

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД В ЗВЕНЕ ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА

Е.А. Подолян, ФГБНУ ВНИИМЗ, И.Н. Барановский, д.с.-х.н., Тверская ГСХА, 170530, Тверская обл., Калининский р-н, п. Эммаус, д. 27 170904, Тверская область, г. Тверь, ул. Маршала Василевского (п. Сахарово), д. 7

Осадок сточных вод (ОСВ) по своему химическому составу может считаться полноценным органическим удобрением, что особенно важно в современных условиях снижения плодородия почв Нечерноземной зоны РФ, а также избыточного накопления осадка на иловых картах очистных сооружений. В европейских странах существует положительный опыт включения ОСВ в земледелие, где он используется в значительном объеме. В данной статье приводятся результаты полевого мелкоделяночного эксперимента по влиянию смесей свежего осадка сточных вод и органических наполнителей (торфа, опилок, соломы) на агрохимические показатели почвы, урожайность и содержание тяжелых металлов в зерне в сравнении с готовым компостом на основе ОСВ и контрольным вариантом опыта (без удобрений). По результатам химического анализа, ОСВ г. Твери не содержит избыточного количества тяжелых металлов. Растениеводческая продукция, полученная при удобрении исследуемыми смесями и компостом на основе ОСВ, по содержанию тяжелых металлов также соответствует современным нормам. Исследуемые смеси и компост обеспечили прибавку урожая (зеленой массы вико-овсяной смеси, зерна озимой ржи и ярового ячменя) по отношению к контрольному варианту на 25,8-98,3 %. Наиболее высокое количество элементов питания в почве наблюдалось при внесении смесей ОСВ : торф 1:1 и ОСВ : опилки 1:1. Готовый компост уступал смесям со свежим ОСВ в соотношении 1:1. Наблюдается тенденция к снижению NPK в почве в год последействия, вероятно, из-за потребления растениями питательных веществ на формирование урожая и с процессами трансформации в почве.

Ключевые слова: осадок сточных вод, органические удобрения, тяжелые металлы, плодородие почв.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.109.18

В последнее время возрастает роль экологичного потребления ресурсов. Тем не менее, для большинства видов отходов, к числу которых относится и осадок сточных вод, не существует должных путей переработки. На территории Российской Федерации накоплены десятки миллионов тонн токсичных и патогенных осадков, поэтому их ликвидация или переработка является национальной проблемой [5].

Возврат переработанных отходов в сельскохозяйственные и городские земли – важный элемент активного замыкания круговорота веществ [3]. В России в качестве удобрения используют не более 5 % осадков, несмотря на острый недостаток органических и высокую стоимость минеральных удобрений [2]. Это связано главным образом с тем, что ОСВ относят к биологически опасным отходам (второй – третий класс опасности), которые содержат ионы и соединения тяжелых металлов, патогенную микрофлору, яйца гельминтов [6].

Наиболее предпочтительным методом применения осадка сточных вод считается компостирование, способствующее существенному снижению содержания токсичных соединений и стабилизации органического вещества [4, 7, 9, 10]. Вместе с тем, компостирование требует достаточно больших технических и временных затрат. В связи с этим ведется разработка альтернативных технологий внесения ОСВ без компостирования, под предпосевную культивацию [2, 3], при этом трансформация удобрений будет происходить непосредственно в почве.

Цель наших исследований – изучить влияние свежего осадка сточных вод в смеси с органическими субстратами (опилками, торфом, соломой) на агрохимические показатели почвы, урожайность полевых культур и качество зерна.

Методика. Исследования были проведены на опытном поле Тверской государственной сельскохозяйственной академии в 2015-2017 гг. Почва экспериментального участка дерново-подзолистая супесчаная. Она имела слабокислую реакцию pH_{KCl} 5,7, обеспеченность подвижным фосфором – 241 мг/кг, обменным калием – 124 мг/кг почвы. Содержание гумуса в перегнойном горизонте 1,3%.

Смеси на основе осадка сточных вод с очистных сооружений г. Твери и органических наполнителей (соломы, опилок, низинного торфа, ржаной соломы) вносили единожды, в мае 2015 г. Для сравнения, помимо смесей со свежим ОСВ, в опыте был вариант с компостом, производимым на территории очистных сооружений. Схема опыта включала следующие варианты: 1) контроль – без удобрений, 2) ОСВ : опилки – 1:1, 3) ОСВ : опилки – 1:2, 4) ОСВ : опилки – 1:3, 5) ОСВ : торф – 1:1, 6) ОСВ : торф – 1:2, 7) ОСВ : торф – 1:3, 8) ОСВ : солома – 1:1, 9) ОСВ : солома – 1:2, 10) ОСВ : солома – 1:3, 11) компост на основе ОСВ. Повторность в опыте 4-кратная, размер делянки 4 м². Опытные культуры по годам: 2015 г. – вико-овсяная смесь, 2016 г. – озимая рожь, 2017 г. – яровой ячмень. В растительных и почвенных образцах определяли показатели по стандартным агрохимическим методикам.

