

УДК 634.1

Экологическая оценка влияния нетрадиционных удобрений на свойства тёмно-серых лесных почв

© 2017. М. А. Догадина, к. с.-х. н., доцент,
Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина,
302019, Россия, г. Орёл, ул. Генерала Родина, 69,
e-mail : marinadogadinas@yandex.ru

Представлены данные по влиянию нетрадиционных удобрений: осадка сточных вод (ОСВ) МПП ВКХ «Орёл-водоканал» и золы лужки гречихи ООО «Элита» Орловской области на агрофизические и агрохимические свойства тёмно-серых лесных почв, установлена их высокая удобрительная ценность и экологическая безопасность. Осадок сточных вод в возрастающих дозах от 3 до 24 кг/м² в комплексе с золой оказывает разностороннее положительное влияние на увеличение агрономически ценных агрегатов с 53,3% в контроле до 73,8% при внесении 12 кг/м² ОСВ и 100 г/м² золы. Установлено, что после однократного внесения осадка сточных вод отмечается тенденция к увеличению содержания органических веществ, фосфора, калия, снижение гидролитической кислотности, возрастание степени насыщенности основаниями, стабилизация обменной кислотности. Проведённые исследования показали, что при внесении осадка сточных вод и золы содержание тяжёлых металлов в тёмно-серой лесной почве не превышает предельно допустимую концентрацию.

Ключевые слова: осадок сточных вод, зола, тяжёлые металлы, агрохимические свойства почвы, агрегатный состав.

Environmental evaluation of the effect of non-traditional fertilizers on the properties of dark gray forest soils

M. A. Dogadina,
Orel State Agrarian University named after N. V. Parakhin,
69 General Rodin Street, Orel, Russia, 302019,
e-mail: marinadogadina@yandex.ru

The environmental problems related to chemical pollution of the biosphere started in the last century and have become dramatically worse in the modern world. One of the aspects of the environmental pollution is wastes of the communal utilities and industry, which are stored on the special sites landfills that take vast territories. Nowadays with the increase of production activities, intensive development of cities and their landscaping the amount of municipal wastes also increases making the problem of their disposal more relevant. To determine the possibility and ways of use of sewage sludge and ash resulting from specific industries it is necessary to know their physical and chemical properties.

The evaluation of fertilizing properties of sewage sludge of the Orel city as a concentrated organo-mineral fertilizer and its use in combination with ash of buckwheat husk was carried out to see the nature of the changes in physical-chemical properties of dark gray forest soils.

The studies conducted show high fertilizing features of sewage sludge and ash due to the presence of organic substance, macro- and micronutrients essential for plants. Under the influence of the studied fertilizers the level of soil organic substance significantly increases, the soil solution acidity becomes normal, the agro-physical properties become better. The limitations in using the sewage sludge in crop production is connected with the presence of heavy metals and pathogenic microorganisms in it. The content of heavy metals and pathogenic enteric bacteria in the sewage sludge of the communal utilities in Orel does not exceed the maximum permissible concentrations, helminths and other pathogens are absent.

Sewage sludge recycling allows to solve a range of important environmental problems. Firstly, the secondary use of sewage sludge can reduce the level of environmental pollution. Secondly, it prevents soil degradation connected with humus deficiency because soils cannot always get organic fertilizers from traditional sources.

Keywords: sewage sludge, ash, heavy metals, agrochemical properties of soil, aggregate composition.

В настоящее время почва подвергается интенсивному антропогенному воздействию, в результате чего происходят изменения физико-химических свойств, приводящие к разрушению её структуры, нарушению водно-воздушного баланса, уменьшению плодородия и другим неблагоприятным последствиям [1]. Особенно остро эта проблема стоит для урбанизированных территорий, так как почвы постоянно подвергаются механическому, химическому и биологическому загрязнению. Восстановление свойств городских почв возможно с применением отходов коммунального хозяйства и промышленности, которые, в свою очередь, представляют большую опасность при складировании на полигонах, с каждым годом охватывая всё большие территории. Полигоны, на которых находятся отходы, формируют сложную экологическую проблему городов: возможно загрязнение атмосферного воздуха дурно пахнущими веществами, подземных вод – инфильтратами, локальное загрязнение почвы [2]. Стратегия снижения техногенной нагрузки на окружающую среду должна предусматривать разработку технологии рециклинга отходов [3]. В странах Западной Европы вопрос отходов решается использованием их в качестве удобрений, например, в одном из самых маленьких государств – Люксембурге вторично используется до 90% образующегося осадка сточных вод (ОСВ), Швейцарии – 70%, США – 50%, Германии – 30%, Франции – 23%, Бельгии – 10% [4, 5].

