

УДК 502.52(210):502.13

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Ю.В. Жигарева

Тверская межобластная ветеринарная лаборатория, Тверь

Агроэкосистемы Тверской области испытывают постоянный дефицит органического вещества. В то же время происходит накопление многотоннажных органических отходов очистных сооружений в виде осадков сточных вод (ОСВ), которые можно использовать в качестве органических удобрений под различные сельскохозяйственные культуры. Использование ОСВ на удобрения позволит сохранить значительное количество минеральных туков, уменьшит дефицит гумуса. Внесение ОСВ в дозах, не превышающих 60 т/га, не приводит к повышению содержания в почве тяжелых металлов. Максимальный урожай клубней на дерново-подзолистой супесчаной почве получен на фоне дозы ОСВ 60 т/га и смеси ОСВ с минеральными удобрениями. При этом на фоне доз ОСВ дозах 20-60 т/га под картофель, не отмечено избыточного накопления в клубнях тяжелых металлов.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, осадки сточных вод, плодородие почв, качество клубней, картофель, почва, органические удобрения, компосты*

Введение. Проблема накопления отходов является острой экологической проблемой нашего времени, так как при размещении в отвалах они являются источником загрязнения окружающей среды. Между тем, некоторые отходы, в том числе осадки сточных вод (ОСВ) могут успешно использоваться в сельскохозяйственном производстве, что приобретает важное экологическое, экономическое и энергосберегающее значение (Бадмаев, 2006). ОСВ представляют собой отдельный вид отходов, образование которого в условиях городов составляет 30-45% от общего количества отходов производства и потребления (Благовещенская и др., 1989).

В настоящее время снижение объемов внесения в почву традиционных видов органических удобрений заставляет искать новые энергосберегающие подходы к проблеме стабилизации и воспроизводства органического вещества почвы и в целом почвенного плодородия. Решение проблемы возможно за счет применения

вторичного сырья, осадков сточных вод или компостов на их основе, которые являются высоко биологически активными, содержат в своем составе большое количество органического вещества, азота, зольных элементов, что позволяет использовать его в сельском хозяйстве в качестве органического удобрения (Винокурова, 1999).

Однако необходимо учитывать, что применение отходов может сопровождаться серьезнейшими негативными процессами, отражающимися на всех компонентах агроэкосистемы – почве, фитоценозе, атмосфере, грунтовых и поверхностных водах. Ненормированное применение ОСВ может привести к загрязнению почв и растительной продукции тяжелыми металлами и органическими поллютантами (Алексеева, 2002). Причем степень загрязнения будет зависеть как от химического состава отхода, от регламента их применения (доз, способов, периодичности внесения, сочетания с другими агрохимикатами и т.д.) (Мерзлая и др., 2012). Помимо этого, существенные колебания химического и биологического состава осадков сточных вод, как в разные годы, в разных городах, так и в пределах одного очистного сооружения затрудняет обеспечение их эффективного использования (Байбсков и др., 2013). В то же время, регулируя указанные параметры, можно свести уровень потенциального негативного воздействия на окружающую среду к допустимому (Ориентировочно-допустимые..., 2006; Временный..., 2017). Отсутствие четкого научного обоснования условий эффективного использования ОСВ, также является сдерживающим фактором их применения.

Как у нас в стране, так и за рубежом разрабатываются приемы, связанные с производством различных органических компостов на основе ОСВ. Компонентами компостов могут быть материалы, которые имеются в определенном регионе (Гладких, 2009; Хабарова, 2015). Применительно к Тверской области в качестве таковых можно рассматривать торф, сапрпель, опилки, солому, побочные продукты растениеводческой продукции. Такие материалы в процессе компостирования с ОСВ разогреваются, температура компоста может повышаться до 65-75°C, что способствует гибели патогенной микрофлоры (Андрющенко, 2009). При этом органическое вещество многих трудно разлагаемых компонентов смесей подвергается воздействию микроорганизмов ОСВ и в нем наблюдается процесс ускоренной гумификации (Дорошкевич, 2002).

