



## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Сельскохозяйственная экология / Agricultural ecology

Оригинальная статья / Original article

УДК 631.95:628.381.1:581.5

DOI: 10.18470/1992-1098-2018-2-132-143

### АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД И ВЕРМИКОМПОСТОВ В АГРОЦЕНОЗЕ ОВСА ПОСЕВНОГО

<sup>1</sup>Татьяна В. Хабарова\*, <sup>1</sup>Дмитрий В. Виноградов,

<sup>2</sup>Борис И. Кочуров, <sup>1</sup>Виктор И. Левин, <sup>1</sup>Николай В. Бышов

<sup>1</sup>Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева, Рязань, Россия, [habarova-tv@mail.ru](mailto:habarova-tv@mail.ru)

<sup>2</sup>Институт географии Российской академии наук, Москва, Россия

**Резюме. Цель.** В статье предложены исследования по биотрансформации осадка сточных вод (ОСВ) очистных сооружений города Рязани в органоминеральное удобрение. Предложен экологический анализ эффективности использования удобрения в посевах овса. **Методы.** Определение показателей роста и развития растений, структуры урожая овса сорта Скакун, агрохимических показателей почвы. **Результаты.** Проведен анализ действия ОСВ и вермикомпостов, которые являются основой осадков сточных вод при выращивании овса посевного (*Avena sativa*) на органических почвах (агрозем торфяно-минеральный), который формирует благоприятные условия для развития растений и формирования высокой продуктивности культуры, обеспечивая получение экологически безопасной зерновой продукции. **Заключение.** Выявлено действие обезвоженного осадка сточных вод и вермикомпостов установки биологической очистки города Рязани на продуктивность овса сорта Скакун. Использование ОСВ и вермикомпостов отмечено увеличением элементов структуры урожая зерновой культуры, как следствие, повышением биопродуктивности фитоценоза, что свидетельствует о целесообразности использования ОСВ в качестве удобрений.

**Ключевые слова:** осадок сточных вод, агрозем торфяно-минеральный, вермикомпосты, тяжелые металлы, биологическая активность почвы, овес, урожайность.

**Формат цитирования:** Хабарова Т.В., Виноградов Д.В., Кочуров Б.И., Левин В.И., Бышов Н.В. Агроэкологическая эффективность использования осадка сточных вод и вермикомпостов в агроценозе овса посевного // Юг России: экология, развитие. 2018. Т.13, N2. С.132-143. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-2-132-143

### AGROECOLOGICAL EFFICIENCY OF SEWAGE SLUDGE AND VERMICOMPOST IN AGROCENOSES OF CULTIVATED OAT

<sup>1</sup>Tatyana V. Khabarova\*, <sup>1</sup>Dmitriy V. Vinogradov,

<sup>2</sup>Boris I. Kochurov, <sup>1</sup>Viktor I. Levin, <sup>1</sup>Nikolay V. Byshov

<sup>1</sup>Ryazan State Agrotechnological University  
named after P.A. Kostychev,

Ryazan, Russia, [habarova-tv@mail.ru](mailto:habarova-tv@mail.ru)

<sup>2</sup>Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences,  
Moscow, Russia



**Abstract. Aim.** The article suggests research on biotransformation of sewage sludge from treatment facilities in the city of Ryazan into organomineral fertilizer. An ecological analysis of the efficiency of fertilizer use in oat cultivation is proposed. **Methods.** Determination of growth and development indices of plants, structure of the oats crop of the Skakun variety, agrochemical indices of the soil. **Results.** Analyzed the effect of sewage sludge and vermicomposts, which are the basis for the cultivation of oats (*Avena sativa*) on organic soils (peat-mineral soil) which forms favorable conditions for the development of plants and the formation of high productivity of the crop, ensuring the production of ecologically safe grain products. **Conclusion.** The effect of the dehydrated sewage sludge and vermicomposts from the biological treatment plant in the city of Ryazan on the productivity of the Skakun oat has been revealed. The use of sewage sludge and vermicomposts is marked by an increase in the elements of the crop structure of the grain crop, as a consequence, by an increase in the bioproductivity of the phytocenosis, which indicates the advisability of using sewage sludge as a fertilizer.

**Keywords:** sewage sludge, peat-mineral soil, vermicomposts, heavy metals, biological activity of soil, oats, yield.

**For citation:** Khabarova T.V., Vinogradov D.V., Kochurov B.I., Levin V.I., Byshov N.V. Agroecological efficiency of sewage sludge and vermicompost in agrocenoses of cultivated oat. *South of Russia: ecology, development*. 2018, vol. 13, no. 2, pp. 132-143. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2018-2-132-143

## ВВЕДЕНИЕ

Серьезную опасность природной среде представляют отходы антропогенной деятельности, увеличиваясь из года в год на различных территориях, являясь источником различных видов загрязнения, ухудшая ее санитарно-эпидемиологические, экологические и эстетические качества [1; 2].

К аккумуляции в ландшафтах большого количества органосодержащих техногенных отходов приводит динамический рост урбанизированных территорий. Большой вред в загрязнение окружающей среды вносят осадки сточных вод (ОСВ) очистных сооружений населенных пунктов, которые имеют высокое содержание макро- и микроэлементов.

Содержание в ОСВ нужных для зерновых растений элементов питания обуславливает их использование как нетрадиционных органоудобрений, и решает экологические проблемы их утилизации [3; 4].

В промышленных объемах использование ОСВ в Российской Федерации не выше 7% от их общего количества, в то же время во многих других передовых государствах в качестве удобрений их применяют до 40% [5-7].