Перед закладкой опыта анализировали химический состав компонентов указанных смесей (табл. 1).

1. Химический состав компонентов смесей

Показатель	ОСВ	Опилки	Торф	Солома	Компост
Влажность, %	67	69	61	12	52
pH	7,5	4,8	5,1	-	6,1
N _{общ.} , %	3,43	4,80	5,10	0,43	2,10
P ₂ O ₅ _{общ.} , %	1,70	0,46	0,35	0,80	0,33
K ₂ O _{общ.} , %	0,29	0,03	0,15	0,80	0,15
C _{орг.} , %	33,6	45,0	44,9	46,6	44,3
C/N	9,8	9,4	8,8	108,4	21,1

Содержание токсичных элементов в ОСВ соответствовало нормам ГОСТ Р 54651-2011 [1].

Результаты и их обсуждение. Изучаемые удобрения оказали существенное влияние на изменение содержания основных элементов питания растений в течение двух лет полевого опыта (табл. 2). Контрольный вариант отличался меньшим содержанием элементов питания, чем удобренные. Более высоким оно было в вариантах, где вносили ОСВ совместно с другими органическими субстратами в равном соотношении (ОСВ : опилки, ОСВ : торф, ОСВ : солома – 1:1). Это свидетельствует о том, что осадок, являющийся концентрированным видом удобрений, содержит необходимые для растений элементы питания. При внесении в почву в составе удобрительных смесей в таком соотношении он обеспечивает высокий уровень питательного режима.

В сравнении с контролем, в год прямого действия и последствия смесей и компоста на основе ОСВ, содержание в почве подвижного фосфора и минерального азота к концу вегетационного периода было большим и заметно отличалось от контрольного варианта. Так, в год прямого действия (2015) содержание подвижных форм минерального азота по сравнению с контролем возрастало от 9,5 до 15,9 мг/кг, подвижного фосфора – от 8,0 до 28,0 и обменного калия от 4,0 до 28,0 мг/кг. В 2016 г. к уборке максимальное количество минерального азота и калия отмечалось в варианте ОСВ : торф – 1:1. В сравнительном соотношении осадка сточных вод и органических субстратов более высокое количество элементов питания наблюдалось при внесении в почву ОСВ : торф – 1:1 и ОСВ : опилки – 1:1.

Концентрация макроэлементов в среднем снижалась в последующий год исследований, что связано с их потреблением на формирование урожая и с процессами трансформации в почве.

2. Влияние смесей и компоста на основе ОСВ на питательный режим пахотного слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы, мг/кг

Вариант опыта	N _{мин.}		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.
1. Контроль (б/у)	18,5	16,2	228	182	102	96
2. ОСВ:опилки – 1:1	34,2	28,5	254	215	112	106
3. ОСВ:опилки – 1:2	33	26,6	248	208	110	103
4. ОСВ:опилки – 1:3	30,7	23,3	236	203	106	98
5. ОСВ:торф – 1:1	34,4	30,3	251	212	124	116
6. ОСВ:торф – 1:2	32,3	27,8	250	209	129	108
7. ОСВ:торф – 1:3	31,6	24	240	197	114	102
8. ОСВ:солома – 1:1	30,3	24,4	250	210	130	113
9. ОСВ:солома – 1:2	29,2	23,5	248	206	123	109
10. ОСВ:солома – 1:3	28	22,2	242	195	120	106
11. Компост	31,1	29,1	256	214	125	115

Улучшение агрохимических показателей как следствие сказало на увеличении урожайности культур (табл. 3). Все удобрительные смеси, а также компост обеспечили прибавку урожая по отношению к контрольному варианту. Прибавка урожайности возрастает в зависимости от увеличения доли ОСВ в составе смеси. Таким образом, наибольшая масса урожая при использовании каждого из видов смесей отмечена в вариантах опыта, где соотношения ОСВ: органический субстрат – 1:1. Данная тенденция сохраняется на протяжении всех трёх вегетационных сезонов эксперимента, что связано с постепенной минерализацией внесенных удобрений в годы последствия. По отношению к виду дополнительного компонента в исследуемых смесях, лучший результат показало добавление к ОСВ торфа и опилок в отличие от смеси ОСВ с соломой в год прямо-

го действия. Готовый компост уступал смесям со свежим ОСВ в соотношении 1:1.

