослинницької продукції.

Ключові слова: осади стічних вод, утилізація осадів, нетрадиційні добрива, компостування, важкі метали.

A. Litskievich, M. Gulkovich, O. Chernichko

USING OF SEWAGE SLUDGE DAIRY PLANTS AS NON-TRADITIONAL FERTILIZERS

The possibility of using sewage sludge dairy plants as raw material for non-traditional organic fertilizers is considered. The results of studies of qualitative characteristics of precipitation dairy plants, confirming their high fertilizing value, are presented. The results of the microbiological examination of sewage sludge are given, which showed a discrepancy of raw sludge sanitary regulations that require the mandatory disinfection before using it in agriculture. A method for producing an organic residue on the basis of fertilizer by composting with the addition of sugar production waste (defecate) is offered. It is shown that the use of organic fertilizers based on sludge wastewater and defecate increases the yield of plant products.

Keywords: sewage sludge, utilization of sewage sludge, non-traditional fertilizers, composting, heavy metals.