Исходя из статистических сведений, предоставленных агрохимической службой России, около 50% пашни в России характеризуется низким содержанием гумуса, 23% – недостатком фосфора и около 10% – калия.

Большому разрушению почвенного плодородия подвержены торфяные и выработанные торфяником почвы: снижая своё естественное плодородие, данные почвы трансформируются в антропогенно-преобразованный агрозем торфяно-минеральный [8; 9].

На долю овса в Российской Федерации приходится 25% от мирового производства. В структуре посевных площадей овес в России занимает 12-13%, что свидетельствует о важности этой зерновой культуры в народном хозяйстве страны. В Нечерноземной зоне – это важнейшая зерновая культура. Его используют на продовольственные цели, как сырьё для пивоваренной промышленности и зернофуража.

Корневая система овса, является значимым фактором в использовании вермикомпостов и сточных вод. Корневая система овса хорошо развита, обладает высокой усваивающей способностью. Культура требовательна к влаге, критический период в ее потреблении в фазы от выхода в трубку до выметывания. Овес менее других зерновых чувствителен к кислотности почвы.

В связи с этим, актуальной экологической проблемой является применение ОСВ и вермикомпостов и выработка на их основе мер по реабилитации нарушенного плодородия исследуемых почв, а также по-



вышения биопродуктивности агрофитоценозов овса.

**Целью** наших исследований явилось изучение биотрансформации ОСВ очистных сооружений города Рязани в органоминеральное удобрение с учетом экологической эффективности при использовании фитоценоза овса на торфяно-минеральном агроземе.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Опыты закладывались в ОПХ «Полково» МФ Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени Костякова (ВНИИГиМ) и агротехнологической опытной станции УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Эксперименты проводились в два этапа: лабораторные исследования и полевые опыты. Повторность опыта четырехкратная.

Опыт заложен на агроземе торфяно-минеральном, содержание: фосфор – 502,85 мг/кг, калий – 99,2 мг/кг. Объект исследования – овес сорта Скакун.

Химический анализ ОСВ проводили в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы» [10]. До применения ОСВ в экспериментах, его хранение обеспечивали на иловых картах продолжительностью до 3-х месяцев после выемки из аэротенков.

Агрохимическая характеристика осадка: влажность – 68%; pH – 8,8; азот – 1,74%, фосфор – 1,60%, калий – 0,33%. Со-

Задачами исследования явились:

– Комплексная агрохимическая оценка ОСВ и вермикомпостов.

– Эколого-агрохимическая оценка доз органических удобрений в агрофитоценозах овса.

– Оценка последствий ОСВ на рост, развитие, физиологические признаки и продуктивность овса в потомстве.

удержание макроэлементов соответствовало требованиям, предъявляемым к осадкам, применяемым в качестве удобрения.

Определение фитотоксичности ОСВ и вермикомпостов (СП 2.1.7. 1386 – 03) [11]; посевные качества семян (ГОСТ 12038-84), биометрию проростков овса.

При подготовке вермикомпостов ОСВ на основе соломы, навоза КРС, птичьего помета использовали гибрида красного калифорнийского червя *Eisenia foetida* (Ef).

Органическая структура в компостах: ОСВ+солома+Ef (1:1), ОСВ+солома+куриный помет +Ef (1:2:1), ОСВ+солома+навоз КРС+Ef (1:1:1).

Определение содержания pH солевой вытяжки (ГОСТ 26483-85), гумус (ГОСТ 26213-91), фосфора и калия (ГОСТ 26207), содержание тяжелых металлов (ТМ) (Pb, Cd, Ni, Cr<sub>общ</sub>, Zn, Cu, Hg, As) атомно-абсорбционным методом по ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.36-02 [12]. Математическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову [13].

### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценивая фитотоксичность осадков сточных вод установлено, что ОСВ в концентрации 1:10 тормозил ростовые процессы и сильно изменял показатели зародышевых корешков.

Отмечалось снижение длины зародышевого корешка в 4,37 раза, объема зеленой массы – в 1,5-1,8 раза по сравнению с контролем, формировалось по 2,3 шт. зародышевых корешков. Снижение токсичных свойств ОСВ отмечено с совместным понижением концентрации.

В опытах четко наблюдалось стимулирующее действие ОСВ в начальных фазах роста и развития овса при концентрации 1:10000, в основном, путем увеличения длины и массы зародышевых корешков на

16,2% и 20,1% к контролю. На данных вариантах по 4,9 шт. зародышевых корешков, тогда как в контроле было 4,3 шт.

Результаты опытов показывают, что в соответствии с регламентированными методами оценки фитотоксичности осадков (СП 2.1.7. 1386-03) опытные ОСВ относятся к 3-му классу опасности.

При различных концентрациях водной вытяжки ОСВ отмечено существенное изменение ростовых процессов семян овса в начальных фазах роста культуры.

Стимулирующий эффект ОСВ отмечен с уменьшением концентрации от 1:100 до 1:10000. Увеличение энергии прорастания и лабораторной всхожести семян культуры, составило на 14,3% и 5,7% по сравне-



нию с контролем. При концентрации 1:10000 длина ростка и coleoptile на 3,6 и 4,5 мм выше, чем на контроле.

Отметим существенное улучшение трофических свойств вермикомпостов при использовании ОСВ (табл. 1).