В России ежегодно образуется около 2 млн тонн ОСВ по сухому весу (при исходной влажности 98% его масса составляет порядка 100 млн тонн), но вторично используется только 5–10% годового производства [6, 7]. Это связано с недостаточностью исследований по возможности использования ОСВ в различных сферах деятельности человека, например, в качестве удобрений в растениеводстве, отсутствием полной объективной научной информации об их влиянии на экосистемы различного уровня и живые компоненты этих экосистем.

Многими авторами отмечены высокие удобрительные особенности ОСВ вследствие содержания органического вещества и наличия макро- и микроэлементов питания, необходимых для растений [8–10].

Недостаточно внимания уделяется комплексному использованию нетрадиционных удобрений, в частности ОСВ и золошлаков для восстановления свойств почвы.

Следует также отметить, что ОСВ коммунального хозяйства индивидуальны по своему химическому составу, свойствам и однозначной оценки их применения не существует [11].

Цель исследования – установить влияние нетрадиционных удобрений на агрофизические и агрохимические свойства тёмно-серых лесных почв.

Методика исследований

Исследования проводили во Всероссийском научно-исследовательском институте селекции плодовых и ягодных культур г. Орла при выращивании красивоцветущих кустарников, используемых в качестве основного ассортимента в зелёном строительстве: сирень обыкновенная, сирень венгерская, сирень бархатистая и спирея Бумальда. Площадь опытной делянки для каждого вида 20 м², размещение рендомизированное, повторность опытов трёхкратная.

Варианты опыта: 1. Контроль. 2. Фон + ОСВ 6 кг/м². 3. Фон + ОСВ 12 кг/м². 4. Фон + ОСВ 24 кг/м². 5. Фон + ОСВ 6 кг/м² + зола 100 г/м². 6. Фон + ОСВ 12 кг/м² + зола 100 г/м². 7. Фон + ОСВ 24 кг/м² + зола 100 г/м². Фоном являлась тёмно-серая лесная почва. В опыте изучали: химический состав осадка сточных вод МПП ВКХ «Орёлводоканал» и золы лугги гречихи ООО «Элита», санитарно-бактериологические и санитарно-паразитологические показатели ОСВ; влияние нетрадиционных удобрений на агрегатный состав, агрохимические показатели, валовое содержание тяжёлых металлов в тёмно-серой лесной почве.

Анализ физико-химических свойств субстратов выполняли согласно ГОСТам: ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. ГОСТ 27753.5-88. Грунты тепличные. Метод определения водорастворимого фосфора. ГОСТ 27753.6-88. Грунты тепличные. Метод определения водорастворимого калия. ГОСТ 26715-85. Грунты тепличные. Метод определения общего азота. ГОСТ Р 53380-2009. Почвы и грунты. Грунты тепличные. Технические условия. Определение гелиминтов методом Романенко Н.А. МУК 4.2.796-99. Определение бактерий группы кишечной палочки, патогенных микроорганизмов, в том числе сальмонелл по МУ 2.1.7.730-99. ГОСТ Р 53218-2008. Удобрения органические. Атомно-абсорбционный метод определения содержания тяжёлых металлов. МУК 4.2.2661-10. Методы санитарно-паразитологических исследований.

Содержание тяжёлых металлов проводили в ФГБУ «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Орловский».

При определении агрегатного состояния почв коэффициент дисперсии по Качинскому рассчитывали по формуле:

$$K = (a/v) \cdot 100,$$

где *a* – содержание илистой фракции при микроагрегатном анализе, %; *v* – содержание той же фракции при механическом анализе, %.

Результаты и их обсуждение

В одну из задач исследования входило проведение анализа химического состава ОСВ МПП ВКХ «Орёлводоканал» и золы лузги гречихи ООО «Элита» Орловской области. ОСВ и зола индивидуальны по своему химическому составу. Следовательно, первостепенное значение при их внесении в почву имеет анализ агрохимических показателей.

