

*На правах рукописи*

**Власова Ольга Александровна**

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ  
КОМПОСТОВ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ДЕРНОВО-  
ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО – ЗАПАДА  
НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ**

**Специальность 06.01.04 - агрохимия**

**АВТОРЕФЕРАТ  
на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук**

**Москва 2014**

Работа выполнена в ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова

**Научный руководитель:** доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
член-корреспондент Россельхозакадемии

**Байбеков Равиль Файзрахманович**

**Официальные оппоненты: Борисов Борис Анорьевич**

доктор биологических наук,  
Российский государственный аграрный  
университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,  
кафедра почвоведения, доцент

**Фрид Александр Соломонович**

доктор сельскохозяйственных наук  
ГНУ Почвенный институт имени В.В. Докучаева,  
отдел биологии и биохимии почв,  
главный научный сотрудник

**Ведущая организация: ГНУ Агрофизический**

**научно – исследовательский институт**

Защита диссертации состоится « 5 » июня 2014 года в 14.00 на заседании диссертационного совета Д. 006.029.01 при ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова Россельхозакадемии: 127550, Москва, ул. Прянишникова, 31 а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова и на сайте: <http://www.vniia-pr.ru/zashita/02-2014t.htm>

Автореферат разослан «    » 2014 года.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета. Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять по адресу: 127550, г.Москва, ул. Д.Н. Прянишникова, д. 31 а, ученому секретарю диссертационного совета. E-mail: [dissovet\\_vniia@mail.ru](mailto:dissovet_vniia@mail.ru)

**Ученый секретарь**

**диссертационного совета**

**Никитина Любовь Васильевна**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Возрастающая потребность и необходимость обеспечения населения России высококачественным продовольствием, а также проблемы экологической безопасности природной среды требуют устойчивого развития сельскохозяйственного производства. Одним из основных условий обеспечения высокой и устойчивой продуктивности земледелия является сохранение и повышение плодородия почв. Важным резервом восполнения органического вещества могут служить отходы коммунального хозяйства, в том числе осадки сточных вод (ОСВ).

На предприятиях Вологодской области действуют 247 очистных сооружений канализации. Общая мощность очистных сооружений предприятия МУП ЖКХ «Вологдагорводоканал» составляет 120 тыс. м<sup>3</sup> жидких стоков в сутки.

Утилизация муниципальных отходов представляет серьезную экологическую проблему. При этом важно учитывать, что осадки сточных вод имеют высокую ценность как органическое удобрение для сельскохозяйственных культур, но наличие в них примесей токсичных элементов может служить ограничительным фактором их применения в агроценозе.

Внесение осадков городских сточных вод в почву в виде компостов – это один из путей решения проблемы утилизации. Решением этой задачи может быть также переработка отходов в сухие гранулированные органоминеральные удобрения (ОМУГ) с высокой концентрацией биогенных элементов. К преимуществам таких удобрений относится транспортабельность и возможность внесения на поля обычной сельскохозяйственной техникой. Однако в настоящее время научных исследований по применению переработанных осадков сточных вод в условиях северных регионов страны не достаточно.

Для рационального использования ОСВ в т.ч. компостов на их основе, ОМУГ в качестве удобрений в конкретном регионе важно изучить их агрохимические и экологические свойства, определить влияние различных доз компостов на плодородие почвы и продуктивность агроценозов, на качество сельскохозяйственных культур по хозяйственно-полезным показателям, а также по содержанию токсичных элементов.

**Цель и задачи исследования.** Цель исследований заключалась в изучении закономерностей влияния компостов на основе осадка сточных вод очистных сооружений г. Вологды и торфа, органоминерального удобрения на

продуктивность льна-долгунца и картофеля, установление эффективных, экологически безопасных доз удобрений при возделывании этих культур в полевом севообороте на дерново – подзолистой почве.

**В связи с поставленной целью решались следующие задачи:**

1. Изучить агрохимические и экологические свойства компостов на основе осадков сточных вод г. Вологды и гранулированных органоминеральных удобрений.
2. Определить влияние различных доз компостов на ОСВ и ОМУГ на агрохимические, эколого-токсикологические и биологические свойства почвы.
3. Определить эффективность ОМУГ и различных доз компостов на основе ОСВ вод на урожайность и качество сельскохозяйственных культур, содержание токсичных элементов.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- Влияние различных доз компостов на основе осадков сточных вод и гранулированных органоминеральных удобрений на агрохимические, биологические и эколого-токсикологические свойства почвы.
- Действие и последствие компостов на основе сточных вод на урожайность и качество сельскохозяйственных культур, содержание в них токсичных элементов.

**Научная новизна.** В результате проведенных исследований впервые определена эффективность компостов на основе осадков сточных вод г. Вологды в возрастающих дозах и гранулированного органоминерального удобрения - на дерново-подзолистой почве в условиях северо-запада Нечерноземья. Установлены закономерности их действия на агрохимические, биологические и санитарно - токсикологические свойства почвы, урожайность льна-долгунца и картофеля, продуктивность звена полевого севооборота, качество растительной продукции. Показано, что на дерново–среднеподзолистой почве Северо – Запада Нечерноземья для получения продуктивности полевого севооборота на уровне 42 ц к.е. с 1 га рекомендуемая доза компоста на основе ОСВ и торфа составит 6 т/га сухого вещества.

**Практическая значимость.** Результаты исследований могут быть использованы при разработке технологий экологически безопасного использования ОМУГ и компоста из осадка сточных вод очистных сооружений г. Вологды и торфа в агроценозах, обеспечивающих повышение плодородия почв и получение экологически безопасной продукции.