Таблица 1

Действие вермикомпостов на энергию прорастания, всхожесть, зародышевый корешок и длину ростка овса

Table 1

Effects of vermicomposts on germination energy, development of germinal root and length of sprout

Варианты Variants	Энергия прорастания, % Energy of germination, %	Лабораторная всхожесть, % Laboratory germination, %	Зародышевый корешок Embryonic rootlet		Длина ростка, мм Length of sprout, mm
			Длина, мм Length, mm	Число, шт Number, pcs.	
Контроль Control	66,3±2,6	91,0±1,2	59,3±3,1	4,1±0,81	40,5±0,3
Осадки сточных вод+солома+черви Sewage sludge+straw+worms	67,0±4,1*	94,0±3,2	61,8±0,9*	4,2±0,91	42,6±2,1
Осадки сточных вод+солома+органика+черви Sewage sludge+straw+organic fertilizer+worms	84,1±2,1*	96,5±1,4*	67,3±2,1*	4,4±1,0	45,8±0,5*
Осадки сточных вод+солома+птичий помет+черви Sewage sludge+straw+bird droppings+worms	75,2±3,2*	95,2±1,6	68,3±1,3*	4,5±0,95	47,3±0,2*

\* – Различия существенные для  $P \geq 0,95$  / Differences significant for  $P \geq 0.95$

Показатель энергии прорастания на 8,9-17,8% и лабораторной всхожести на 4,2-5,5% выше контроля, на вариантах ОСВ+солома+навоз КРС и ОСВ+солома+птичий помет.

Торфяные почвы в результате опытов снижали свои генетические свойства и начали трансформироваться в антропогенно-преобразованные комплексы. Введение в биологический круговорот органоминеральных веществ, стало одним из приемов сдерживания деградации торфяных почв.

Использование ОСВ и вермикомпостов, с повышенным содержанием основных макро- и микроэлементов, способствует повышению плодородия торфяных почв и выработанных торфяников, увеличивает гумус и продуктивность посевов.

На вариантах опыта при дозах удобрения 9 и 27 т/га увеличивался линейный рост растений (табл. 2). В фазу выметывания метелки на варианте с использованием 9 т/га высота овса на 11,8% больше контрольного варианта, на варианте с 27 т/га – на 37,4%, в фазу молочной спелости зерна на 15,6 и 18,9%. Действие ОСВ существенно повлияло на морфологию овса, увеличивая объем листостебельной массы.

Отметим, что у овса основная масса корней располагается в пахотном слое. Его поглотительная способность снижается, по мере развития растений. Наибольшее количество легкодоступных питательных веществ культура потребляет в начальные фазы роста, что особенно важно в агротехнологиях с использованием ОСВ.



Таблица 2

Элементы структуры урожая овса в зависимости от действия  
доз осадка сточных вод (среднее за 3 года)

Table 2

Elements of the structure of the yield of oats, depending on the effect  
of doses of sewage sludge (average for 3 years)

Варианты опыта Variants of experience	Высота растений, см Plants height, cm	Ширина листа, мм Sheet width, mm	Длина листа, мм Sheet length, mm	Число листьев на 1 растении, шт. Number of leaves per plant, pcs.	Площадь листьев 1 растения, см <sup>2</sup> Area of leaf of a separate plant, cm <sup>2</sup>
<b>Фаза выметывание метелки / Heading phase</b>					
Контроль / Control	39,9±1,5	10,6±0,2	195,2±4,4	4,6±0,2	108,3±2,1
3 т/га / 3 t/ha	37,9±1,4	11,3±0,1	207,8±3,5	4,8±0,3	112,8±1,9
9 т/га / 9 t/ha	44,6±1,8	12,3±0,2*	231,2±5,2*	5,1±0,2	139,3±2,3*
27 т/га / 27 t/ha	54,2±2,1*	13,0±0,33	238,6±6,3*	5,9±0,3*	182,3±1,7*
Контроль / Control	26,2±2,2	10,6±0,2	191,1±3,5	4,7±0,25	61,1±3,5
Осадки сточных вод+солома Sewage sludge+straw	28,9±1,3	10,0±0,1	190,8±4,4	5,6±0,23	85,3±5,2
Осадки сточных вод+солома+навоз Sewage sludge+straw+manure	34,2±2,0*	10,5±0,1	202,5±5,1	6,0±0,29	102,4±6,8*
Осадки сточных +солома+птичий помет Sewage sludge+straw+ bird droppings	37,9±1,9*	10,9±0,2	226,0±6,2*	7,2±0,30*	120,8±9,5*
<b>Фаза молочной спелости зерна / Milk-ripe stage of grain</b>					
Контроль / Control	75,4±2,5	12,3±0,19	228,8±3,2	4,7±0,3	133,4±1,8
3 т/га / 3 t/ha	70,4±2,1	13,0±0,40	240,2±6,1	5,3±0,3	134,9±1,5
9 т/га / 9 t/ha	87,2±2,3*	14,0±0,27*	253,9±4,5*	5,4±0,4*	164,9±1,3*
27 т/га / 27 t/ha	89,7±1,8*	14,7±0,29*	261,3±7,1*	6,0±0,5*	213,3±1,2*
Контроль / Control	68,3±3,0	11,1±0,2	210,3±3,0	5,1±0,14	79,2±4,9
Осадки сточных вод+солома Sewage sludge+straw	75,4±2,9	12,4±0,4	211,6±5,9	5,7±0,15*	102,8±5,8*
Осадки сточных вод+солома+навоз Sewage sludge+straw+manure	81,3±3,1	13,0±0,3	232,0±4,3*	6,0±0,17*	121,3±9,7*
Осадки сточных +солома+птичий помет Sewage sludge+straw+ bird droppings	87,4±4,2*	13,6±0,1	231,9±7,0*	7,3±0,23*	181,4±11,4*

\* – Различия существенные для  $P \geq 0,95$  / Differences significant for  $P \geq 0.95$



Вермикомпосты усиливали пищевой режим овса, что способствовало повышению продуктивности культуры. В зависимости от фазы роста высота растений превышала контроль на 19,0-44,6%. Фотосинтетические показатели растений на вариантах исследования выше контроля в 2 и более раза. Отмечены существенные отличия по морфоло-

гии овса на варианте ОСВ+солома+птичий помет.