3. Влияние удобрений на основе ОСВ на урожайность культур в звене севооборота

№ варианта опыта	Вико-овсяная смесь		Озимая рожь		Ячмень	
	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, %	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, %	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, %
1	275	-	34,8	-	11,7	-
2	480	74,5	53,4	53,4	22,1	88,9
3	473	72,0	49,3	41,6	19,5	66,7
4	445	61,8	43,8	25,8	18,3	56,4
5	495	80,0	50,0	43,7	23,2	98,3
6	462	68,0	47,2	35,6	19,8	69,2
7	443	61,1	42,3	21,5	19,0	62,4
8	442	60,7	52,2	50,0	22,8	94,9
9	420	52,7	49,8	43,1	20,5	75,2
10	380	38,0	43,1	23,8	18,7	59,9
11	360	30,9	45,8	31,6	21,1	80,3
НСР ₀₅	21,3	-	2,3	-	1,0	-

Как отмечалось ранее, ОСВ содержит определенное количество токсичных химических соединений. В связи с этим стояла задача определить их содержание в полученном урожае, чтобы не возникала опасность производства растениеводческой продукции, не соответствующей показателям СанПиН 2.3.2. 1078-01 [8] и причиняющей вред здоровью. Полученные результаты анализа зерна озимой ржи и ярового ячменя показали, что внесение ОСВ в объеме, не превышающем 30 т/га в составе смеси с органическими субстратами – 1:1, не приводит к избыточному накоплению тяжелых металлов, но наблюдается тенденция к их увеличению.

Отмечена прямая зависимость между количеством внесенного осадка и содержанием тяжелых металлов в полученной продукции. Так, внесение ОСВ : опилки в соотношении 1:1 вызвало в первый год последствия накопление в зерне озимой ржи мышьяка – 0,07 мг/кг, меди – 4,2, цинка – 28,7, свинца – 0,17, кадмия – 0,03, кобальта – 0,56 мг/кг, в то время как снижение доли осадка в смеси ОСВ : солома – 1:3 привело к уменьшению соединений в зерне: мышьяка – на 0,01 мг/кг, меди – 1,5, цинка – 9,2, свинца – 0,73, кадмия – 0,01 и кобальта – 0,19 мг/кг. Схожая тенденция наблюдается и при применении смесей ОСВ с торфом, соломой. В компосте ввиду длительной заготовки меньше тяжелых металлов по сравнению со свежим ОСВ, что сказалось на их содержании в зерне.

Во второй год последствия наблюдается некоторое повышение концентрации тяжелых металлов в зерне ярового ячменя. Внесение ОСВ приводит к изменению основных физико-химических параметров почвы, что в свою очередь способствует, вероятно, переходу тяжелых металлов из труднодоступных форм в подвижные, которые неизбежно включаются в обмен веществ растений. Тем не менее, их концентрация в продукции не превышала отечественные нормы.

Выводы. ОСВ, внесенный в свежем виде совместно с органическими субстратами (торфом, опилками, соломой), является полноценным органическим удобрением и по эффективности не уступает готовому компосту на его основе. Осадок сточных вод в объеме 15-30 т/га (при общей дозе внесения смеси 60 т/га) увеличивает содержание основных элементов питания в почве. Вместе с тем, он не вызывает накопления тяжёлых ме-

таллов в зерне озимой ржи и ячменя выше гигиенических требований безопасности пищевых продуктов и обеспечивает значительную прибавку урожая относительно контроля.

Литература

1. ГОСТ Р 54651-2011 Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия.
2. Давыдов А.С., Воробьева Р.П. Почвенная утилизация осадков сточных вод – экологически безопасный способ повышения плодородия и охраны земель // Природообустройство. – 2008. – №5. – С. 38-42.
3. Дорошкевич С.Г., Убузнов Л.Л. Влияние органоминеральных удобрительных смесей на основе осадков сточных вод и цеолитов на агрохимические свойства аллювиальной дерновой почвы // Агрохимия. – 2002. – №4. – С. 5-10.
4. Матюхин М.С. и др. Опыт утилизации осадка сточных вод / М.С. Матюхин, С.Д. Карякина, Ю.А. Мажайский, А.Н. Костякова, А.В. Карякин // Плодородие. – 2018. – №4. – С. 56-58.