**Личный вклад автора.** Соискатель принимал непосредственное участие в проведении полевых работ. Соискателем самостоятельно были проведены анализы и обобщение экспериментальных данных, а также их статистическая обработка.

**Апробация работы и публикации.** Результаты исследований доложены на 46-й международной научной конференции молодых ученых, докторантов, аспирантов и соискателей ученых степеней доктора и кандидата наук «Эффективность применения средств химизации в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. (г.Москва, ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2012), на 47 – й международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов «Перспективы применения средств химизации в ресурсосберегающих агротехнологиях» (г. Москва, ВНИИА им. Д.Н.Прянишникова 2013). По материалам статьи опубликовано 5 печатных работ, в том числе две – в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов исследования соискателями ученых степеней.

**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, трех глав экспериментальной части, выводов, предложений производству и приложения. Список использованной литературы содержит 165 наименований, в том числе 14 на иностранных языках. Работа изложена на 112 страницах машинописного текста, содержит 40 таблиц и 6 рисунков.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Условия, объекты и методы проведения исследований

Исследования проводили в условиях полевого опыта в 2010 - 2013 гг. на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве в звене севооборота: лен – долгунец раннеспелого сорта Зарянка, картофель среднераннего сорта Елизавета. Повторность опыта трехкратная. Размещение вариантов систематическое. Площадь опытной делянки составляла 10 м<sup>2</sup> (4\*2,5 м), общая площадь под опытом - 210 м<sup>2</sup>. Опыт заложен на 3 полях, которые вводили последовательно в 2010, 2011, 2012 гг.

В схему опыта включен вариант без удобрений (1) и 6 вариантов с удобрениями: варианты 2 - 4 – органическая система с возрастающими дозами компоста, вариант 5 минеральная система, вариант 6 – органоминеральная система, 7 вариант - органоминеральное гранулированное удобрение (ОМУГ). Варианты 5, 6 по содержанию питательных веществ эквивалентны варианту 3. Для расчета доз внесения были отобраны образцы ОСВ на содержание влаги, органического вещества, общего азота, фосфора и калия. В опыте расчет доз удобрений проведен по потребности в азоте первой культуры в звене севооборота – льна-долгунца.

Таблица 1

Схема опыта и дозы внесения NPK с удобрениями

Схема опыта	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	кг д.в./ га		
1. Контроль - без удобрений	-	-	-
2. Компост 2 т /га*)	40	16	6
3. Компост 4 т /га	80	32	16
4. Компост 6 т /га	120	48	24
5. NPK, эквивалентно варианту 3	80	32	16
6. Компост 2 т/га с.в. + NPK, эквивалентно 2 т/га компоста	80	32	16
7. ОМУГ - 4 т/га	112	124	100

\*) дозы компостов (ОСВ с торфом в соотношении 1:1) указаны по сухому веществу.

Изучали эффективность компоста на основе осадка сточных вод г. Вологды и торфа, приготовленного на очистных сооружениях МУП ЖКХ «Вологдагорводоканал» и ОМУГ. Образцы удобрения для внесения отбирали перед закладкой опыта. Гранулированное органоминеральное удобрение, создано на основе обезвоженного осадка сточных вод. ОМУГ производится в виде гранул размером 14x20 мм. Все удобрения в изучаемых дозах внесены в почву в год закладки полей севооборота.

Исходная дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая почва в слое 0-20 см содержала гумуса 3,92%, подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – соответственно 230 и 113 мг/кг, рН<sub>KCL</sub> – 5,3 ед., Н<sub>г</sub> – 3,3мг-экв/100 г., S- 17,5 мг-экв./100 г., Cu – 5,2 мг/кг, Zn- 24,7 мг/кг, Pb – 9,1 мг/кг, Cd – 0,48 мг/кг, Mn – 277 мг/кг, Ni- 9,9 мг/кг, Cr – 11,1 мг/ кг, As – 1,3 мг/кг, Hg – 0,023 мг/кг, Co – 5,7 мг/кг.

Химический состав и содержание токсичных элементов применяемых в опыте удобрений представлен в таблицах 2 и 3. Результаты анализов химического состава исследуемых удобрений по обеспеченности питательными веществами подтверждают их высокую удобрительную ценность. В сухом веществе компост содержал до 66,9 % органического вещества, до 2,80 % общего азота, 0,8 - 3,1 % общего фосфора, 0,3 - 2,5 % общего калия при нейтральной реакции среды. По результатам содержания токсичных элементов установлено, что их концентрация ниже норм по ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 для ОСВ при использовании на удобрение.