Действие ОСВ положительно оказало влияние на элементы структуры урожая овса, особенно на увеличение показателя массы 1000 семян, по сравнению с контролем (табл. 3).

Таблица 3

**Морфологические признаки генеративных органов растений овса  
(среднее значение за 3 года)**

Table 3

**Morphological characteristics of the generative organs of oat plants  
(average for 3 years)**

Варианты опыта Experimental variants	Побеги, шт/ 1 растение Shoots, pcs / 1 plant		Количество мутовок метелки, шт/растение Number of panicle verticils, pcs/plant	Метелки Panicles		Масса 1000 зерен, г Weight of 1000 grains, g
	вегетативные Vegetative	генеративные Generative		Длина, см Length, cm	Число зерен, шт. Number of grains, pcs	
Контроль Control	0,82±0,03	1,26±0,05	3,73±0,24	13,12±1,20	26,75±1,83	30,20±1,10
3 т/га / 3 t/ha	1,18±0,01	1,55±0,01	5,50±0,22*	13,38±1,51	30,00±2,11	31,76±0,19
9 т/га / 9 t/ha	0,92±0,01	2,10±0,04*	6,67±0,30*	16,13±1,24*	38,99±2,26*	31,72±1,14
27 т/га / 27 t/ha	0,93±0,02	2,10±0,02*	7,37±0,17*	16,43±1,29*	37,95±1,50*	31,71±1,23
Контроль Control	1,0±0,0	1,3±0,0	3,2±0,2	13,7±1,5	30,0±1,6	27,7±1,9
Осадки сточных вод+солома Sewage sludge+straw	0,8±0,0	1,8±0,0*	5,7±0,2	14,85±1,1	32,5±1,5	32,6±1,7*
Осадки сточных вод+солома +навоз Sewage sludge+straw+ manure	0,8±0,0	1,9±0,0*	5,9±0,3*	15,8±1,3*	34,5±1,5*	31,3±1,6*
Осадки сточных вод+солома+птичий помет Sewage sludge + straw + bird droppings	1,1±0,0	1,8±0,0*	6,3±0,5*	17,0±1,2*	36,5±1,4*	32,8±1,8*

\* – Различия существенные для  $P \geq 0,95$  / Differences significant for  $P \geq 0,95$

Прибавка сухого вещества культуры осуществлялась за счет активности фотосинтетического аппарата. В опытах отмечено увеличение числа стеблей на 0,5-0,6 шт., мутовок в метелке – на 3,1-2,5 шт. на 1 рас-

тение. Максимальное увеличение числа генеративных органов наблюдается на варианте ОСВ+солома+навоз КРС.

Структура растений, внешний вид свидетельствует о существенном влиянии



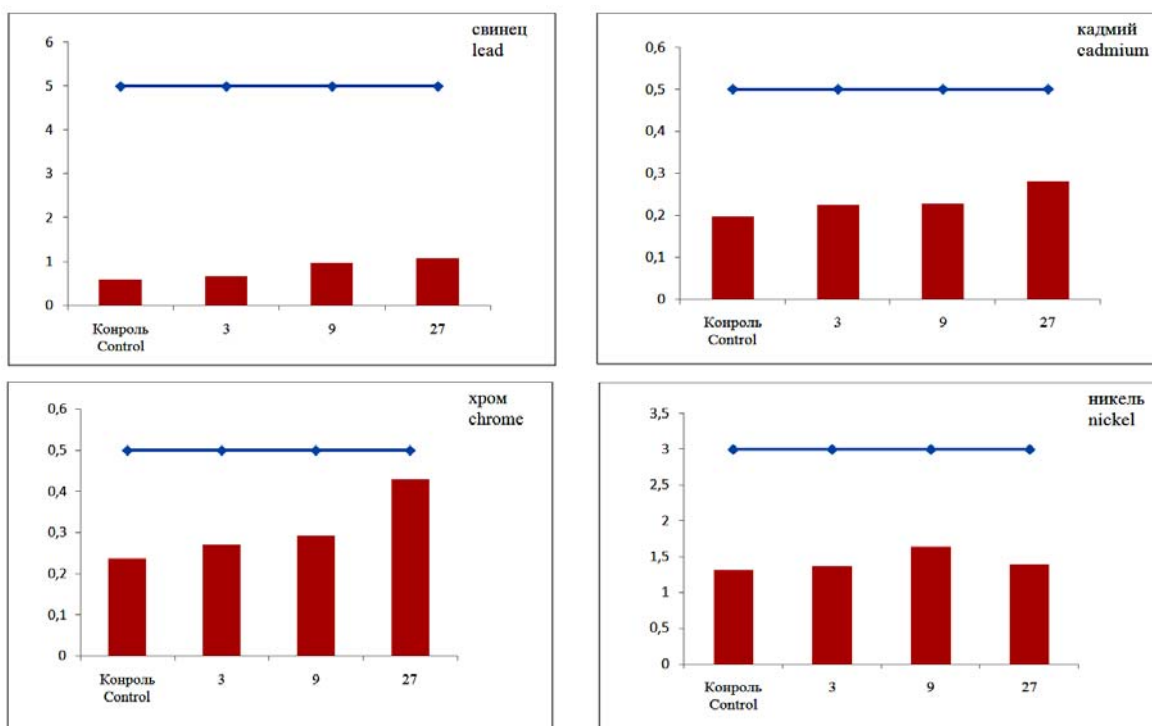


ОСВ на метаболические процессы и, в конечном итоге, на продуктивность зерновой культуры.

