

Осадки сточных вод (ОСВ) представляют собой твердую фракцию сточных вод, состоящую из органических и минеральных веществ, выделенных в процессе очистки сточных вод методом отстаивания (сырой осадок), и комплекса микроорганизмов, участвовавших в процессе биологической очистки сточных вод и выведенных из технологического процесса (избыточный активный ил) [4]. ОСВ являются твердым отходом, но могут быть использованы в качестве адсорбента на основе отработанного активного ила для очистки сточных вод [8], в производстве строительных материалов [1] или в качестве органического удобрения [9]. Для научного обоснования возможности применения ОСВ в качестве органоминерального удобрения проведен анализ данных о состоянии почв на предполагаемых участках внесения удобрения. На основании данных ЗАО РЭС «Филиала Волгоград Водоканал-сервис» за 2007 г. сделан вывод, что валовое содержание в почве таких загрязняющих веществ как свинец, кадмий, никель, цинк, медь, ртуть и мышьяк не превышает ПДК [3] и ОДК [6]. Почвы Волгограда преимущественно темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые. В гумусовом горизонте темно-каштановых почв содержится от 3,5 до 5 % гумуса, в каштановых почвах – 3-4 %, в светло-каштановых – 2-3 %. Такие почвы нуждаются во внесении удобрений с высоким содержанием органических веществ. По содержанию вредных веществ данные ОСВ относятся к осадкам I группы. Несмотря на низкое содержание токсичных веществ в ОСВ, необходимо осуществить прогнозирование негативных изменений и ввести соответствующие ограничения, исходя из исходного содержания вредных веществ в почве и ОСВ. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 [4] допускает внесение ОСВ под все виды сельскохозяйственных культур, кроме овощных, грибов, зеленных и земляники. Их можно использовать в промышленном цветоводстве, зеленом строительстве, лесных и декоративных питомниках, для биологической рекультивации нарушенных земель и полигонов ТБО. Не допускается применять ОСВ в водоохранных зонах и зонах водных объектов и их прибрежных защитных полосах, а также в пределах особо охраняемых природных территорий, поверхностно в лесах, лесопарках, на сенокосах и пастбищах, на затопляемых и переувлажненных почвах, на территориях с резко пересеченным рельефом, на площадках, которые имеют уклон в сторону водоема более 30. В соответствии с ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 [4] не допускается внесение ОСВ в почву, если содержание вредных веществ в почве превышает 0,8 ПДК. Следовательно, внесение ОСВ возможно с условием расчета максимально допустимого количества. Кроме того, ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 [4] нормирует величину pH солевой вытяжки ОСВ в пределах $pH = 5,5-8,5$. В данном ОСВ pH солевой вытяжки составляет $pH = 5,7-8,2$. При снижении pH увеличивается подвижность катионов алюминия, железа и др., поэтому после внесения ОСВ следует контролировать pH почвы и содержание подвижных форм алюминия, тяжелых металлов и мышьяка. На основании [4, 7], исходя из данных по содержанию тяжелых металлов,

произведен расчет максимальных допустимых доз внесения ОСВ при использовании их в качестве удобрений под сельскохозяйственные культуры. Результаты приведены в табл. 1. Как видно из табл. 1, допустимая норма внесения ОСВ для всех типов почв Волгограда составляет 89,3 т/га при толщине пахотного горизонта 40 см, относящейся к оптимальным параметрам лесорастительных свойств почв в пахотном слое лесных питомников [3] и 55,8 т/га при толщине пахотного горизонта 25 см. После определения максимальных доз внесения ОСВ следует дать научное обоснование внесения ОСВ по элементам питания: органическим веществам и минеральным веществам. Расчет и научное обоснование внесения ОСВ по органическим веществам

Органические вещества не являются элементами питания растений, их вносят в почву для оструктурирования и обеспечения роста полезной почвенной микрофлоры. Таблица 1 – Расчет максимальных теоретически допустимых доз внесения ОСВ по сухому веществу с учетом требований к охране окружающей среды