Таблица 2

Химический состав и свойства органических удобрений на основе ОСВ, в среднем за годы исследований

Наименование	Зольность, %	рН	Массовая доля, % на сухое вещество			
			органическое вещество	общий азот	общий фосфор	калий
Торф	20,0	4,6	80,0	1,90	0,06	0,15
ОСВ	37,0	6,5	63,0	2,60	1,6	1,7
ОСВ + торф	33,2	6,3	66,8	1,95	0,8	0,3
ОМУГ	77,5	7,5	22,5	2,80	3,1	2,5
Нормативы по ГОСТ Р 17.4.3.-07-2001	не норм	5,5-8,5	не менее 20	не менее 0,6	не менее 1,5	не норм

Таблица 3

Валовое содержание токсичных элементов в компостах на основе сточных вод в среднем за годы исследования, мг/ кг сухого вещества

Наименование	Результаты испытаний									
	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Mn	Co	Hg	As
Торф	8,4	19,3	3,8	0,58	5,8	3,6	144	2,3	0,05	1,7
ОСВ	107	406	28,0	1,44	20,4	38	123	4,8	0,32	0,9
ОСВ + торф	45	140	14,3	1,06	13,4	12	217	4,3	0,11	1,2
ОМУГ	406	1584	69,8	14,6	34,1	236	701	6,7	1,40	2,6
Нормативы по ГОСТ Р 17.4.3.-07-2001, не более	750	1750	250	15	200	500	не норм	не норм	7,5	10

Опыты заложены и проведены согласно общепринятым методикам. Химические анализы в почве и растениеводческой продукции выполнены согласно утвержденным ГОСТам и методикам в аккредитованной испытательной лаборатории ФГУ ГЦАС “Вологодский”.

Химический состав на качественные показатели товарной и нетоварной частей биомассы льна – долгунца и картофеля определяли после мокрого озоления: азот - по Къельдалю, фосфор – на фотоколориметре, калий – на пламенном фотометре. Определение содержания токсичных элементов в растительной продукции (ботва, клубни картофеля, солома, семена, мякина льна-долгунца) проводили по методикам - ГОСТ 30178-96; МУ № 01-19/47-1, МУ 5178-90, ГОСТ 26930-86, ГОСТ 27997-88 .

В почвенных образцах определяли: рН солевой вытяжки – потенциометрически, содержание подвижного фосфора и калия – по Кирсанову, гумуса – по Тюрину, гидролитическую кислотность по Каппену в модификации ЦИНАО, сумму поглощенных оснований по Каппену-Гильковицу, степень насыщенности основаниями – расчетным методом (Петербургский, 1968; Ягодин и др., 1987, Аринушкина, 1970).

Для определения в почве валовых и подвижных форм тяжелых металлов, использовали методики – ФР 1.31.2007.04106, мышьяка - Методические указания по определению мышьяка в почвах фотометрическим методом (1993), ртути - Руководство по санитарно-химическому исследованию почвы (1993).

Статистическую обработку урожайных данных проводили дисперсионным методом по Б. А. Доспехову (1985) с использованием программы Excel.



Анализ метеорологических условий показал, что в годы проведения исследований они значительно различались. Наиболее засушливыми были 2010, 2011 и 2013 гг. (ГТК по Селянинову – 0,8 и 1,0, 1,04), в то же время 2012 г. оказался слабо засушливым (ГТК – 1,1).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### Действие и последствие компостов из осадков сточных вод и ОМУГ на урожайность льна-долгунца и картофеля

Согласно экспериментальным данным, применяемые удобрения оказали положительное влияние на рост урожайности культур в звене полевого севооборота (таблицы 4, 5).

Таблица 4

Влияние удобрений на основе ОСВ на урожайность соломы и семян льна-долгунца сорта Зарянка (в среднем за 2010-2012 гг.)

Варианты опыта	Солома			Семена		
	ц/га	прибавка		ц/га	прибавка	
		ц/ га	%		ц/ га	%
1. Контроль	21,5	-	-	2,3	-	-
2. Компост 2 т /га	23,1	1,6	7,4	2,5	0,2	8,7
3. Компост 4 т /га	25,0	3,5	16,2	2,9	0,6	26,1
4. Компост 6 т /га	26,8	5,3	24,7	3,3	1,0	43,5
5. NPK, эквивалентно варианту 3	24,4	2,9	13,4	2,6	0,3	13,0
6. Компост 2 т/га с.в. + NPK, эквивалентно 2 т/га компоста	27,0	5,5	25,4	3,1	0,8	34,8
7. ОМУГ - 4 т/га	29,8	8,3	38,6	3,3	1,0	43,5
НСР <sub>05</sub>		1,5			0,2	

Наибольшие прибавки урожая льносоломы в среднем за 3 года при урожайности на контроле 21,5 ц/га были получены при внесении 4 т/га ОМУГ - 8,3 ц/га; 2 т/га ОСВ+торф + NPK, – 5,5 ц/га, 6 т/га компоста – 5,3 ц/га. В вариантах с внесением компоста из осадка и торфа с ростом доз от 2 до 6 т/га отмечено повышение урожайности льносоломы.

Высокие прибавки урожайности семян были в варианте 4 при внесении компоста на основе ОСВ с торфом в дозе 6 т/га, варианте 7 - ОМУГ в дозе 4 т/га, варианте 6 - ОСВ+торф 2 т/га + NPK и варианте 3 – компоста из осадка сточных вод с торфом в дозе 4 т/га, которые составили от 26 до 44%. Малоэффективным было внесение минеральных удобрений (вариант 5) и компоста в низкой дозе 2 т/га (вариант 2). Последствие удобрений на основе

ОСВ изучали при возделывании картофеля. Результаты учёта урожайности семенных клубней и ботвы картофеля сорта Елизавета приведены в таблице 5.

Таблица 5

Влияние удобрений на основе ОСВ на урожайность семенных клубней и ботвы картофеля сорта Елизавета (в среднем 2011 - 2013 гг.)