ОСВ положительно влиял на сохранность и выживаемость овса перед уборкой, благодаря улучшению режима питания растений, а также увеличению устойчивости к стрессам и другим факторам среды в течение наступления всех фаз развития культуры. Увеличение данного показателя к контролю 6-8%, в зависимости от варианта опыта.

Микроэлементы, входящие в состав ОСВ и вермикомпостов, в растительном организме выполняют важнейшие эколого-физиологические функции, положительно влияя на рост, развитие и продуктивность сельскохозяйственных культур.

В опыте, при поглощении овсом тяжелых металлов, содержащихся в почве на различных вариантах (транслакация), не в одном из изучаемых химических элементов в растениях культуры не отмечено превышения минимально допустимого уровня (МДУ) (рис. 1, 2).



◆ – Максимально Допустимый Уровень (МДУ) мг/кг / Maximum Permissible Level (MRL) mg/kg

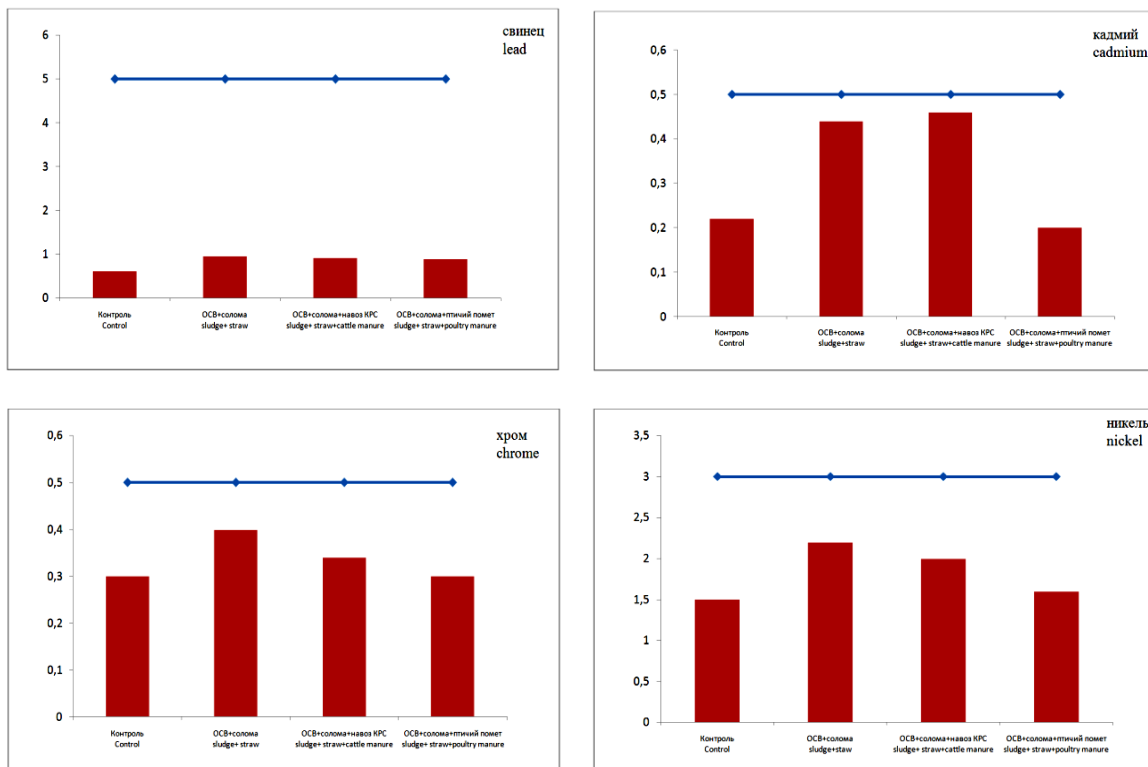
**Рис.1. Действие осадка сточных вод на содержание тяжелых металлов в растениях овса (сухая масса), мг/кг**

**Fig.1. Effect of sewage sludge on the content of heavy metals in oat plants (dry weight), mg/kg**

Поглощение и накопление ТМ сельскохозяйственными культурами зависит от интенсивности загрязнения почв. Использование растениями ТМ из почв зависит от биологии культур, а так же конкретных сортов. Таким образом, при одном и том же содержании металлов в почвенном грунте показания накопленных в товарной продукции ТМ часто значительно отличается.

Многие минеральные удобрения физиологически кислые соли, поэтому ре-

гулярное их использование ведет к увеличению кислотности почв и как следствие к повышению подвижности ТМ. Так же, в состав многих минеральных удобрений входят токсичные соединения, таким образом, увеличивая загрязнение почвы. В наших исследованиях, увеличение содержания ТМ в почве, зеленой массе и семенах овса, при использовании ОСВ и вермикомпостов, отмечено не было.



◆ – Максимально Допустимый Уровень (МДУ) мг/кг / Maximum Permissible Level (MRL) mg/kg

**Рис.2. Динамика содержания тяжелых металлов в растениях овса при использовании видов компостов (сухая масса), мг/кг**

**Fig.2. Dynamics of heavy metals in oat plants when using compost types (dry weight), mg/kg**

ОСВ и вермикомпосты доказывают в работе положительное влияние на динамику накопления сухого вещества овса, которое сохранялось и во второй половине органогенеза культуры.