Показатель	Свинец	Кадмий	Никель	Хром (общ)	Содержание в ОСВ
1	51,0	5,6	36,7	104,0	Допустимая концентрация для осадков I группы [4], мг/кг
2	250	15	200	500	Максимальное содержание в почве
3	16,5	1,50	47,00	–	ПДК в почве [3], мг/кг
4	32,0	–	6,0	–	ОДК в почве [6], мг/кг
5	–	–	2,1	–	Максимальные допустимые нормы внесения ОСВ, т/га, при толщине пахотного горизонта, см
6	40	892	89,3	2316	–
7	25	557	55,8	1447	–

Содержание в ОСВ

1	Цинк	Медь	Ртуть	Мышьяк	Допустимая концентрация для осадков I группы [4], мг/кг
2	1400,0	230,7	0,17	5,0-7,5	Максимальное содержание в почве
3	1750	750	7,5	10	ПДК в почве [3], мг/кг
4	51,00	18,00	0,30	7,80	Максимальные допустимые нормы внесения ОСВ, т/га, при толщине пахотного горизонта, см
5	40	446	1898	40588	25367
6	25	279	1186	133	83

По данным ЗАО РЭС «Филиала Волгоград Водоканал-сервис» 2 По данным ОАО «НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды» Известно [2], что полуразложившийся навоз содержит 17-20 % органического вещества и макроэлементы (азота – 2 %, фосфора - 2,5 %). Вносят его на бедных органическими веществами почвах и насыпных грунтах под деревья и кустарники от 6 до 10 кг/м² при подготовке почвы и по 4-6 кг/м² при подкормке. ОСВ содержат 46-57 % (ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 [4] = 20 % с.в.) органического вещества, 3,56-4,90 % общего азота и 4,75-6,90 % фосфора в сухом веществе (по данным ОАО «НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды»). Поэтому нормы внесения ОСВ по сухому веществу под деревья при подготовке почвы и при подкормке можно уменьшить в два раза, т.е. вносить от 3 до 5 кг/м² (30-50 т/га) при подготовке почвы и по 2-3 кг/м² (20-30 т/га) при подкормке. При подготовке почвы под газоны вносят до 10-15 кг/м² органических удобрений, поэтому нормы внесения будут ограничены только соображениями экологической безопасности (не более 89 т/га или 8,9 кг/м²). Норма внесения органических удобрений может составлять на одно дерево в возрасте 5-10 лет – 8-10 кг, в возрасте 20-40 лет – 10-12 кг, старше 40 лет – 14-16 кг; для кустарников – 5-8 кг/м² площади приствольного круга. Расчет

и научное обоснование внесения ОСВ по минеральным веществам Для лесорастительных свойств почв в пахотном слое лесных питомников оптимальным является содержание гумуса по Тюрину $> 2,5 - 3,0\%$; рН КСІ потенциометрически $5,0 - 5,5$; содержание подвижного P_2O_5 по Кирсанову в модификации ЦИНАО $> 150 - 200$ мг/кг; содержание обменного K_2O по Кирсанову в модификации ЦИНАО $> 170 - 220$ мг/кг [5]. В соответствии с Типовым технологическим регламентом использования осадков сточных вод в качестве органического удобрения [9], содержание фосфора по действующему веществу, вносимого вместе с органическими удобрениями, не должно превышать 3 т/га для супесей и 5 т/га для суглинков. Исходя из содержания фосфора в сухом веществе ОСВ 4,75-6,90%, допустимо вносить ОСВ по сухому веществу не более 43,4 т/га для супесей и 81,1 т/га для суглинков. В соответствии с [9] содержание общего азота по действующему веществу, вносимого вместе с органическими удобрениями, не должно превышать 300 кг/га в год. Исходя из содержания общего азота в сухом веществе ОСВ 3,56-4,90 %, допустимо вносить не более 6,1-8,4 т/га в год по сухому веществу. В соответствии с [9] расчет норм внесения ОСВ по калию не проводится ввиду его низкого содержания в ОСВ. Данные по нормам внесения ОСВ приведены в табл. 2.