Осадок сточных вод МПП ВКХ «Орёлводоканал» содержит большое количество общего азота и фосфора, превосходя по этим показателям традиционные органические удобрения (навоз). Калия в ОСВ ничтожно мало (0,57%) (табл. 1).

Следовательно, для получения полноценного удобрения, удовлетворяющего по содержанию необходимых элементов растений,

необходимо сочетание ОСВ с удобрением, содержащим в достаточном количестве калий. Изучаемый ОСВ также характеризуется высоким содержанием основных элементов питания и массовой долей органических веществ.

В результате работы предприятий, перерабатывающих сельскохозяйственную продукцию, образуется большое количество растительных отходов, лузги и др. Не исключение – лузга гречихи, которая является трудноразлагаемым отходом. В ООО «Элита» вопрос решается использованием лузги в качестве топлива для работы предприятия. В результате такой операции образуется около 300 кг золы в день, количество которой из года в год растёт, а целенаправленных, экологически безопасных, экономически выгодных и научно обоснованных путей её утилизации не существует [12]. В то же время золошлакоотвалы являются одним из самых крупных источников загрязнения окружающей среды, следовательно, их рекультивация является необходимым мероприятием по предотвращению негативного воздействия.

Анализ золы лузги гречихи ООО «Элита» показал наличие в составе основных макро- и микроэлементов, роль которых для растений многогранна. Они призваны улучшать обмен веществ, устранять функциональные нарушения, содействовать нормальному течению физиолого-биохимических процессов, влиять на процессы фотосинтеза и дыхания.

Таблица 1

Химический состав осадка сточных вод МПП ВКХ «Орёлводоканал» и навоза крупного рогатого скота

Показатели	ОСВ	Навоз
N _{общ.} , %	1,6	0,5
P ₂ O ₅ общ., %	4,3	0,24–0,25
K ₂ O общ., %	0,6	0,60–0,65
CaO, % на сухое вещество	7,8	0,4
MgO, % на сухое вещество	5,3	0,14
SiO ₂ , % на сухое вещество	2,5	не определяли
pH _{сол.}	7,7	7,5
Зольность, %	57	не определяли
Влажность, %	37	70
Органическое вещество, %	35	25

Таблица 2

Химический состав золы лузги гречихи ООО «Элита» Орловской области

pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	Na ₂ O
	% на сухое вещество								
10,5	3,01	36,0	17,23	17,25	4,99	0,98	0,41	0,34	0,29

Таблица 3

Валовое содержание тяжёлых металлов и мышьяка в осадках сточных вод
МПП ВКХ «Орёлводоканал», мг/кг

Тяжёлый металл	Ni	Cr	Cu	Zn	Mn	As	Hg	Pb	Cd
Фактическое содержание	155–186	470–650	430–530	610–740	157–160	5,4–8,3	0,41–0,51	54–57	6,3–6,7
ПДК для ОСВ I группы*	200	500	750	1750	–	10	7,5	250	15
ПДК для ОСВ II группы	400	1000	1500	3500	–	20	15	500	30

Примечание:* ГОСТ Р 17.4.3.07-2001: осадки группы I используют под все виды сельскохозяйственных культур, кроме овощных, грибов, зелёных и земляники; осадки группы II используют под зерновые, зернобобовые, зернофуражные и технические культуры; прочерк означает отсутствие ПДК для данного показателя.

Таблица 4

Содержание тяжёлых металлов в золе лузги гречихи ООО «Элита» Орловской области, мг/кг

Металл	Ni	Cr	Co	As	Cu	Zn	Pb	Cd	Hg
Фактическое содержание	31,00	13,02	12,35	1,30	21,03	20,18	0,82	0,25	0,10
ПДК	36,0	15,0	12,0	2,00	50,0	60,0	60,0	1,00	0,10

Таблица 5

Санитарно-бактериологические и санитарно-паразитологические показатели осадка сточных вод
МПП ВКХ «Орёлводоканал»

Наименование показателя	Полученные результаты	Норма для осадков
Бактерии группы кишечной палочки, клеток/г осадка фактической влажности	1–100	1000
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, клеток/г	не обнаружены	отсутствие
Яйца гельминтов и цисты кишечных патогенных простейших, экз./кг осадка фактической влажности	не обнаружены	отсутствие

Под действием микроэлементов возрастает устойчивость растений к бактериальным и грибковым заболеваниям, неблагоприятным факторам окружающей среды.