Варианты опыта	Клубни			Ботва		
	ц/га	Прибавка		ц/га	Прибавка	
		ц/га	%		ц/га	%
1. Контроль	187	-	-	143	-	-
2. Компост 2 т /га	195	8	4,3	147	4,7	3,3
3. Компост 4 т /га	198	11	5,9	153	10,0	7,0
4. Компост 6 т /га	213	26	13,9	170	27,8	19,5
5. NPK, эквивалентно варианту 3	194	7	3,7	146	3,0	2,1
6. Компост 2 т/га с.в. + NPK, эквивалентно 2 т/га компоста	201	14	7,5	150	7,0	4,9
7. ОМУГ - 4 т/га	224	37	19,8	174	31,2	21,9
НСР <sub>05</sub>		8,3			8,5	

На контроле урожайность клубней в среднем за 3 года составила 187 ц/га клубней. Более высокая урожайность достигнута в вариантах 7 (ОМУГ-4т/га), 4 (ОСВ + торф -6т/га), 6 (ОСВ+торф 2т/га + NPK), где получены существенные прибавки, составившие соответственно, 37 ц/га (19,8 %), 26 ц/га (13,9 %), 14ц/га (7,5 %). В варианте 3 (ОСВ+торф - 4 т/га) эффект последействия составил 5,9 %. Компосты на основе ОСВ и торфа, ОМУГ улучшили развитие вегетативной массы растений картофеля. Достоверный прирост ботвы картофеля получен в вариантах 7, 4 и 3, где биомасса превышала контроль на 21,9%, 19,5% и 7,0 %.

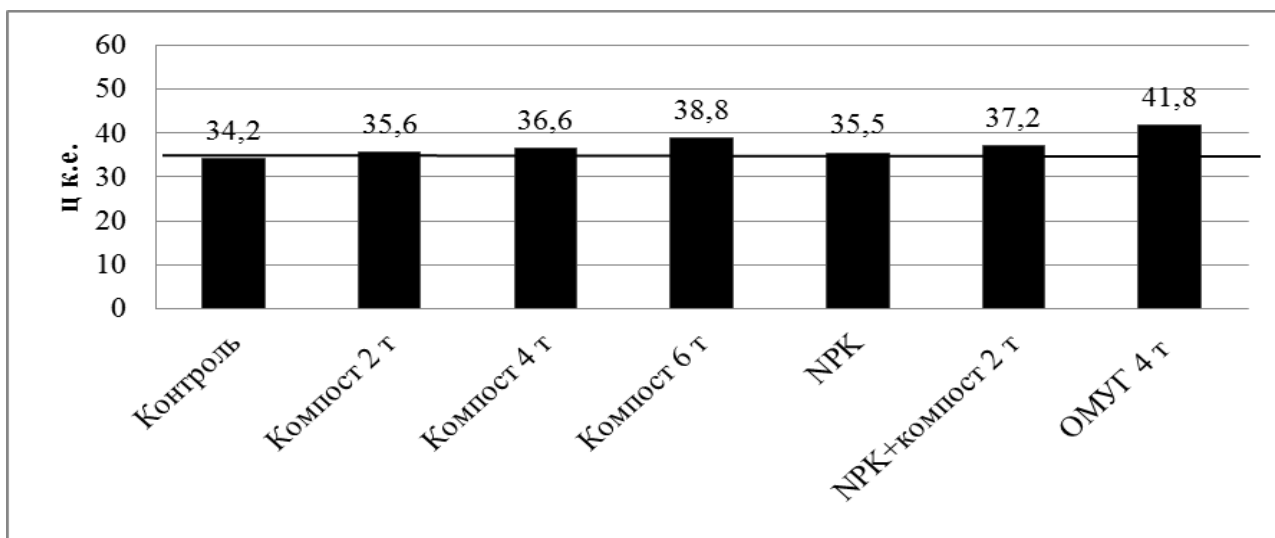


Рис.1 Продуктивность звена полевого севооборота

По результатам исследования установлено, что продуктивность звена севооборота лен-долгунец – картофель увеличивалась под влиянием применяемых удобрений (рис.1). Наибольшая суммарная продуктивность биомассы льна получена при внесении OМУГ, ОСВ+ торф (6 т/га), где она достигла в среднем за год – 41,8 и 38,8 ц. к. е. с 1 га, что на 22 и 13 % превышало контроль без удобрений.

Таким образом, компост на основе осадка сточных вод очистных с торфом и гранулированное органоминеральное удобрение обеспечивали в годы их внесения (2010,2011 и 2012гг.) достоверное повышение урожайности льна-долгунца, а в последствии (2011, 2012 и 2013 гг.) – клубней картофеля. В то же время применение минеральной системы было эффективным только в год внесения удобрений.

### **Влияние удобрений на качественные показатели льна-долгунца и картофеля**

Согласно результатам проведенных исследований, внесение органических и минеральных удобрений не оказало значительного влияния на изменение химического состава соломы и семян льна-долгунца. Незначительное повышение содержания азота на уровне тенденции можно отметить при анализе соломы в варианте минеральных удобрений и в варианте 6 т/га компоста из ОСВ+торф (0,11, 0,06 % по отношению к контролю). В семенах содержание азота колебалось от 4,24% в варианте 2 до 4,67% в варианте 3 (ОСВ+торф в дозе 4 т/га). Содержание фосфора и калия в соломе и семенах льна-долгунца незначительно варьировало по вариантам.

Анализ изменения химического состава клубней картофеля в зависимости от применяемых удобрений также показал, что содержание азота, фосфора и

калия мало изменялось по вариантам опыта. Во всех вариантах с удобрениями отмечен рост содержания крахмала в клубнях картофеля. Более высокая крахмалистость получена в вариантах с компостом, где содержание крахмала было на 2,3 - 2,9 % выше контроля.