Содержание воды в ОСВ непостоянно, поэтому приводятся рекомендации для внесения ОСВ по сухому веществу. Для пересчета норм внесения ОСВ с учетом их влажности следует произвести пересчет по формуле: $Двл = (Дсух \times 100) / (100 - Вл)$, где Двл – доза внесения ОСВ с учетом влажности, т/га; Дсух – рекомендованная доза внесения ОСВ по сухому веществу, т/га; Вл – влажность ОСВ в процентах. Из проведенных расчетов следует, что дозы внесения ОСВ ограничиваются содержанием в осадках общего азота и составляют 6,1-8,4 т/га в год по сухому веществу. Поскольку минерализация органического азота в почве происходит медленно, возможно внесение ОСВ один раз в три года с увеличением нормы внесения в три раза (18,3 т/га по сухому веществу). Таблица 2 – Сроки и нормы внесения ОСВ, рассчитанные по рекомендуемым нормам внесения общего азота и фосфора

Показатель	Органическое вещество	Общий азот	Фосфор	Содержание, %
полуразложившийся навоз	17-20	2	2,5	ОСВ 46-57
Нормы внесения по действующему веществу, кг/га в год	300	3,56-4,90	4,75-6,90	
Нормы внесения, кг/м ² в год	3000-5000			
полуразложившийся навоз	6-10	–	–	ОСВ – 61-84
Исследовано влияние ОСВ при внесении в почву на урожай	43,4-81,1			

ячменя в условиях Волгоградской области. ОСВ вносили под вспашку в количестве 60 и 70 т/га перед весенним посевом. Контролем служили посевы без внесения ОСВ и других органических удобрений. Последовательность применения прочих агротехнических приемов была одинаковой. Анализ структуры урожая проводили путем отбора всех растений с учетных площадок (50×50 см) в трехкратной повторности по всем вариантам опытов. Устанавливали следующие элементы структуры урожая: продуктивная

кустистость, урожайность, высота растений, озерненность колоса, масса 1000 зерен. Доля хозяйственного урожая рассчитана как процент массы зерна от общей массы (сумма массы соломы и массы зерна). Данные приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Влияние ОСВ при внесении в почву на структуру урожая ячменя

Показатель	Контроль	ОСВ, 60 т/га	ОСВ, 70 т/га
Число продуктивных стеблей, шт/м ²	302 ± 28	391 ± 32	416 ± 37
Высота растений, см	36,2 ± 2,8	45,3 ± 4,4	45,8 ± 4,2
Масса соломы, г/м ²	200,8 ± 17,1	301,5 ± 25,6	311,9 ± 28,4
Длина колоса, см	5,3 ± 0,3	6,2 ± 0,4	6,2 ± 0,4
Число зерен в колосе, шт	15,9 ± 2,1	16,9 ± 2,5	16,1 ± 2,2
Масса 1000 зерен, г	19,4 ± 0,4	23,6 ± 0,5	23,5 ± 0,5
Урожай зерна, г/м ²	93,2 ± 8,8	155,9 ± 10,2	157,4 ± 11,7
Доля хозяйственного урожая, %	31,7	34,1	33,5

Таблица 4 – Сроки и нормы внесения ОСВ под деревья, кустарники и травянистые растения в городских насаждениях в городах степной зоны при толщине пахотного горизонта 40 см на песчаных, супесчаных и легкосуглинистых почвах