Для эффективного использования осадка сточных вод и золы лузги гречихи необходима оценка этих удобрительных материалов на содержание тяжёлых металлов, так как они при определённых концентрациях могут оказывать токсичное действие на растения.

Как видно из таблиц 3 и 4, содержание тяжёлых металлов в ОСВ коммунального хозяйства г. Орла МПП ВКХ «Орёлводоканал» и золе лузги гречихи ООО «Элита» не превышает предельно допустимую концентрацию.

Для окружающей среды определённую опасность представляют биологические опасности. Санитарно-бактериологические и санитарно-паразитологические показатели осадка сточных вод МПП ВКХ «Орёлводоканал» приведены в таблице 5.

Как видно из таблицы 5, содержание патогенных микроорганизмов группы кишечной палочки в применяемом осадке сточных вод коммунального хозяйства г. Орла не превышает предельно допустимую концентрацию, также отмечается отсутствие гельминтов и других патогенных микроорганизмов.

После термообработки зола не содержит в себе семян сорняков, а также вредных бактерий, вызывающих болезни растений.

Таким образом, анализ осадка сточных вод МПП ВКХ «Орёлводоканал» и золы лузги гречихи ООО «Элита» свидетельствует о том, что в ОСВ содержится большое количество органического вещества, общего азота, фосфора, в золе – калия; обнаруживается широкий набор макро- и микроэлементов, в связи с чем эти удобрения можно использовать в качестве почвоулучшателей.

В задачи исследований входила оценка влияния нетрадиционных удобрений на

агрегатный состав, агрохимические свойства тёмно-серых лесных почв и содержание тяжёлых металлов.

Мы оценили влияние осадка сточных вод и золы на содержание агрономически ценных агрегатов в пахотном слое тёмно-серых лесных почв.

Из таблицы 6 видно, что лучшие показатели структурно-агрегатного состава по количеству агрономически ценных структурных фракций размером 0,25–10 мм были достигнуты при совместном внесении в почву опытного участка осадка сточных вод в дозе 12 кг/м² и золы лузги гречихи (100 г/м²). Количество агрономически ценных агрегатов в варианте Фон + ОСВ 6 кг/м² + зола 100 г/м² увеличилось на 16,1%, а в варианте Фон + ОСВ 12 кг/м² + зола 100 г/м² на 20,5% в сравнении с контролем. Различий в содержании агрономически ценных агрегатов в пахотном слое тёмно-серых лесных почв с увеличением дозы ОСВ с 12 кг/м² до 24 кг/м² не отмечено. Коэффициент структурности был наибольшим в варианте с внесением осадка сточных вод в дозе 12 кг/м² и золы лузги гречихи в дозе 100 г/м² и составлял 2,81, что больше в 2,46 раза по сравнению с контролем (табл. 6).

Таким образом, комплексное применение ОСВ (6 и 12 кг/м²) и золы (100 г/м²) позволяет улучшить агрегатное состояние тёмно-серых лесных почв.

Одним из важнейших удобрительных эффектов ОСВ является улучшение агрохимических показателей почв. Установлено, что после однократного внесения ОСВ отмечается тенденция к увеличению содержания органических веществ, азота, фосфора, калия, снижение гидrolитической кислотности, возрастание степени насыщенности основаниями [13, 14].

Интересным является выявление совместного действия ОСВ МПП ВКХ «Орёлводоканал», являющегося азотно-фосфорным удобрением и золы лузги гречихи ООО «Элита» Орловской области, содержащей ряд необходимых макро- и микроэлементов, на физико-химические и агрохимические свойства тёмно-серой лесной почвы.

При применении возрастающих доз ОСВ и золы увеличивалось содержание гумуса, сумма обменных оснований, степень насыщенности основаниями, а также содержание подвижного фосфора и калия; изменялась величина рН_{сод} и Н_{гидр} в благоприятном аспекте для растений.

Содержание гумуса возрастало при внесении в почву ОСВ: в дозе 6 кг/м² на 0,2%, в дозе 12 кг/м² – на 0,44%, в дозе 24 кг/м² – на 0,47% в сравнении с контролем. При добавлении золы существенной разницы не выявлено.