По данным ФГБУ «ЦАС Тверской» в настоящее время в Тверской области на 1 га посевной площади вносится в среднем не более одной тонны органических удобрений, тогда как потребность в них составляет от 6-10 т/га, в зависимости от возделываемой культуры

и уровня плодородия конкретного поля. Такая же обеспеченность данными удобрениями характерна и в целом для всей Нечерноземной зоны.

Общая масса накопившихся ОСВ в г. Твери оценивается в 120 тыс. т. Поэтому основное направление наших исследований заключалось в обосновании возможности применения ОСВ г. Твери в сельскохозяйственном производстве в качестве органического удобрения, в обоснованных дозах, позволяющих улучшать основные показатели плодородия дерново-подзолистых почв и повышать продуктивность сельскохозяйственных культур при наименьших затратах.

Методика. Исследования были проведены в 2015 и в 2016 годах в полевом опыте, заложенном на дерново-подзолистой среднеподзолистой супесчаной почве. Агрохимическая характеристика почвы пахотного слоя (0-20 см): содержание гумуса – 2,2%; рН_{сол.} – 5,6; содержание подвижного фосфора (P₂O₅) – 214 мг/кг, обменного калия (K₂O) – 128 мг/кг почвы; степень насыщенности основаниями – 72,7%. В схему опыта были включены варианты со смесью ОСВ и торфом. Для сравнения были выбраны варианты с абсолютным контролем, навозом и полной дозой NPK.

Схема двух опыта состояла их восьми вариантов: 1. контроль (без удобрений); 2. навоз 20 т/га; 3. N₉₀P₆₀K₆₀; 4. ОСВ 20 т/га; 5. ОСВ 40 т/га; 6. ОСВ 60 т/га; 7. ОСВ 20 т/га + торф 10 т/га; 8. ОСВ 20 т/га + N₉₀P₆₀K₆₀.

Таблица 1
Химический состав исследуемых органических субстратов

Удобрение	рН _{сол.}	Содержание в абс.сух.ве-ве, %					C/N
		Сорг. в-ва	Нобщ.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Зола	
ОСВ	7,87	67,2	3,93	1,12	0,37	47,2	19,5
навоз	7,51	38,3	2,5	1,24	2,33	15,3	22,5
торф	3,92	76,0	1,96	0,22	0,04	11,0	22,0

Навоз и торф брали в учхозе «Сахарово» Тверской ГСХА. В опытах использовали свежий ОСВ, отобранный со станции очистки канализационных вод Большие Перемерки г. Твери. Повторность в опытах 4-х кратная, размер опытной делянки 10 м², расположение рендомизированное. В качестве объектов исследования использовали картофель и ячмень. В данной статье обсуждали результаты исследования по картофелю. Агротехника возделывания культур была

общепринятой для региона. Полученные результаты исследований подвергали статистической обработке методами дисперсионного анализа (Доспехов, 1985). Статистическую обработку результатов полевых опытов проводили на персональном компьютере с использованием Excel 2007, AGROS версия 2.06. Различия достоверны на 5%-ом уровне значимости, или при $p \leq 0,05$, то есть мы имеем виду, что вероятность того, что они все-таки недостоверны, составляет 0,05.

В полевом опыте исследовали осадок сточных вод Тверских очистных сооружений, который представляет собой рассыпчатую однородную массу темно-серого цвета, обладающего рядом положительных свойств: зольность 67,2%, слабокислая реакция. ОСВ по химическому составу существенно отличался от навоза, превосходил по содержанию органического вещества (67,2%) и азота (3,43%). Но по обеспеченности калием ОСВ (0,27%) уступает навозу (2,33%). При оценке содержания микроэлементов в составе ОСВ особое внимание было уделено ПДК тяжелых металлов, которые будут определять степень загрязнения почв и растений. В составе ОСВ определяется значительное количество кадмия, меди, марганца, хрома и цинка, содержание остальных элементов находилось в пределах допустимой нормы. Содержание ТМ в ОСВ (мг/кг): Pb -12,99, Cd-0,39, Zn-78,4, Cu-40,3, Ni-5,5, Cr-4,7, Mn-240,9, As-0,6, Hg-0,14. По метеорологическим условиям вегетационные периоды, в которые проводились исследования, были типичными для Тверской области и позволяли проведение запланированной агротехники.