Удобрения на основе осадка сточных вод и ОМУГ улучшали морфологические признаки соломки льна, на 1,8 - 6,7 см по сравнению с контролем повышали техническую длину льна.

### **Влияние компостов на основе осадков сточных вод на изменение содержания тяжелых металлов и мышьяка в растениях**

Влияние удобрений на возможное накопление тяжелых металлов и мышьяка в продукции льна - долгунца представлено в таблице 6.

Таблица 6

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в соломе и семенах льна-долгунца (средневзвешенные значения за годы исследования), мг/кг в сухом веществе

Варианты опыта	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Mn	Co	Hg	As
<b>Солома</b>										
1. Контроль	1,9	18,4	0,53	0,28	0,50	0,6	19,2	0,11	0,01	0,08
2. Компост 2 т /га	1,7	17,8	0,57	0,26	0,39	0,5	18,0	0,13	0,01	0,13
3. Компост 4 т /га	1,8	16,4	0,51	0,23	0,46	0,5	16,8	0,07	0,01	0,07
4. Компост 6 т /га	1,7	14,7	0,66	0,24	0,56	0,6	15,7	0,10	0,01	0,13
5. НРК, эквивалентно варианту 3	1,7	14,8	0,56	0,25	0,42	0,5	17,1	0,11	0,01	0,08
6. Компост 2 т/га с.в. + НРК, эквивалентно 2 т/га компоста	1,5	13,2	0,56	0,20	0,39	0,7	15,8	0,06	0,01	0,11
7. ОМУГ - 4 т/га	1,7	14,0	0,51	0,25	0,39	0,8	18,5	0,24	0,01	0,06
<b>Семена</b>										
1. Контроль	9,2	42,1	0,90	0,13	0,79	0,4	15,5	0,16	0,01	0,05
2. Компост 2 т /га	6,4	35,9	0,72	0,09	0,58	0,3	13,2	0,13	0,01	0,07
3. Компост 4 т /га	10,6	44,4	0,88	0,11	0,74	0,3	13,7	0,16	0,01	0,06
4. Компост 6 т /га	10,0	47,9	1,09	0,13	0,86	0,4	20,7	0,10	0,01	0,05
5. НРК, эквивалентно	7,1	48,3	0,94	0,14	1,04	0,4	16,9	0,14	0,01	0,1

варианту 3										
6. Компост 2 т/га с.в. + НРК, эквивалентно 2 т/га компоста	5,6	35,3	0,68	0,10	0,81	0,2	18,5	0,16	0,01	0,05
7. ОМУГ - 4 т/га	8,9	41,9	0,75	0,13	1,14	0,3	15,3	0,15	0,01	0,04
МДУ 123-4/281-87	30,0	50,0	5,0	0,3	3,0	0,5	-	1,0	0,05	0,5

Определение содержания тяжелых металлов в биомассе льна-долгунца в среднем за годы исследований показало, что внесение компоста в дозе 6 т/га приводило к некоторому увеличению свинца и мышьяка в растениях. В целом следует отметить, что использование всех изучаемых удобрений существенно не влияло на повышение их содержания, а имеющаяся вариация по вариантам обусловлена пестротой почвенного плодородия и неучтенными случайными факторами. При сравнении содержания токсичных элементов с МДУ 123-4/281-87 для кормов превышение не наблюдается.

Влияние удобрений на изменение содержания тяжелых металлов и мышьяка в продукции картофеля представлено в таблице 7.

Таблица 7

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в клубнях картофеля сорта Елизавета (средневзвешенные значения за годы исследований)

Варианты опыта	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Mn	Co	Hg	As
1. Контроль	1,4	7,1	0,37	0,027	0,21	0,15	4,2	0,08	0,01	0,02
2. Компост 2 т /га	1,2	7,5	0,33	0,027	0,16	0,12	4,4	0,05	0,01	0,03
3. Компост 4 т /га	1,2	7,5	0,28	0,025	0,22	0,14	5,0	0,04	0,01	0,02
4. Компост 6 т /га	1,2	5,8	0,33	0,020	0,09	0,16	4,6	0,04	0,01	0,02
5. НРК, эквивалентно варианту 3	1,4	8,2	0,30	0,021	0,18	0,18	6,5	0,03	0,01	0,02
6. Компост 2 т/га с.в. + НРК, эквивалентно 2 т/га компоста	1,1	6,6	0,42	0,022	0,20	0,17	5,5	0,05	0,01	0,02
7. ОМУГ - 4 т/га	1,2	8,4	0,29	0,030	0,25	0,13	4,5	0,05	0,01	0,02
МДУ 123-4/281-87	30	50	5,0	0,3	3,0	0,5	-	1,00	0,05	0,5
ТР ТС 021/2011*			0,5	0,03					0,02	0,2

\* нормативы даны при натуральной влажности

Сравнение содержания токсичных элементов с ПДК для клубней так же показало, что превышения по тяжелым металлам и мышьяку в вариантах опыта не было установлено.

Необходимым условием для объективной оценки экологической обстановки в агроценозе является баланс тяжелых металлов. При расчете

баланса в статье прихода принимали во внимание поступление элементов с компостами на основе осадков сточных вод и минеральными удобрениями. В статью расхода включен вынос металлов с основной и побочной продукцией.