5. Нефедов Б.К., Ермилов В.В. Реагентная технология обезвреживания осадков сточных вод с целью их использования в качестве органоминерального удобрения // Экология и промышленность России. – 2008. – С. 19-23.
6. Нефедов Б.К., Ермилов В.В., Поляков В.С. Использование осадков сточных вод в качестве органоминерального удобрения // Экология и промышленность России. – 2007. – С. 42-45.
7. Романов Е.М. Реакция сеянцев древесных растений на внесение в почву осадков сточных вод // Лесоведение. – 1997. – №6. – С. 22-29.
8. СанПиН 2.3.2. 1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. [Текст]. – Введ. 2002-09-01. – М.: Изд-во стандартов, 2008. – 180 с.
9. Селивановская С.Ю. и др. Микробная биомасса и биологическая активность сырых лесных почв при внесении осадков городских сточных вод / С.Ю. Селивановская, В.З. Латыпова, С.Н. Киямова, Ф.К. Алимova // Почвоведение. – 2001. – №2. – С.227-233.
10. Селивановская С.Ю., Латыпова В.З., Губаева Л.А. Микробиологические процессы в серой лесной почве, обработанной компостом из осадка сточных вод // Почвоведение. – 2006. – №4. – С. 495-501.

EFFICIENCY OF FERTILIZERS BASED ON SEWAGE SLUDGE IN THE PART OF FIELD CROP ROTATION

Ye.A. Podolyan¹, I.N. Baranovskiy²

¹ All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, 170530 Emmaus settlement 27, Russia

² Tver State Agricultural Academy, Marshala Vasilevskogo ul. 7, settlement Sakharovo, 170904 Tver, Russia

Sewage sludge (SS) in its chemical composition can be considered a full-fledged organic fertilizer, which is especially important in modern conditions of soil fertility reduction in the Non-chernozem zone of the Russian Federation, as well as excessive sediment accumulation on silt maps of treatment facilities. In European countries, there is positive experience of incorporating SS in agriculture, where it is used in significant quantities. This article presents the results of a small-scale field experiment on the effect of mixtures of fresh sewage sludge and organic fillers (peat, sawdust, straw) on the agrochemical parameters of the soil, yield and heavy metal content in grain in comparison with ready-made compost based on SS and a control experiment (without fertilizers). According to the results of chemical analysis, SS of Tver does not contain excessive amounts of heavy metals. Crop products obtained by fertilizing with tested mixtures and to the content of heavy metals in compost based on SS, also comply with modern standards. The studied mixtures and compost ensured a yield increase (green mass of vetch-oat mixture, winter rye grain and spring barley) in relation to the control variant by 25.8-98.3%. The highest amount of nutrients in the soil was observed when applying mixtures of SS with peat (1:1) and sawdust (1:1). Ready compost was inferior to mixtures with fresh SS in a ratio of 1:1. There is a tendency toward a decrease in NPK in the soil in the year of aftereffect, probably due to the consumption of nutrients by plants for crop formation and with transformation processes in the soil.

Keywords: sewage sludge, organic fertilizers, heavy metals, soil fertility.

УДК 633.13:631.438:631.445.24

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ОВСА В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

**Е.М. Милютин, Е.А. Дробышевская, В.Ф. Шаповалов, д.с.-х.н., М.М. Нечаев, А.Л. Силаев, к.с.-х.н.,
Брянский государственный аграрный университет, e-mail: bgsha@bgsha.com**

Изучено действие минеральных удобрений различного уровня насыщенности, как при отдельном применении, так и в комплексе с препаратом Альбит на урожайность и качество зерна овса сорта Скаун. Показано, что регулятор роста растений Альбит на фоне полного минерального удобрения N₉₀P₉₀ с последовательно возрастающими дозами калия (K₉₀ - K₁₅₀) обеспечивает повышение урожайности зерна овса на 1,28-1,70 т/га (67,7-89,9%), окупаемости средств химизации прибавкой урожая, под влиянием изучаемых систем удобрения увеличивались содержание и сбор белка урожая зерна. При комплексном применении удобрений и препарата Альбит уменьшалась удельная активность ¹³⁷Cs в зерне в 2,15-3,10 раза.

Ключевые слова: овес, минеральные удобрения, урожай, биопрепарат Альбит, ¹³⁷Cs.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.109.19

Овес – одна из важнейших и наиболее востребованных продовольственных и кормовых культур в Российской Федерации, однако урожайность его в Центральном Нечерноземье в последнее десятилетие не превышает 1,5-2,0 т/га [1, 2]. Важнейшим фактором, определяющим высокую и стабильную урожайность зерновых культур, в том числе овса, при своевременном и качественном выполнении других агроприемов является применение современных средств химизации, включая

органические, минеральные удобрения, мелиоранты, комплекс средств защиты от вредных организмов. Это особенно важно для дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава, характеризующихся низким уровнем естественного плодородия [3,4]. При достаточной влагообеспеченности сбалансированное минеральное питание, где азоту принадлежит ведущая роль [5-8, 17], а также применение стимуляторов роста обеспечивают повышение продуктивности овса и био-