Важным показателем является кислотность, которая влияет на структуру и агрохимические показатели почвы. На кислых почвах многие питательные вещества переходят в трудноусвояемое состояние, в повышенных количествах накапливаются растворимые алюминий, железо, марганец, что оказывает вредное влияние на растения и микроорганизмы [15].

Применение нетрадиционных удобрений обеспечивает нейтрализацию кислотности тёмно-серой лесной почвы. В контрольном варианте рН составляла 5,9 единицы. При внесении в почву возрастающих доз ОСВ рН снижалась на 0,3–0,6 ед. в сравнении с контролем. Диапазон изменений показателя рН при совместном внесении в почву ОСВ и золы (100 г/м²) составляет 0,7 ед.

Сумма обменных оснований зависит в основном от механического, минералогического состава почв и содержания в них органичес-

Таблица 6

Влияние нетрадиционных удобрений на содержание агрономически ценных агрегатов и коэффициент структурности

Варианты опыта	Содержание агрономически ценных агрегатов, %	Коэффициент структурности
Контроль	53,3	1,14
Фон + ОСВ 6 кг/м ²	60,4	1,53
Фон + ОСВ 12 кг/м ²	69,9	2,38
Фон + ОСВ 24 кг/м ²	70,8	2,44
Фон + ОСВ 6 кг/м ² + зола 100 г/м ²	69,4	2,27
Фон + ОСВ 12 кг/м ² + зола 100 г/м ²	73,8	2,81
Фон + ОСВ 24 кг/м ² + зола 100 г/м ²	71,9	2,56
НСР ₀₅	1,1	–

Примечание: НСР₀₅ – наименьшая существенная разность, прочерк обозначает, что значение не рассчитывали.

Таблица 7

Влияние возрастающих доз осадка сточных вод и золы на агрохимические свойства тёмно-серой лесной почвы

Варианты опыта	Гумус, %	pH _{сол}	S _{осн}	H _{гидр}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Степень насыщенности основаниями, V%
			мг-экв. на 100 г почвы				
Контроль	4,09	5,9	17,7	2,45	16,7	13,3	87,8
Фон + ОСВ 6 кг/м ²	4,29	6,2	20,5	2,03	19,2	15,1	90,9
Фон + ОСВ 12 кг/м ²	4,53	6,4	22,4	1,92	20,3	15,7	92,1
Фон + ОСВ 24 кг/м ²	4,56	6,5	23,0	1,83	20,7	16,0	92,6
Фон + ОСВ 6 кг/м ² + зола 100 г/м ²	4,30	6,6	20,7	1,81	20,3	17,4	91,6
Фон + ОСВ 12 кг/м ² + зола 100 г/м ²	4,54	6,6	22,6	1,54	21,3	17,7	93,6
Фон + ОСВ 24 кг/м ² + зола 100 г/м ²	4,56	6,6	23,1	1,52	21,6	17,9	93,8
НСР ₀₅	0,08	0,19	0,93	0,11	0,12	0,21	–

Примечание: НСР₀₅ – наименьшая существенная разность, прочерк обозначает, что значение не рассчитывали.

Таблица 8

Влияние возрастающих доз осадка сточных вод и золы на содержание тяжёлых металлов в тёмно-серой лесной почве