Таблица 8

Внесено ТМ и мышьяка с органическими и минеральными удобрениями, г/га

Варианты опыта	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Mn	Co	Hg	As
1. Контроль	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Компост 2 т /га	90	280	29	2,1	27	24	434	9	0,2	2,4
3. Компост 4 т /га	180	560	57	4,2	54	48	868	17	0,4	4,8
4. Компост 6 т /га	270	840	86	6,4	80	72	1302	26	0,7	7,2
5. NPK, эквивалентно варианту 3	1,4	5,7	7,5	0,4	4,4	-	-	-	-	-
6. Компост 2 т/га с.в. + NPK, эквивалентно 2 т/га компоста	91	283	32	2,3	29	24	434	9	0,2	2,4
7. ОМУГ - 4 т/га	1624	6336	279	58,4	136	944	2804	27	5,6	10,4

В приходной части баланса тяжелых металлов и мышьяка учтено их поступление с компостами на основе осадков сточных вод (таблица 8). Минеральные удобрения в своем составе в качестве примесей также содержат определенное количество токсичных элементов. Наиболее высокие показатели, которые характеризуют количество поступающих тяжелых металлов и мышьяка с удобрениями, получены при внесении ОМУГ в дозе 4 т/га, что обусловлено высоким их содержанием.

Таблица 9

Влияние органических и минеральных удобрений на хозяйственный вынос ТМ и мышьяка за годы исследований, г/га

Варианты опыта	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Mn	Co	Hg	As
----------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Лен-долгунец										
1. Контроль	6,2	49,2	1,3	0,6	1,3	1,3	45	0,3	0,01	0,2
2. Компост 2 т /га	5,6	50,1	1,5	0,6	1,0	1,3	45	0,3	0,02	0,3
3. Компост 4 т /га	7,6	53,9	1,5	0,6	1,4	1,4	46	0,2	0,02	0,2
4. Компост 6 т /га	8,0	55,5	2,1	0,7	1,8	1,6	49	0,3	0,02	0,4
5. NPK, эквивалентно варианту 3	6,1	49,2	1,6	0,6	1,3	1,3	46	0,3	0,02	0,2
6. Компост 2 т/га с.в. + NPK, эквивалентно 2 т/га компоста	5,9	46,6	1,7	0,6	1,3	1,9	48	0,2	0,02	0,3
7. ОМУГ - 4 т/га	8,0	55,5	1,8	0,8	1,5	2,4	60	0,8	0,02	0,2
Картофель										
1. Контроль - без удобрений	85	640	27	2,5	26	30	720	4,3	0,3	1,1
2. Компост 2 т /га	104	636	27	2,8	28	30	820	5,3	0,3	1,8
3. Компост 4 т /га	92	771	27	2,2	31	32	452	4,1	0,4	1,1
4. Компост 6 т /га	109	951	30	2,8	41	31	859	5,1	0,4	1,5
5. NPK, эквивалентно варианту 3	141	637	24	7,4	43	30	416	3,1	0,3	1,6
6. Компост 2 т/га с.в. + NPK, эквивалентно 2 т/га компоста	98	1073	32	7,2	42	37	878	4,7	0,4	1,4
7. ОМУГ - 4 т/га	173	987	37	10,8	49	41	668	6,0	0,5	2,1

Среди исследуемых культур наибольшим выносом элементов с урожаем особенно цинка и марганца характеризовался картофель (табл. 9). Максимальный вынос наблюдался при внесении компоста на основе ОСВ в дозе 6 т/га и ОМУГ в дозе 4 т/га. В выносе элементов с урожаем льна-долгунца отмечена та же тенденция.

На основании полученных в опыте данных был произведен расчет баланса цинка, меди, свинца, кадмия, кобальта, марганца, ртути, мышьяка, хрома и никеля в дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве.

Таблица 10

Баланс тяжелых металлов в дерново-подзолистой почве, г/ га

Варианты опыта	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Mn	Co	Hg	As
1. Контроль	-92	-689	-29	-3	-5	-32	-765	-5	0	-1
2. Компост 2 т /га	-18	-397	0,4	-1,1	22,8	-7,6	-423	3,0	-0,1	0,4
3. Компост 4 т /га	82	-255	28,8	1,6	48,1	15,4	378	12,9	0,1	3,5
4. Компост 6 т /га	154	-156	53,6	3,0	77,0	39,7	403	20,5	0,2	5,4

5. NPK, эквивалентно варианту 3	-144	-672	- 17,4	-7,6	-0,2	-	-	-	-	-
6. Компост 2 т/га с.в. + NPK, эквивалентно 2 т/га компоста	-12	-829	-1,0	-5,4	23,9	-14,3	-484	3,7	-0,2	0,8
7. ОМУГ - 4 т/га	1444	5303	241	47	130	901	2087	20,2	5,1	8,2

Согласно расчету за ротацию севооборота сложился положительный хозяйственный баланс тяжелых металлов по меди, кадмию, хрому, марганцу, ртути в вариантах с внесением компостов в дозах 4 и 6 т/га и ОМУГ, по свинцу, никелю, кобальту и мышьяку в вариантах с внесением возрастающих доз компоста с 2 до 4 т/га и ОМУГ, по цинку лишь в варианте с ОМУГ. Балансовые расчеты показывают, что опасности загрязнения почв тяжелыми металлами за счет применения компостов на основе ОСВ не наблюдается. При внесении ОМУГ происходит накопление цинка, меди, марганца, т.е. элементов необходимых для роста и развития растений.

