

## ОПЫТ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

*М.С. Матюхин, С.Д. Карякина, к.с.-х.н., РГАТУ, Ю.А. Мажайский, д.с.-х.н.,  
Междерский филиал «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»,  
А.В. Карякин, ООО «ЭКО-ИЗЫСКАНИЯ»  
e-mail: [matmax@yandex.ru](mailto:matmax@yandex.ru), e-mail: [pravkina@yandex.ru](mailto:pravkina@yandex.ru)  
e-mail: <http://mntc.pro>, e-mail: [karyakin90mail.ru](mailto:karyakin90mail.ru)*

*Представлены результаты исследований по агроэкологической оценке почвогрунта на основе осадка сточных вод городских очистных сооружений, утилизированного с использованием элементов наилучших доступных технологий (НДТ).*

*Ключевые слова:* компостирование, осадок сточных вод, почвогрунт, тяжелые металлы, наилучшие доступные технологии, утилизация.

DOI: 10.25680/S19948603.2018.103.18

Одним из перспективных направлений в области обращения с отходами производства и потребления в РФ является их утилизация - использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация) [12].

Данное направление позволяет реализовать два основных принципа государственной политики в области обращения с отходами [11, 12]:

- использование наилучших доступных технологий (НДТ) при обращении с отходами;
- комплексная переработка материально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов.

Компостирование осадков сточных вод (ОСВ) и производство почвогрунтов на их основе рекомендованы как элементы наилучших доступных технологий при утилизации ОСВ в ИТС 10-2015 (подпроцессы № 18; 19) [5].

Использование готовых продуктов утилизации осадков сточных вод (компостов, почвогрунтов) разрешено в зеленом, дорожном строительстве под посадки цветочно-декоративных растений, деревьев и кустарников вдоль дорог, при формировании растительного слоя откосов; в питомниках лесных и декоративных культур; для рекультивации нарушенных земель, карьеров, полигонов ТКО и полигонов промышленных отходов [2, 3].

Исследования ряда авторов, свидетельствуют о высокой удобрительной ценности осадков сточных вод биологических очистных сооружений, а также возможности получения на их основе способом компостирования органических удобрений и почвогрунтов, отвечающих нормативным требованиям РФ [1,4,6-9,13].

По удобрительной ценности ОСВ не уступают навозу, а по некоторым показателям превосходят его. Содержание общего азота и фосфора в осадках в 1,5 – 2 раза выше, чем в навозе КРС. По содержанию питательных веществ 1 т сухого вещества осадка эквивалентна 100 кг нитрофоски [4].

Эффективность осадков подтверждается результатами полевых опытов, проведенных в 2008-2010 гг. на агроземе торфяно-минеральном на базе Рязанского агротехнологического университета им. П.А. Костычева.

Результатами установлена наиболее эффективная доза внесения ОСВ и вермикомпоста на основе осадка сточных вод городских очистных сооружений г. Рязани под злаковые зерновые культуры (овес) на агроземе торфяно-минеральном в условиях Рязанской области - 9 т/га в расчете на сухое вещество [12].

Под влиянием компостов на основе ОСВ увеличивается численность основных агрономически ценных физиологических и систематических групп почвенной микрофлоры, в том числе на 30-99 % - гетеротрофных бактерий, участвующих в переработке белков и белковых соединений, учитываемых на МПА, на 127 % - микроорганизмов, требующих для развития минеральных форм азота (культивированных на КАА), целлюлозоразрушающих, участвующих в процессах минерализации углерода – на 62 % [1].

Цель исследований - дать агроэкологическую оценку почвогрунта на основе осадка сточных вод, произведенного с использованием элементов НДТ в соответствии с ИТС 10 – 2015[5] : реагентное обеззараживание осадка сточных вод овицидным препаратом (подпроцесс № 14); буртовое компостирование осадков сточных вод для стабилизации, гумификации органических веществ, обеззараживания, снижения влажности (не менее чем до 50 %), улучшения физико-механических свойств компостируемой массы (подпроцесс № 18); производство почвогрунтов из осадка сточных вод (подпроцесс № 19).

В задачи исследований 2016 г. входили: агрохимические, токсикологические исследования почвогрунта и оценка его влияния на урожайность тритикале сорта Амиго, содержание тяжелых металлов в дерново-подзолистой супесчаной почве, возможность транслокации в посевах ярового злака. Последствие почвогрунта в опыте изучали в 2017 г. при выращивании райграса однолетнего сорта Изорский.