Варианты опыта	Тяжёлые металлы, мг/кг								
	Ni	Cr	Cu	Zn	Mn	As	Hg	Pb	Cd
Контроль	27,60*	12,00	30,30	55,21	930	0,69	0,73	13,2	0,33
	2,20**	0,08	0,60	2,80	156,23	0,12	0,15	0,21	0,11
Фон + ОСВ 6 кг/м ²	42,41	21,01	43,83	62,73	1000,9	0,83	0,78	20,8	0,40
	2,92	0,12	2,21	3,54	215,78	0,21	0,19	0,51	0,26
Фон + ОСВ 12 кг/м ²	55,85	25,85	51,1	88,28	1110,4	1,01	0,99	24,5	0,41
	3,02	0,61	2,72	4,13	210,00	0,34	0,21	0,76	0,23
Фон + ОСВ 24 кг/м ²	69,04	37,14	54,21	93,13	1250,2	1,22	1,05	25,2	0,49
	3,71	0,71	3,04	4,72	220,70	0,51	0,27	0,91	0,25
Фон + ОСВ 6 кг/м ² + зола 100 г/м ²	51,19	23,56	47,31	77,94	1009,9	0,88	0,81	21,1	0,39
	3,01	0,51	2,52	3,70	199,23	0,27	0,25	0,59	0,11
Фон + ОСВ 12 кг/м ² + зола 100 г/м ²	63,72	33,18	53,22	90,10	1221,9	1,11	0,99	24,0	0,40
	3,56	0,61	2,75	4,52	218,1	0,35	0,24	0,85	0,28
Фон + ОСВ 24 кг/м ² + зола 100 г/м ²	73,11	45,21	54,91	97,23	1340,70	1,35	1,15	27,9	0,50
	3,92	1,11	3,01	5,24	312,51	0,57	0,28	1,13	0,24
ПДК (ОДК)	85,0	50,0	55,0	100,0	1500,0	2,0	2,10	32,0	3,0
	4,0	6,0	3,0	23,0	–	–	–	6,0	1,0

Примечание: * – валовые формы; ** – подвижные формы; прочерк обозначает отсутствие для данных показателей ПДК (ОДК).

кого вещества. Под влиянием исследуемых удобрений произошло увеличение суммы обменных оснований.

Наилучшие показатели были достигнуты в варианте Фон + ОСВ 12 кг/м² + зола 100 г/м². Сумма обменных оснований возросла на 4,9 мг-экв. на 100 г почвы в сравнении с контролем. В варианте Фон + ОСВ 6 кг/м² + зола 100 г/м² отмечено увеличение показателя на 3,0 мг-экв. на 100 г почвы. Аналогичные результаты были получены при использовании осадка сточных вод в дозах 6 и 12 кг/м². Существенных различий при внесении ОСВ в дозах 12 и 24 кг/м² не выявлено.

Под влиянием осадка сточных вод улучшились показатели гидролитической кислотности. В контроле этот показатель составлял 2,45 мг-экв. / 100 г почвы, а при внесении ОСВ (12 кг/м²) понизился до 1,92, мг-экв. / 100 г почвы. Высокую эффективность в снижении гидролитической кислотности показало совместное применение ОСВ (12 кг/м²) и золы (100 г/м²). Н_{гидр.} была ниже в сравнении с контролем на 0,91 мг-экв. / 100 г почвы.

Фосфор и калий являются важными элементами в питании растений. При недостатке фосфора листья приобретают красноватый или фиолетовый оттенок и отходят от стебля под

острым углом, при засыхании не желтеют, а чернеют. Недостаток калия вызывает закручивание края листа, формирование желтоватой каймы, которая затем становится коричневой и подсыхает (краевой ожог). Содержание подвижного фосфора и калия зависит от гранулометрического состава почвы и её плодородия [16]. ОСВ могут играть важную роль в пополнении запасов фосфора в почве. Высокое его содержание в ОСВ связано с усиленным применением фосфорсодержащих моющих средств в быту, а также с тем, что фосфор и его соединения обладают меньшей подвижностью и растворимостью в отличие от калия, который легко вымывается и уносится с очищенными водами.

При совместном внесении в почву осадка сточных вод (12 кг/м²) и золы лузги гречихи (100 г/м²) были получены наилучшие результаты по увеличению содержания подвижного фосфора на 4,6 мг-экв. / 100 г почвы; подвижного калия – на 4,4 мг-экв. / 100 г почвы в сравнении с контролем.

Под влиянием нетрадиционных удобрений возрастает степень насыщенности почвы основаниями с 87,8 до 93,8%, отмечается нейтрализация почвенного раствора.

Ограниченность в применении ОСВ в сельскохозяйственном производстве заключается в наличии тяжёлых металлов в его составе. Известно, что общую загрязнённость почвы характеризует валовое содержание тяжёлого металла, а доступность для растений определяется его подвижными формами.

Проведённые исследования показали, что при внесении осадка сточных вод и золы содержание валовых и подвижных форм тяжёлых металлов в тёмно-серой лесной почве не превышает предельно допустимую концентрацию (табл. 8).