Результаты и обсуждение. Использование ОСВ в смеси с торфом в весовых частях 2:1 (расчет на воздушно-сухую массу) привело к снижению зольности получаемого компоста и ухудшало соотношение между основными элементами питания. В полученном компосте отмечалось некоторое снижение содержания общего азота (до 0,86%), калия (до 0,45%) и фосфора (до 1,51%), при соотношении между элементами было неизменным.

Все изучаемые в опыте органические удобрения обеспечивали повышение содержания нитратного азота в дерново-подзолистой супесчаной почве. В 1-ый год их применения под картофель наибольшее его количество в почве отмечалось на варианте с ОСВ в дозе 60 т/га, а минимальное - на фоне навоза (1,6 и 0,76 мг/кг почвы соответственно). К концу вегетационного периода картофеля оно достигло своего максимума и составило 3,3 мг/кг для ОСВ в дозе 60 т/га, 2,1 мг/кг на фоне внесения смеси ОСВ с торфом. Преимущество ОСВ в повышении содержания нитратного азота почвы обусловлено более высоким исходным содержанием азота в ОСВ. Во 2-ой год исследований на фоне ОСВ наблюдалось снижение нитратного азота на всех вариантах.

Наибольшее влияние на накопление в почве подвижного фосфора оказало внесение НРК. К концу вегетации растений содержание фосфора на всех вариантах несколько снизилось, но оставалось значительно выше контроля. В конце 2-го года последействия удобрений влияние ОСВ, как в чистом виде, так и совместно с другими компонентами компоста было более заметным на содержании в почве подвижных фосфатов, по сравнению с навозом. Максимальное количество подвижного фосфора к концу вегетации выявлено на вариантах с ОСВ в дозе 60 т/га и ОСВ 20 т/га +НРК.

Динамика изменения содержания калия в почве опыта заключалась в постепенном снижении его количества от середины периода вегетации к её концу. Больше всего K_2O в первый год действия удобрений отмечено в почве варианта ОСВ+ НРК - 140,2 мг/кг почвы. После внесения ОСВ 60 т/га количество калия увеличилось до 136,1 мг/кг почвы, по навозному фону до 137,3 мг/кг почвы. Основная причина невысокого увеличения в почве калия от ОСВ заключается в низком содержании его в самом осадке. Начиная со 2-го года последействия удобрений, больше всего калия отмечено в почве варианта ОСВ + НРК.

Таблица 2

Влияние смесей на основе ОСВ
на валовое содержание ТМ в почве

№	Вариант опыта	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
		Pb	Cd	Cu	Zn	Cr	As
1	Контроль	4,12	0,14	5,86	30,60	4,41	0,9
2	Навоз- 20 т/га	4,66	0,22	6,82	37,16	5,03	1,2
3	$N_{90}P_{60}K_{60}$	4,52	0,20	6,68	35,19	4,82	1,2
4	ОСВ- 20 т/га	5,14	0,35	12,58	38,74	5,22	1,4
5	ОСВ- 40 т/га	6,58	0,47	18,62	49,21	5,98	1,6
6	ОСВ- 60 т/га	8,19	0,52	25,23	62,15	6,89	1,8
7	ОСВ-20 т/га + торф 10т/га	5,21	0,37	14,18	40,23	5,34	1,5
8	ОСВ 20 т/га + $N_{90}P_{60}K_{60}$	5,32	0,40	15,02	41,14	5,62	1,5
	НСР ₀₅	0,32	0,09	0,33	2,04	0,25	0,12

Оценка содержания тяжелых металлов показала, что внесение ОСВ независимо от дозы не привело к избыточному их накоплению в почве. Минимальное содержание находилось на контроле, количество меди, свинца и цинка не превышало 5-7,5% ПДК, наибольшим было содержание кадмия. В варианте ОСВ+ торф, ОСВ в дозах 40 и 60 т/га обусловило увеличение содержания свинца в сравнении с контролем на 1,09, 2,46 и 4,07 мг/кг, однако, во всех случаях содержание ТМ не превышает ПДК (табл. 2).