**Методика.** Экспериментальное буртовое компостирование осадка сточных вод проводили в 2014-2016 г. на открытой площадке городских очистных сооружений МУП «Новомичуринский водоканал» Рязанской области.

Для компостирования использовали аэробно-стабилизированный обезвоженный осадок сточных вод влажностью 83 %, смешанный с сосновыми опилками влажностью 24 %. Для дополнительной дегельминтизации ОСВ в мезофильной стадии компостирования при-

меняли овицидный препарат биологического ингибирования БИНГСТИ в рекомендуемом разведении 1: 400.

Почвогрунт производили путем смешивания полученного компоста, песка и инертного материала – растительного грунта (почвы).

В почвогрунте определяли общепринятыми методами следующие показатели:

агрохимические: массовая доля влаги, массовая доля органического вещества, показатель активности водородных ионов солевой суспензии, массовая доля азота общего, фосфора общего в пересчете на  $P_2O_5$ , калия общего в пересчете на  $K_2O$ ; валовое содержание тяжелых металлов и мышьяка;

санитарно-паразитологические и энтомологические (яйца и личинки гельминтов, преимагинальные формы синантропных мух); санитарно-микробиологические (индекс БГКП, энтерококков).

Агроэкологическая оценка почвогрунта проведена на основании результатов полевых и лабораторных исследований в условиях мелкоделяночного и микрополевого опытов в вегетационный период 2016 г. на опытном поле ФГБНУ ВНИИОУ. Почва - дерново-подзолистая супесчаная. Рельеф ровный, с небольшим западным уклоном.

**Мелкоделяночный опыт:** доза внесения почвогрунта 60 т/га. Размер делянок  $1 \times 1,5 \text{ м}^2$ . Схема опыта: 1-й вариант – контроль (без внесения), 2-й вариант - почвогрунт, 60 т/га. Повторность трехкратная. Опытная культура - тритикале яровая сорта Амиго, норма высева - 220 кг/га (33 г/делянку).

**Микрополевым опытом:** заложен в сосудах диаметром 20 см без дна. Площадь сосуда -  $0,03 \text{ м}^2$ . Схема опыта: 1-й вариант - контроль; 2-й вариант - почвогрунт, 100 %. Опытная культура - тритикале яровая сорта Амиго, норма высева - 25 семян на сосуд.

В пахотном слое (0-20 см) дерново-подзолистой почвы опытного участка в конце вегетационного периода после уборки растений определяли валовое содержание цинка, меди, свинца, кадмия.

Оценка фитотоксичности почвогрунта в 2016 г. проведена по уровню урожайности яровой тритикале сорта Амиго и транслокации тяжелых металлов в вегетативные и генеративные органы растений в микрополевым опыте при 100 %-ном внесении почвогрунта.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты исследований почвогрунта по агрохимическим и санитарно-гигиеническим показателям свидетельствуют о его питательной ценности и экологической безопасности, так как в отобранных пробах грунта отсутствуют цисты кишечных патогенных простейших, яйца гельминтов, колиформные бактерии, энтерококки. Содержание общего азота, фосфора, калия находится на уровне органического удобрения [2]. Агрохимическая характеристика почвогрунта приведена ниже.

Показатель	Почвогрунт
Массовая доля золы, % на сухое вещество	71,3
Массовая доля органического вещества на сухой продукт, %, не менее	23,6
Активность водородных ионов солевой суспензии, pH	6,94
Массовая доля, % на сухое вещество, не менее:	
общего азота	0,91
общего фосфора (в пересчете на $P_2O_5$ )	0,52
общего калия (в пересчете на $K_2O$ )	0,54

Действие почвогрунта в дозе 60 т/га способствовало оптимизации гумусового состояния, физических, агрохимических и биологических свойств пахотного слоя почвы, и как следствие повышению урожайности тритикале. При этом прибавки урожайности зерна и соломы значительно превышали уровень контроля (табл. 1).