Породы	Отношение к элементам питания	Нормы внесения ОСВ, т/га
Дуб красный и его гибриды, дуб пирамидальный	1 -азот	15-18
Тополь бальзамический, черный, пирамидальный и Болле	1-2	Ясень зеленый 1 - фосфор
Клен ясенелистный и татарский	1	Орех манчжурский 1
Катальпа	1	Черемуха 1-2
Робиния	1-3	Ель колючая 2
Вяз мелколистный, обыкновенный, карагач	2	Сосна крымская 3
Гледичия трехколючковая	3	Софора японская 3
Айлант высочайший	3	Ива козья, плакучая 3
Бересклет	1	13-16
Бирючина обыкновенная	2-1	11-14
Бузина	Калина	Самшит
Фарсиция	Будлея	2
10-13	Магония	Спирея
Девичий виноград	Скумпия	3-2, звесткование
9-12	Шиповник (роза собачья)	3-2
9-12	Туя	Жимолость татарская
Розы	Сирени	3
7-10	Аморфа	Ирга канадская
Акация желтая	Снежнаягодник	Можжевельник
Барбарис	Сумах пушистый	Газоны
18	Хризантемы	12
Тюльпан, астра	6-12	Гладиолус
6	1	-

наивысшая потребность в элементах питания, 2 – умеренная потребность в элементах питания, 3 – минимальная потребность в элементах питания.

Удобрения вносить 1 раз в 3 года в полной дозе или дробно в рекомендуемые сроки. Максимальная доза внесения ОСВ в течение существования биоценоза – 89,3 т/га при толщине пахотного горизонта 40 см и 55,86 т/га при толщине пахотного горизонта 25 см. Из табл. 3 видно, что урожай зерна увеличился при внесении ОСВ на 67-69 % по сравнению с контролем. Возрастание урожая было связано как с увеличением числе зерен в колосе, так и за счет массы 1000 зерен. Улучшение условий минерального питания обеспечило приток питательных веществ в созревающее зерно. Кроме того, следует отметить улучшение развития листового аппарата, т.к. увеличилась масса соломы. При этом доля хозяйственного урожая возросла, особенно при внесении ОСВ в дозе 60 т/га. Внесение удобрений в количестве 700 т/га и выше нецелесообразно, т.к. существенно урожай при этом не возрастает, снижается доля хозяйственного урожая. Осуществлен подбор ассортимента пород древесных и кустарниковых растений и дано научное обоснование внесения норм ОСВ с учетом требований

древесных и кустарниковых пород. Волгоград находится в зоне сухих степей и полупустынь. Для этой климатической зоны рекомендованы породы, хорошо переносящие засуху, устойчивые к сильным ветрам, в достаточной мере морозоустойчивые. Список рекомендуемых к озеленению пород виден из табл. 4.

Волгоград находится в зоне сухих степей и полупустынь. Для этой климатической зоны рекомендованы породы, хорошо переносящие засуху, устойчивые к сильным ветрам, в достаточной мере морозоустойчивые. Список рекомендуемых к озеленению пород виден из табл. 4. Растения проявляют неодинаковую потребность в элементах питания. Можно выделить по крайней мере три основные группы: растения, имеющие наивысшую потребность в элементах питания (эутрофы), растения с умеренной (мезотрофы) и минимальной (олиготрофы) потребностью в элементах питания. Распределение пород растений по трем группам приведено в табл. 4. В связи с периодичностью роста корневых систем минеральные удобрения целесообразно вносить в периоды максимального роста всасывающих корней. Первый раз это следует делать весной, в период раскрытия почечных чешуи и вегетативного роста побегов, второй - осенью, в период листопада, с конца августа до второй декады декабря. Удобрения, внесенные осенью, увеличивают адсорбирующую поверхность корневой системы и тем самым способствуют усвоению и накоплению растением запасных питательных веществ, которые в свою очередь повышают, устойчивость растения в период покоя и активизируют процессы роста и развития весной. Органические удобрения лучше вносить осенью, так как они медленно разлагаются, превращаясь в доступные для растений формы. Несоответствие между временем внесения удобрений и потребления их растениями особенно опасно на легких песчаных и супесчаных почвах