Таким образом, нормированное внесение удобрений на основе осадка сточных вод не повышало содержания тяжелых металлов и мышьяка в продукции льна-долгунца и картофеля. С увеличением дозы компоста на основе ОСВ и торфа в два и три раза четких закономерностей в изменении содержания токсичных элементов в почве и растительной продукции не отмечено. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в почве и продукции льна и картофеля при удобрении компостом соответствовало гигиеническим нормам, принятым в Российской Федерации.



**Влияние удобрений на агрохимические, биологические и санитарно-гигиенические свойства почвы**

**Агрохимические свойства почвы**

Изучение влияния удобрений на изменение агрохимических свойств почвы проводили на двух полях звена севооборота. Результаты анализов почвы по первому полю (закладка опыта 2011 г.) и по второму полю (закладка опыта 2012 г.) - представлены в таблице 11.

Таблица 11

Действие компостов на основе ОСВ и ОМУГ на агрохимические свойства почвы (поле № 1, 2)

Варианты опыта	Показатели, воздушно-сухой массы в с.в.						
	pH <sub>kcl</sub>	Орган. вещ-во, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Nг	S	V
			мг/кг		мг-экв/100 г		%
Осень 2012 г. (1 год последействия, поле № 1)							
1. Контроль	5,1	3,13	215	104	4,14	20,4	86,7
2. Компост 2 т /га	5,2	3,28	238	101	3,79	18,9	85,2
3. Компост 4 т /га	5,1	3,27	239	106	4,05	18,1	84,7
4. Компост 6 т /га	5,2	3,22	257	100	3,71	17,4	84,4
5. НРК, эквивалентно варианту 3	5,0	3,28	236	92	3,49	14,9	81,9
6. Компост 2 т/га с.в. + НРК, эквивалентно 2 т/га компоста	5,1	3,33	227	99	3,71	16,4	83,1
7. ОМУГ - 4 т/га	5,1	3,25	271	126	3,19	16,2	83,8
Осень 2013г. (1 год последействия, поле №2)							
1. Контроль	5,3	2,69	263	94	2,57	17,3	87,1

2. Компост 2 т /га	5,3	2,82	282	107	2,86	18,7	86,7
3. Компост 4 т /га	5,3	2,78	266	99	2,74	17,9	86,7
4. Компост 6 т /га	5,3	2,56	274	102	2,62	18,8	87,8
5. НРК, эквивалентно варианту 3	5,1	2,76	253	86	3,05	16,9	84,7
6. Компост 2 т/га с.в. + НРК, эквивалентно 2 т/га компоста	5,0	2,64	261	91	3,13	16,7	84,2
7. ОМУГ - 4 т/га	5,0	2,71	293	108	3,05	17,2	84,9

Анализ данных таблицы показывает, что компосты на основе осадков сточных вод оказывали большое влияние на агрохимические свойства почвы. Об этом свидетельствуют результаты исследований динамики содержания агрохимических показателей в звене севооборота лен – картофель.

В последствии наблюдалось увеличение содержания подвижного фосфора в вариантах 7 и 4 (ОМУГ и компост на основе ОСВ в дозе 6 т/га). Другими словами, использование органических удобрений заметно улучшало фосфатный режим в первый год последствия. В то же время содержание подвижного калия в почве снижалось во всех вариантах, что было связано с низкой обеспеченностью этим элементом осадка сточных вод. Исключение составил вариант с ОМУГ, где при создании удобрения в качестве добавки были использованы калийные удобрения (5 % д.в.).

Анализ изменения агрохимических показателей почвы в первый год последствия удобрений в поле № 2 показал, что в целом баланс питательных элементов определялся размером урожайности культур и сбалансированностью питательных элементов вносимых удобрений. Эффект последствия компоста на основе ОСВ и ОМУГ в 2013г. получен за счет подвижного фосфора.

В год последствия в пахотном слое почвы наблюдали тенденцию снижения гумуса как на контроле, так и в вариантах удобрений. Это можно объяснить невысокими дозами удобрений, биологической особенностью первой культуры - льна, характеризующейся высоким выносом питательных элементов, и интенсивной обработкой почвы при уходе за картофелем (рыхление, окучивание), в результате чего усилилась минерализация органического вещества.

Баланс питательных веществ рассчитывался путем сопоставления количества элементов питания, поступивших в почву, с их расходом на создание урожая.

По результатам расчетов при внесении удобрений по всем вариантам опыта в сумме за 2 года исследований наблюдался отрицательный баланс по калию, который колебался от 4 % в варианте 2 с внесением 2 т/га компоста до

57 % в варианте с ОМУГ, что обусловлено его низким содержанием в компостах.

При внесении возрастающих доз компоста от 2 до 4 т/га баланс по фосфору был бездефицитным, в варианте с ОМУГ в дозе 4/га – положительным.

Слабоотрицательный баланс по азоту наблюдался в варианте с ОМУГ, при внесении компоста в возрастающих дозах его интенсивность возростала с 33 до 93%.

При внесении органоминеральной системы отмечен отрицательный баланс по всем элементам, особенно по калию.

Таким образом, удобрения на основе ОСВ являются источниками поступления питательных веществ в растения и получения достоверных прибавок урожайности. Исходя из полученных результатов для обеспечения положительного баланса элементов питания в звене севооборота лен - картофель следует вносить компост на основе ОСВ в дозе 6 т/га совместно с калийными удобрениями. Применение ОМУГ более эффективно при внесении в почву с низким содержанием фосфора.

### Санитарно-гигиенические свойства почвы

Влияние удобрений на накопление валовых форм токсичных элементов в пахотном горизонте представлено в таблице 12.