#### 1. Влияние почвогрунта на урожай зерна и соломы яровой тритикале (2016 г.)

Вариант опыта	Урожай зерна, ц/га	Прибавка к контролю		Урожай соломы, ц/га	Прибавка к контролю	
		ц/га	%		ц/га	%
Мелкоделяночный опыт						
Контроль, б/у	10,8	-	-	22,0	-	-
Почвогрунт (60 т/га)	15,0	8,4	38,9	27,4	5,4	24,5
Микрополевой опыт						
Контроль, б/у	255	-	-	370	-	-
Почвогрунт (100 %)	1211	956	375	2022	1652	446

*Примечание.* В микрополевым опыте урожай зерна, соломы и прибавка к контролю указаны в г/м<sup>3</sup>.

Уровень прибавки урожая зерна от действия почвогрунта составил 38,9% к контролю. Данная зависимость обусловлена в первую очередь макро- и микроэлементным составом почвогрунта. Следует отметить, что по влиянию на урожайность соломы выявленная закономерность сохраняется, прибавка к уровню контроля по этому показателю составила 24,5 %.

Использование почвогрунта вместо пахотного слоя почвы в мелкоделяночном опыте привело к изменению эффективности его влияния на урожайность яровой тритикале.

Уровень прибавки к контролю урожайности зерна яровой тритикале в микрополевым опыте доказывает большую эффективность рекомендуемого регламента применения почвогрунта на основе компоста из осадка сточных вод городских очистных сооружений. Показатель прибавки урожайности соломы имел ту же зависимость и составил к уровню контроля 446 %.

Проведенные агрохимические и санитарно-токсикологические исследования почвогрунта показали, что по содержанию питательных веществ, концентрации тяжелых металлов, санитарным показателям он соответствует требованиям, предъявляемым к «чистой» почве [10]. Результаты испытаний почвенных образцов, отобранных по вариантам опыта на содержание тяжелых металлов, представлены в таблице 2.

#### 2. Валовое содержание тяжелых металлов (ТМ) в дерново-подзолистой почве опытного участка при внесении почвогрунта на основе ОСВ в фитоценозе яровой тритикале, мг/кг

ТМ	Мелкоделяночный опыт		% к контролю	Микроделяночный опыт (в сосудах)		% к контролю	Норматив, (ПДК, ОДК)
	60 т/га	Контроль (без внесения)		100%-ный почвогрунт	Контроль (без внесения)		
Цинк	25,62	26,33	-3	52,41	25,27	+123	55*
Медь	4,27	4,27	-	11,89	4,57	+160	33*
Свинец	4,17	6,25	-33	6,25	7,29	-14,3	32**
Кадмий	0,24	0,18	+33	0,24	0,24	-	0,5*

\* ОДК ГН 2.1.7.2511-09; \*\* ПДК (ГН 2.1.7.2041 – 06).

Результаты влияния почвогрунта на содержание тяжелых металлов в пахотном слое почвы в конце вегетационного периода после уборки урожая подтвердили безопасность нового продукта и возможность его использования.

Оценка фитотоксичности почвогрунта проведена по уровню транслокации тяжелых металлов в вегетативные и генеративные органы растений в микрополеводном опыте при 100 %-ном внесении почвогрунта (табл. 3).

**3. Содержание тяжелых металлов в вегетативных и генеративных органах тритикале при 100 %-ном внесении почвогрунта**

ТМ	Микроделяночный опыт (в сосудах)		% к контролю
	100%-ный почвогрунт	Контроль (без внесения)	
Солома			
Цинк	15,96±3,35	17,14±3,60	-6,88
Медь	2,99±0,69	6,13±1,41	-51,22
Свинец	0,25±0,09	0,37±0,13	-67,57
Кадмий	0,059±0,02	0,06±0,02	-1,67
Зерно			
Цинк	50,07±10,51	43,40±9,11	+15
Медь	3,66±0,84	5,94±1,37	-38
Свинец	0,74±0,26	0,34±0,12	+1,18
Кадмий	0,046±0,02	0,049±0,02	-6,12

Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии транслокации токсичных веществ в надземную часть растений, так как содержание тяжелых металлов в соломе и зерне тритикале было в пределах контрольных значений при выращивании опытной культуры на 100%-ном почвогрунте без разбавления.

**Выводы.** 1. Комплексное использование элементов наилучших доступных технологий (реагентное обеззараживание, компостирование, производство почвогрунтов) при утилизации осадка сточных вод биологических очистных сооружений позволяет получать безопасный для окружающей природной среды качественный продукт, соответствующий нормативным требованиям. 2. Биологическая эффективность при использовании почвогрунта без разбавления в агроценозе яровой тритикале составляет более 300 %, что доказывает отсутствие фитотоксичности нового продукта и возможность его применения при выращивании злаковых газонных культур. 3. Производство почвогрунтов при утилизации осадка сточных вод позволяет снизить уровень тяжелых

металлов до нормативных значений, что доказывают результаты исследований.