Зеленая масса растений была больше в фазу метелки на 10,43-53,2%, в фазу молочной спелости – на 19-49,8% чем на контроле. Это можно объяснить увеличением питания растений овса в течение всего онтогенеза. На варианте ОСВ в дозе 27 т/га наблюдалась максимальная фитомасса овса.

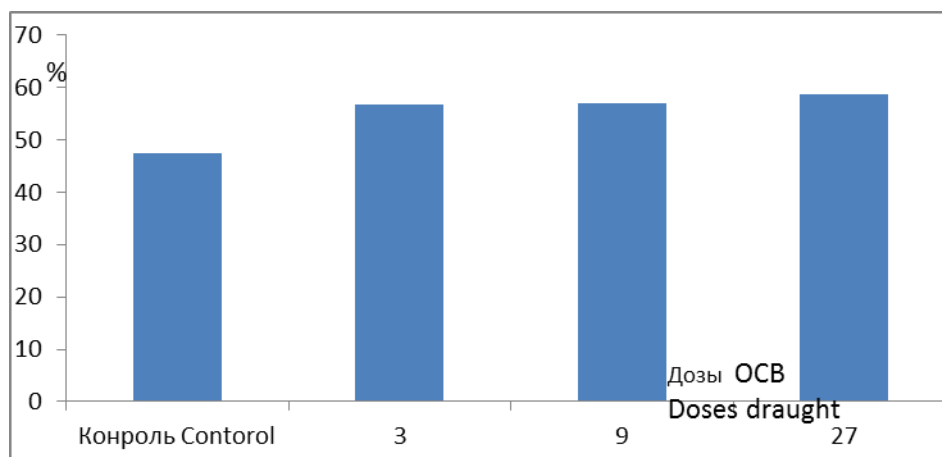
Осадок сточных вод – сложный органоминеральный комплекс. Лимитирующим фактором использования ОСВ в агроценозах становится увеличение накопления в них тяжелых металлов и патогенных микроорганизмов.

ОСВ в исследуемых дозах стимулировал повышение минерального питания культуры на агроземе. В опытах отметим устойчивое увеличение накопление фосфо-

ра, калия, общего и нитратного азота при внесении ОСВ. Максимальный уровень содержания макро- и микроэлементов наблюдался при внесении ОСВ в дозе 27 т/га. Действие ОСВ сопровождалось увеличением на 0,37-0,57% массовой доли органического вещества по всем вариантам исследований.

Важным индикатором экологического состояния почвы, характеризующим её биологическую активность, является интенсивность разложения целлюлозы льняного полотна. С увеличением доз внесения удобрений суммарная биологическая и ферментативная активность агрозема так же становилась больше. Таким образом, подтверждается активизация целлюлозолитической микрофлоры и микробиологических процессов в почве. По всем вариантам опытов снижение массы льняного полотна 56,8-58,6%, на контрольном варианте – 47,4% (рис. 3).



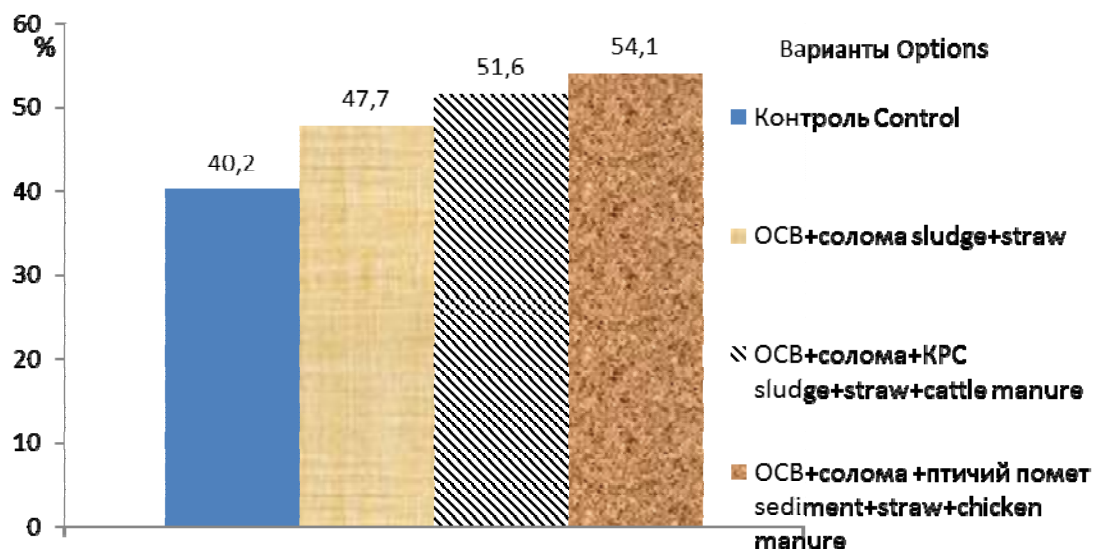


**Рис.3. Действие осадков сточных вод на убыль массы льняного полотна (30 дней)**

**Fig.3. The effect of sewage sludge on the loss of linen cloth (30 days)**

Использование видов вермикомпостов способствовало более интенсивному разложению льняного полотна, чем на контроле, на протяжении всех фаз роста и раз-

вития растений овса. Максимальная целлюлолитическая активность почвы отмечена у ОCB+солома+птичий помет, на 13,9% больше контроля (рис. 4).