Таким образом, обобщая полученные данные, можно сделать вывод, что осадок сточных вод и зола оказывают существенное влияние на улучшение агрегатного состояния и агрохимические свойства тёмно-серых лесных почв.

Выводы

Осадок сточных вод коммунального хозяйства г. Орла МПП ВКХ «Орёлводоканал» и зола лузги гречихи ООО «Элита» являются экологически безопасными субстратами; содержание тяжёлых металлов, а также бактерий группы кишечной палочки не превышает предельно допустимую концентрацию, отмечается отсутствие яиц гельминтов и патогенных микроорганизмов, в том числе сальмонелл.

Под влиянием ОСВ и золы улучшается агрегатное состояние тёмно-серых лесных почв. Количество агрономически ценных агрегатов увеличивается с 53,3% в контроле до 73,8% (ОСВ 12 кг/м² + зола 100 г/м²).

Улучшить агрохимические свойства тёмно-серых лесных почв возможно путём использования нетрадиционных удобрений на основе осадков сточных вод и золы. Под влиянием этих удобрений увеличивалось содержание гумуса с 4,09 до 4,56%, сумма обменных оснований – с 17,7 до 23,1 мг-экв. / 100 г почвы, фосфора – с 16,7 до 21,6 мг-экв. / 100 г почвы, калия – с 13,3 до 17,9 мг-экв. / 100 г почвы, показатели обменной кислотности снижались с 5,9 до 6,6, гидролитической кислотности – с 2,45 до 1,52 мг-экв. / 100 г почвы. По комплексу показателей оптимальная доза осадка сточных вод – 12 кг/м², в комплексе с золой – 100 г/м².

Литература

1. Савич В.И., Парахин Н.В., Сычёв В.Г., Степанова Л.П., Лобков В.Т., Амергужин Х.А., Щербаков А.Ю., Романчик Е.А. Почвенная экология. Орёл: Изд-во Орловского ГАУ, 2002. 546 с.
2. Касатиков В.А. Использование осадков городских сточных вод // Агрохимический вестник. 2013. № 4. С. 44–46.
3. Попова Л.В., Карманова О.В., Ревин П.С., Тарасевич Т.В. Нетрадиционные методы утилизации побочных продуктов масложировой промышленности // Экология производства. 2012. № 12. С. 42–45.
4. Baxter J.C. Heavy metal retention in cattle tissues from ingestion of sewage sludge // Journal of Environmental Quality. 1982. V. 11. № 4. P. 161–177.
5. Targeted National Sewage Sludge Survey: Statistical Analysis Report. EPA-822-R-08-018. U.S. Environmental Protection Agency. USA. Washington, 2009. 58 p.
6. Гальченко С.В., Чердакова А.С. Обоснование использования осадка сточных вод городских очистных сооружений в качестве удобрения // Экологический вестник России. 2012. № 3. С. 30–34.
7. Гуляева И.С. Обработка и детоксикация осадков городских сточных вод, содержащих тяжёлые металлы: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Пермь, 2015. 20 с.
8. Касатиков В.А., Мусикаев Д.А., Гольдфарб Л.Л., Перельгин В.М. Применение термически высушенных осадков городских сточных вод в качестве органоминерального удобрения: рекомендации. М.: Россельхозиздат, 1982. 15 с.
9. Мерзлая Г.Е., Афанасьев Р.А. Агроэкологическая эффективность осадков сточных вод г. Москвы // Агрохимический вестник. 2001. № 5. С. 25–30.
10. Дорошкевич С.Г., Убугунов Л.Л. Влияние органо-минеральных удобрительных смесей на основе

осадков сточных вод и цеолитов на агрохимические свойства аллювиальной дерновой почвы // *Агрохимия*. 2002. № 4. С. 5–10.

11. Куликова А.Х., Захаров Н.Г., Вандышев И.А., Шайкин С.В., Карпов А.В. Проблема утилизации осадков сточных вод (ОСВ) в качестве удобрения сельскохозяйственных культур // *Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии*. 2007. № 1 (4). С. 8–18.

12. Догадина М.А., Митренко Д.А. Удивительный кремний. Орёл: Изд-во Орловского ГАУ, 2008. 136 с.