*Литература*

1. *Агроэкологическая* эффективность аэробного компостирования осадков сточных вод при производстве органических удобрений. С.Д. Карякина, А.В. Карякин, В.А. Касатиков // Проблемы агрохимии и экологии. - 2014 - № 3. - С 14-18.
2. ГОСТ Р 54651-2011 Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия.
3. ГОСТ Р 54534-2011 Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель
4. Губанов Л.Н., Филин В.А., Котов А.В., Бояркин Д.Ф. Использование осадков городских очистных сооружений в качестве почвоулучшающей композиции. Приложение к журналу «Вода: технология и экология», 2007.
5. *Информационно-технический справочник* по наилучшим доступным технологиям (ИТС 10-2015). Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. - М., Бюро НДТ, 2015 - 377 с.
6. Касатиков В. А., Раскатов В. А., Шабардина Н.П. Влияние микробиологических деструкторов лигнинсодержащих отходов на агроэкологические свойства компоста на основе осадка сточных вод и опилок. Доклады МСХА, вып. 283. - 2010.- С. 806-811.
7. Касатиков В.А., Черников В.А., Раскатов В.А. и др. Агроэкологические и технологические аспекты использования осадков городских сточных вод в качестве удобрения // Материалы международного симпозиума «Экологические и технологические вопросы производства и использования органических и органоминеральных удобрений на основе осадков городских сточных вод и твердых бытовых отходов». - Владимир, 2004. - С. 29-39.
8. *Ответная морфологическая реакция* сеянцев сосны обыкновенной на биокомпост на основе осадков сточных вод городских очистных сооружений. Правкина С.Д., Кузмищев Н.А., Левин В.И. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. - 2013 - № 4. - С 45-48.
9. Правкина С.Д., Карякин А.В., Левин В.И., Хабарова Т.В. Способ получения органоминерального удобрения из осадков сточных вод с помощью компостирования. Пат. 2489414 Российская Федерация, МПК C05F 7/00. - № 2011104448/13; Заявл. 9.02.11; публ. заявки 20.08.2012 Бюл.№ 23; опубл. 10.08.2013 Бюл. № 22.
10. СанПиН 2.1.7.1287-03 Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы.
11. *Федеральный Закон «Об охране окружающей среды»* № 7-ФЗ от 10.01.02.
12. *Федеральный Закон «Об отходах производства и потребления»* № 89-ФЗ от 24.06.98.
13. *Экологическая оценка* применения осадка сточных вод и вермикомпостов на агроземе торфяно-минеральном. Хабарова Т.В. // Автореферат на соискание ученой степени кандидата биологических наук. - М., 2015 - 22 с.

UDC 628.3

**EXPERIENCE IN APPLYING OF ELEMENTS OF THE BEST AVAILABLE TECHNOLOGIES (BAT) TO DISPOSE SEWAGE SLUDGE**

M.S. Matykhin<sup>1</sup>, S.D. Karyakina<sup>1</sup>, Yu.A. Mazhayskiy<sup>2</sup>, A.V. Karyakin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> FSBE HE RSATU, Kostycheva ul. 1, 390044 Ryazan, Russia, e-mail: [matmax@yandex.ru](mailto:matmax@yandex.ru), [pravkina@yandex.ru](mailto:pravkina@yandex.ru)

<sup>2</sup> Meshchersky Branch of Federal State Biological University "VNIIGiM Named after A.N. Kostyakov", Tipanova ul. 7, 390013 Ryazan, Russia, e-mail: [mail@mntc.pro](mailto:mail@mntc.pro)

<sup>3</sup> JSC "ECO-IZYSKANIYA", Mayakovskog ul. 72, 390000 Ryazan, Ryazanskiy region, Russia, e-mail: [karyakin@90mail.ru](mailto:karyakin@90mail.ru)

The article presents the research results on agroecological evaluation of soil substrate based on the sewage sludge from the city waste treatment plant disposed with elements of the best available technologies (BAT).

Keywords: composting, sewage sludge, soil, heavy metals, best available technologies.