**Рис.4. Биологическая активность почвы в зависимости от вариантов вермикомпостов, %**

**Fig.4. Biological activity of soil depending on variants of vermicomposts, %**

#### ВЫВОДЫ:

1. Исследованиями подтверждено, что вытяжка водного компонента из ОCB биологических очистных сооружений города Рязани в концентрации 1:10 и 1:100 оказывала ингибирующее воздействие на фазу прорастания овса, а в концентрации 1:1000 и 10000 – стимулирующее действие.

2. Фитотоксичность субстрата на основе вермикомпоста и ОCB отмечалась повышением посевных качеств семян. Лучший вариант в опыте – ОCB+солома+куриный помет.

3. Использование ОCB 3 т/га, 9 т/га и 27 т/га на деградированном агроземе приводило к повышению в почве содержания



органического вещества на 0,40-0,57%, общего азота на 0,01-0,06%, общего фосфора на 1,8-11,1%, обменного калия на 5,1-33,2 мг/кг и повышению биологической активности почвы на 9,4-11,2%.

4. Влияние ОСВ и вермикомпостов в виде удобрений вело к изменению морфологических признаков и стимулировало развитие растений овса на этапах органогенеза. ОСВ увеличивало продуктивность фотосинтеза и фотосинтетический потенциал на 47,7-52,4 % и 31,0-88,2% в зависимости от варианта исследований.

5. На вариантах с действием ОСВ не отмечено токсичного эффекта: растения не

отставали в росте и развитии, не наблюдалось хлороза и некроза листовых пластинок от увеличенных доз осадка. В то же время, использование осадка стимулировало рост, активно развивался фотосинтетический аппарат растений, как следствие увеличивалась урожайность овса.

6. Внесение осадков и вермикомпостов в качестве удобрений не вело к нарушению санитарно-гигиенических нормативов в почве тяжелых металлов, зеленой массе культуры. На варианте вермикомпоста ОСВ+солома+куриный помёт отмечался самый низкий коэффициент транслокации ТМ в растения исследуемой культуры.

#### Практические предложения

При производстве органоминерального удобрения из городских ОСВ предлагается смешивать их предварительно с навозом КРС, куриным помётом и соломой в соотношении 1:1 и вермикомпостировать, используя компостных червей вида *Eisenia foetida*. С целью увеличения продуктивности

фитоценозов и стабилизации плодородия почвы рекомендуется внесение ОСВ в различных дозах и вермикомпосты, которые сформированы на основе субстратов: ОСВ+солома, ОСВ+солома+навоз КРС или ОСВ+солома+куриный помёт в дозе 9 т/га.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Левин В.И., Хабарова Т.В. Влияние осадка сточных вод на морфофизиологическую изменчивость растений овса (*Avena sativa*) в агроценозах // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2012. N 4 (16). С. 44–47.
2. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Влияние различных уровней агроэкологических нагрузок на биохимические характеристики почвы // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11, N 4. С.139–148. DOI:10.18470/1992-1098-2016-4-139-148
3. Shchur A., Valkho V., Vinogradov D., Valko O. Influence of biologically active preparations on Cs-137 transition to plants from soil in the territories contaminated as the result of Chernobyl accident / Impact of Cesium on Plants and the Environment // Springer International Publishing Switzerland, 2016. vol. 51–70. DOI: 10.1007/978-3-319-41525-3.
4. Хабарова Т.В. Морфологические признаки проростков овса, как биотест на фитотоксичность осадка сточных вод и компостов // Юбилейный сборник научных трудов ФГБОУ ВПО РГТУ посвященный 100-летию со дня рождения профессора С.А. Наумова. 2012. С. 275–277.
5. Макарова М.П., Виноградов Д.В. Влияние органоминеральных удобрений на основе ОСВ и цеолита на продуктивность агроценоза ярового рапса // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2013. N 3 (19). С. 109–112.
6. Хабарова Т.В., Виноградов Д.В., Щур А.В. Методы экологических исследований. Рязань: РГТУ, 2017. 128 с.
7. Хабарова Т.В., Левин В.И., Карякина С.Д. Выращивание экологически безопасной продукции при применении вермикомпостов // Проблемы механизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. Сборник материалов научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы механизации и информатизации в повышении уровня почвенного плодородия в органическом земледелии», Рязань, 16-17 ноября, 2016. N10. С. 179–184.
8. Хабарова Т.В., Тришкин И.Б., Кочетков А.С. Способ и технология промышленного вермикомпостирования отходов сельскохозяйственного производства // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2016. N 1 (2). С. 10–15.
9. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Нитрификационная активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2015. N 2 (26). С. 21–26.
10. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического



анализа. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost> (дата обращения: 23.12.2014)

11. Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления (СП 2.1.7.1386-03). URL:

<http://www.ecobest.ru/snip/folder-1/list-71.html>. (дата обращения: 23.12.2014).

12. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии. М.: МГУ, 2001. 689 с.

13. Доспехов Б.А. Методика опытного дела. М.: «Агропромиздат», 1985. 228 с.