Содержание подвижных форм тяжелых металлов было

значительно ниже ПДК. После уборки картофеля содержание подвижных форм меди снизилось в 1,4 раза, свинца и цинка – в 1,3 раза, кадмия – в 1,5 раза, хрома – в 1,6 раза.

Результаты по урожайности картофеля свидетельствуют о значительном положительном влиянии ОСВ в год внесения в почву. Наибольшая урожайность (196,2 и 199,0 ц/га) была на варианте 6. Вар. ОСВ 60 т/га и 8. ОСВ 20 т/га + N₉₀P₆₀K₆₀ соответственно. Лишь немного ниже она оказалась при внесении ОСВ в дозе 40т/га. Если учесть, что в почву поступило одинаковое количество НРК с навозом, то ОСВ в дозе 20т/га и N₉₀P₆₀K₆₀ имели преимущество, обеспечив прибавку урожая картофеля на 8,7 и 13,3% (табл. 3).

Таблица 3
Влияние ОСВ на урожайность картофеля, ц/га

Вариант опыта	Урожай клубней картофеля	Прибавка ± к контролю*	
		ц/га	%
1.Контроль	113,5	-	-
2.Навоз- 20 т/га	147,7	34,2	30,1
3. N90P60K60	167,3	53,8	47,4
4.ОСВ- 20 т/га	160,5	47,0	41,4
5. ОСВ -40 т/га	182,4	68,9	60,7
6.ОСВ- 60 т/га	196,2	82,7	72,9
7.ОСВ-20 т/га + торф 10т/га	168,1	54,6	48,2
8. ОСВ 20 т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	199,0	85,5	75,3
НСР ₀₅	13,2		

Содержание тяжелых металлов в урожае картофеля является важным показателем биологического и санитарного качества получаемой продукции. Анализ клубней картофеля не выявил ни по одному из исследованных поллютантов, согласно требованиям СанПиНа, превышения ПДК. Отметим, что в клубнях полностью отсутствовало наличие ртути и мышьяка. Ближе всего к ПДК находилось содержание кадмия, в зависимости от дозы ОСВ соответственно 0,016-0,022 мг/кг, при ПДК на него в 0,03мг/кг. Картофель оказался устойчивым на прямое внесение ОСВ. На этой культуре не прослеживалось даже зависимости между содержанием тяжёлых металлов в клубнях и дозами осадка. На фоне 20 и 60 т/га ОСВ количество кадмия было 0,016 и 0,019 мг/кг соответственно, однако и на контроле оно составляло 0,019мг/кг. Лишь на варианте с внесением

смеси ОСВ и торфа выявлен рост количество кадмия до 0,022 мг/кг.

Содержание цинка возрастало по сравнению с контролем в 2,0–2,3 раза, меди – 2,0–2,1 раза, свинца – в 2,1–2,7 раза, никеля – в 3,0–3,3 раза, кадмия – в 2,3 раза. Однако содержание тяжелых металлов в клубнях в первый год действия ОСВ было ниже ПДК в 1,5–3,0 раза.

Заключение. Таким образом, обобщая в целом полученные результаты, можно сделать вывод, что картофель не испытывал негативного воздействия от применения ОСВ. Внесение ОСВ приводит к повышению в почве подвижных форм азота и фосфора, что способствует улучшению пищевого режима и увеличению запасов подвижных фосфатов. Включение в систему удобрений ОСВ или их смеси с торфом или минеральными удобрениями не приводят к загрязнению почвы тяжелыми металлами. Максимальную прибавку урожая клубней на дерново-подзолистой супесчаной почве обеспечила доза ОСВ 60 т/га и смесь ОСВ с минеральными удобрениями. При этом на фоне доз ОСВ дозах 20-60 т/га под картофель, не отмечено избыточного накопления в клубнях тяжелых металлов.