13. Варламова Л.Д., Титова В.И., Грибова М.Н. Влияние доз ОСВ на показатели почвы при удобрении зерновых культур // *Агрохимический вестник*. 2009. № 4. С. 19–21.

14. Фёдоровская Л.А., Углов В.А., Бородай Е.В. Агроэкологическая оценка осадков сточных вод очистных сооружений города Новосибирска // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 4. С. 275–279.

15. Савич В.И., Парахин Н.В., Сычев В.Г., Степанова Л.П., Лобков В.Т., Америкужин Х.А., Щербakov А.Ю., Романчик Е.А. Почвенная экология. Орёл: Изд-во Орловского ГАУ, 2002. 546 с.

16. Титова В.И., Шафронов О.Д., Варламова Л.Д. Фосфор в земледелии Нижегородской области. Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. 219 с.

References

1. Savich V.I., Parakhin N.V., Sychev V.G., Stepanova L.P., Lobkov V.T., Amerguzhin Kh.A., Shcherbakov A.Yu., Romanchic E.A. Soil ecology. Orel: Izd-vo Orel GAU, 2002. 546 p. (in Russian).

2. Kasatnikov V.A. Use of municipal sewage sludge // *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2013. № 4. P. 44–46 (in Russian).

3. Popova L.V., Karmanova O.V., Revin P.S., Tarasovich T.V. Nontraditional methods of disposal of byproducts of oil and fat industry // *Ecology of production*. 2012. № 12. P. 42–45 (in Russian).

4. Baxter J.C. Heavy metal retention in cattle tissues from ingestion of sewage sludge // *Journal of Environmental Quality*. 1982. V. 11. № 4. P. 161–177.

5. Targeted National Sewage Sludge Survey: Statistical Analysis Report. EPA-822-R-08-018. U.S. Environmental Protection Agency. USA. Washington, 2009. 58 p.

6. Galchenko S.V., Cherdakov A.S. Justification of the use of sewage sludge of municipal wastewater treatment plants as fertilizer // *Ecological Bulletin of Russia*. 2012. № 3. P. 30–34.

7. Gulyaeva I.C. Processing and detoxification of sediments of urban wastewater containing heavy metals: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Perm, 2015. 20 p.

8. Kasatnikov V.A., Mustaev D.A., Goldfarb L.L., Pereygin V.M. Application of thermally dried sediments of urban sewage sludge as organic-mineral fertilizer: recommendations. Moscow: Rosselkhozizdat, 1982. 15 p. (in Russian).

9. Merzlaya G.E., Afanasiev R.A. Agroecological efficiency of wastewater sludge Moscow // *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2001. № 5. P. 25–30 (in Russian).

10. Doroshkevich S.G., Ubugunov L.L. Influence of organic-mineral fertilizer mixtures on the basis of sewage sludge and zeolite on agrochemical properties of sod alluvial soils // *Agrokhimiya*. 2002. № 4. P. 5–10 (in Russian).

11. Kulikova A.H., Kulikova A.K., Zakharov N.G., Vandyshov I.A., Shaykin S.V., Karpov A.V. The problem of disposal of wastewater sludge (WWS) as fertilizer in agricultural crops // *Vestnik Ulyanovskoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2007. № 1 (4). P. 8–18 (in Russian).

12. Dogadina M.A., Mitrenko D.A. Amazing silicon. Orel: Izd-vo Orel GAU, 2008. 136 p. (in Russian).

13. Varlamova L.D., Titova V.I., Gribova M.N. The effect of doses of sewage sludge on the parameters of the soil when fertilizing crops // *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2009. № 4. P. 19–21 (in Russian).

14. Fedorovskaya L.A., Uglov V.A., Boroday E.V. Agro-ecological evaluation of sewage sludge at the waste treatment facilities of the city of Novosibirsk // *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2015. № 4. P. 275–279 (in Russian).

15. Savich V.I., Parahin N.V., Sychev V.G., Stepanova L.P., Lobkov T.V., Amerguzhin H.A., Shcherbakov A.Y., Affair E.A. Soil ecology. Orel: Izd-vo Orel GAU, 2002. 546 p. (in Russian).

16. Titova V.I., Shafronov O.D., Varlamova L.D. Phosphorus in agriculture in Nizhny Novgorod region. N. Novgorod: Izd-vo VVAGS, 2005. 219 p. (in Russian).