## REFERENCES

1. Levin V.I., Khabarova T.V. Waste water mud influence on morpho-physiological variability of oats (*Avena sativa*) in agrocoenosis. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva* [Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev]. 2012, no. 4 (16), pp. 44–47. (In Russian)
2. Shchur A.V., Vinogradov D.V., Valckho V.P. Effect of different levels agroecological loads on biochemical characteristics of soil. *South of Russia: ecology, development*, 2016, vol. 11, no. 4, pp. 139–148. DOI:10.18470/1992-1098-2016-4-139-148
3. Shchur A., Valkho V., Vinogradov D., Valko O. Influence of biologically active preparations on Cs-137 transition to plants from soil in the territories contaminated as the result of Chernobyl accident. In: *Impact of Cesium on Plants and the Environment*. Springer International Publishing Switzerland, 2016, vol. 51–70. DOI: 10.1007/978-3-319-41525-3.
4. Khabarova T.V. Morphological signs of oats sprouts, as a biotest on the phytotoxicity of sewage sludge and compost. In: *Yubileinyi sbornik nauchnykh trudov FGBOU VPO RGATU posvyashchennyi 100-letiyu so dnya rozhdeniya professora S.A. Naumova* [Jubilee collection of scientific works of the of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor S.A. Naumov]. 2012, pp. 275–277. (In Russian)
5. Makarova M.P., Vinogradov D.V. Influence on the basis organomineral fertilizers sewage sludge and zeolites on productivity spring rape. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva* [Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev]. 2013, no. 3 (19), pp. 109–112. (In Russian)
6. Khabarova T.V., Vinogradov D.V., Shchur A.V. *Metody ekologicheskikh issledovaniy* [Methods of ecological research]. Ryazan, RSATU Publ., 2017. 128 p. (In Russian)
7. Khabarova T.V., Levin V.I., Karyakina S.D. Vyrashchivanie ekologicheski bezopasnoi produktsii pri primeneni vermicompostov [The cultivation of environmentally friendly products in the application of vermicomposts]. *Sbornik materialov nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Aktualnye*

- problemy mekhanizatsii i informatizatsii v povyshenii urovnya pochvennogo plodorodiya v organicheskom zemledelii*», Ryazan', 16-17 noyabrya, 2016 [Collection of materials of the scientific-practical conference with international participation "Actual problems of mechanization and informatization in raising the level of soil fertility in organic farming", Ryazan, 16-17 November, 2016]. Ryazan, 2016, pp. 179–184. (In Russian)
8. Khabarova T.V., Trishkin I.B., Kochetkov A.S. Way and industrial vermicompostirovaniya's technology of waste of agricultural production. *Vestnik Soveta molodykh uchenykh Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva* [Bulletin of the Council of Young Scientists Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev]. 2016, no. 1 (2), pp. 10–15. (In Russian)
9. Shchur A.V., Vinogradov D.V., Valko V.P. Soil nitrification activity at different levels of agrotechnic impact. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva* [Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev]. 2015, no. 2 (26), pp. 21–26. (In Russian)
10. GOST 17.4.4.02-84 *Okhrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza* [GOST 17.4.4.02-84 Protection of nature. Soil. Methods of selection and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/gost> (accessed 23.12.2014)
11. *Sanitarnye pravila po opredeleniyu klassa opasnosti toksichnykh otkhodov proizvodstva i potrebleniya (SP 2.1.7.1386-03)* [Sanitary rules for determining the hazard class of toxic production and consumption wastes (SP 2.1.7.1386-03)]. Available at: <http://www.ecobest.ru/snip/folder-1/list-71.html>. (accessed 23.12.2014).
12. Mineev V.G. *Praktikum po agrokhimii* [Workshop on agrochemistry]. Moscow, MSU Publ., 2001. 689 p. (In Russian)
13. Dospekhov B.A. *Metodika opytnogo dela* [Methods of experimental work]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985, 228 p.



## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

### Принадлежность к организации

**Татьяна В. Хабарова\*** – кандидат биологических наук, доцент кафедры лесного дела, агрохимии и экологии, Рязанский государственный агротехнологический университет, тел.: 89156166389, Россия, 390044 г. Рязань, ул. Костычева, д. 1, e-mail: xabarova-tv@mail.ru

**Дмитрий В. Виноградов** – доктор биологических наук, профессор заведующий кафедрой агрономии и агротехнологий, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия.

**Борис И. Кочуров** – доктор географических наук, профессор, Институт географии Российской академии наук, г. Москва, Россия.

**Виктор И. Левин** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесного дела, агрохимии и экологии, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия.

**Николай В. Бышов** – доктор технических наук, профессор, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия.

### Критерии авторства

Татьяна В. Хабарова – собрала материалы, провела анализы. Дмитрий В. Виноградов, Борис И. Кочуров, Виктор И. Левин, Николай В. Бышов – проанализировали полученные данные и корректировали рукопись. Все авторы участвовали в написании рукописи, и несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 20.02.2018

Принята в печать 04.04.2018

## AUTHORS INFORMATION

### Affiliation

**Tatyana V. Khabarova\*** – Candidate of Biological Science, Associate Professor of the Department of Forestry, Agro-Chemistry and Ecology, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, tel.: 89156166389, Russia 390044 Ryazan, 1, Kostycheva St., e-mail: xabarova-tv@mail.ru

**Dmitry V. Vinogradov** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Agronomy and Agrotechnology, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia.

**Boris I. Kochurov** – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

**Victor I. Levin** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forestry, Agrochemistry and Ecology, Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan, Russia.

**Nikolay V. Byshov** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia.

### Contribution

Tatyana V. Khabarova collected materials, conducted analyzes. Dmitry V. Vinogradov, Boris I. Kochurov, Victor I. Levin, Nikolay V. Byshov analyzed the data and corrected the manuscript. All authors participated in the writing of the manuscript, and are responsible for avoiding the plagiarism and self-plagiarism.

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 20.02.2018

Accepted for publication 04.04.2018