Список литературы

- Алексеева А.С.* 2002. Влияние применения нетрадиционных органических удобрений на накопление тяжелых металлов и биологическую активность дерново-подзолистых супесчаных почв: дисс. ... канд. биол. наук. М. 145 с.
- Андрющенко М.П.* 2009. Действие и последствие осадков сточных вод городских очистных сооружений на рост и развитие сельскохозяйственных культур // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: материалы научных чтений Рязань. С. 284-286.
- Бадмаев А.Б., Дорошкевич С.Г.* 2006. Влияние осадков городских сточных вод на биологическую активность аллювиальной дерновой почвы // Агрохимия. № 1. С. 62-66.
- Байбеков Р.Ф., Мерзлая Г.Е., Власова О.А., Налиухин А.Н.* 2013. Изучение удобрений на основе осадков сточных вод // Агрохимический вестник. № 6. С. 28-30.
- Благовещенская З.К., Грачева Н.К., Могиндович Л.С.* 1989. Утилизация осадка городских сточных вод // Химизация сельского хозяйства. № 10. С. 73-76.
- Винокурова Т.Е.* 1999. Мировая проблема переработки, утилизации и уничтожения осадков муниципальных сточных вод // Гидротехническое строительство, водное хозяйство и мелиорация земель на современном этапе: сборник материалов международной научно-практической конференции. Новосибирск. С. 15-16.
- Временный максимально-допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых

химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках. Режим доступа: <http://www.ecolan.com.ru/catalog/275/13673>.

Гладких Д.П. 2009. Влияние осадка сточных вод г. Твери на продуктивность зернопропашного звена севооборота и плодородие дерново-подзолистых супесчаных почв Центрального Нечерноземья: автореф. дисс. ... канд. с-х. н. Тверь. 24 с.

ГН 2.1.7.2042-06 «Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве», утвержденные Гл. гос. санитарным врачом РФ 19.01.2006 года. <http://www.docload.ru/tehnpadoc>

Дорошкевич С.Г., Убузунов Л.Л., Мангатаев Ц.Д., Бабмаев А.Б. 2002. Продуктивность и качество картофеля при использовании органоминеральных удобрительных смесей на основе осадков сточных вод и цеолитов // *Агрехимия*. № 8. С. 41-48.

Доспехов Б.А. 1985. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат. 351 с.

Мерзлая Г.Е., Налиухин А.Н., Власова О.А., Ханова Н.А. 2012. Влияние органических удобрений на урожайность льна и многолетних трав // Доклады ТСХА. Вып. 284. М.: Изд-во РГАУ–МСХА. С. 41-43.

Хабарова Т.В. 2015. Экологическая оценка применения осадка сточных вод и вермикомпостов на агрозёме торфяно-минеральном: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Рязань. 22 с.

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF SEWAGE SLUDGE IN THE CULTIVATION OF POTATOES

Yu.V. Zhigareva

Tver Interregional Veterinary Laboratory, Tver

Central Tver region experiencing constant lack of organic matter. At the same time, the accumulation of large-tonnage organic waste treatment facilities in the form of sewage sludge (OSV), which can be used as organic fertilizer for crops. The use of OSV on fertilizers will save a considerable amount of mineral fertilizers, would reduce the deficit of humus. Making OSV in doses not exceeding 60 t/ha, does not improve the content of heavy metals in the soil. The maximum yield of tubers on turf loamy sand soil received amid the OSV dose 60 t/ha and OSV mixture with mineral fertilizers. While background doses of OSV doses 20-60 t/ha under potatoes, no excessive accumulation of heavy metals in the tubers.

Keywords: *heavy metals, sewage sludge, soil fertility, tuber quality, potato, soil, organic fertilizers, composts*

Об авторе

ЖИГАРЕВА Юлия Викторовна – исполняющий обязанности директора, первый заместитель директора, ФГБУ «Тверская межобластная ветеринарная лаборатория», 170007, Тверь, ул. Шишкова, 100, e-mail: julija700014@mail.ru

Жигарева Ю.В. Агроэкологическая оценка эффективности сточных вод при возделывании картофеля / Ю.В. Жигарева // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2018. № 1. С. 194-202.