По данным проведенных анализов (поле №1), при сравнении с контролем в первый год последействия удобрений в почве повысилось содержание меди, мышьяка во всех вариантах и снизилось я цинка, марганца, свинца, кадмия.

Таблица 12

Влияние удобрений на основе осадков на содержание валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в почве, мг/кг

Варианты опыта	Показатели, мг/кг воздушно-сухой массы в с.в.									
	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Mn	Co	Hg	As
Осень 2012 г. (1 год последействия, поле № 1)										
1. Контроль	5,5	24,1	5,9	0,35	10	8,5	205	6,2	0,03	2,2
2. Компост 2 т /га	5,0	22,9	5,1	0,37	9,2	8,6	226	6,0	0,02	2,1
3. Компост 4 т /га	5,1	22,9	5,5	0,35	9,3	8,0	206	5,9	0,02	2,4
4. Компост 6 т /га	5,1	22,8	5,1	0,38	8,9	8,2	204	6,5	0,02	2,0
5. НРК, эквивалентно варианту 3	6,0	25,0	5,7	0,43	9,0	7,9	166	5,8	0,02 3	2,1
6. Компост 2 т/га с.в.	5,8	24,2	5,9	0,39	9,7	8,2	166	5,8	0,03	2,0

+ НРК, эквивалентно 2 т/га компоста										
7. ОМУГ - 4 т/га	5,9	24,1	5,1	0,42	8,6	7,8	172	5,7	0,03	1,9
Осень 2013г. (1 год последействия, поле № 2)										
1. Контроль	7,9	25,8	7,0	0,34	10,6	8,7	202	7,8	0,01	1,5
2. Компост 2 т /га	7,1	24,6	6,9	0,32	9,2	8,7	203	5,9	0,02	1,5
3. Компост 4 т /га	7,0	25,0	7,0	0,37	9,8	8,3	202	5,7	0,02	1,5
4. Компост 6 т /га	7,3	26,7	6,9	0,37	10,3	8,9	196	6,4	0,02	1,3
5. НРК, эквивалентно варианту 3	6,8	23,7	6,9	0,36	9,0	8,4	187	5,6	0,04	1,4
6. Компост 2 т/га с.в. + НРК, эквивалентно 2 т/га компоста	7,2	23,3	7,0	0,37	8,7	8,3	168	5,8	0,02	1,4
7. ОМУГ - 4 т/га	6,7	25,1	7,0	0,37	9,7	9,0	182	6,1	0,02	1,4
ПДК/ОДК	66	110	65	1	40	не норм	1500	не норм	2,1	5,0

В целом концентрация валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в почве опытных делянок с удобрениями и на контроле за период с 2011 года по 2013 год не превышала 0,47 ПДК (ОДК) для данных почв, т.е. загрязнения почвы при исследуемых дозах ОСВ не было отмечено.

Анализируя и сравнивая результаты содержания валовых форм токсичных элементов в почве в вариантах с внесением ОСВ за период с 2012 по 2013 год (поле № 2), можно отметить, что отклонения по всем показателям, не превышали допустимой относительной погрешности анализов. Кроме того, наблюдалось снижение концентрации свинца, хрома, марганца, ртути.

По результатам дисперсионного анализа в опыте за два года наблюдений не выявлено четкой зависимости в накоплении валовых форм и росте подвижности токсичных элементов в пахотном слое почвы от внесения компостов на основе ОСВ и ОМУГ по отношению к неудобренному контролю.

При анализе данных первого года последействия установлено, что в период с 2011 по 2012 год наблюдалось снижение подвижности металлов по сравнению с контролем. В целом концентрация подвижных форм в почве опытных делянок с удобрениями и на контроле не превышала 0,11 ПДК для данных почв, что отвечает гигиеническим нормам.

На основе полученных данных содержания загрязняющих веществ в почвах был рассчитан суммарный показатель загрязнения Zc.

Таблица 13

Показатель суммарного элементного загрязнения (Zc) дерново-  
подзолистой среднесуглинистой почвы

Варианты опыта	Коэффициент концентрации Kc										Σ Kc	Zc
	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Mn	Co	Hg	As		
Осень 2012г. (поле №1)												
1. Контроль	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Компост 2 т /га	0,91	0,95	0,86	1,06	0,92	1,01	1,10	0,97	0,67	0,95	9,40	0,40
3. Компост 4 т /га	0,93	0,95	0,93	1,00	0,93	0,94	1,00	0,95	0,67	1,14	9,45	0,45
4. Компост 6 т /га	0,93	0,95	0,86	1,09	0,89	0,96	1,00	1,05	0,67	0,95	9,34	0,34
5. NPK, эквивалентно варианту 3	1,09	1,04	0,97	1,23	0,90	0,93	0,81	0,94	1,00	1,00	9,90	0,90
6. Компост 2 т/га с.в. + NPK, эквивалентно 2 т/га компоста	1,05	1,00	1,00	1,11	0,97	0,96	0,81	0,94	1,00	0,95	9,81	0,81
7. ОМУГ - 4 т/га	1,07	1,00	0,86	1,20	0,86	0,92	0,84	0,92	1,00	0,90	9,58	0,58
Осень 2013г. (поле № 2)												
1. Контроль	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Компост 2 т /га	0,90	0,95	0,99	0,94	0,87	1,00	1,00	0,76	1,00	1,00	9,41	0,41
3. Компост 4 т /га	0,89	0,97	1,00	1,09	0,92	0,95	1,00	0,73	1,00	1,00	9,55	0,55
4. Компост 6 т /га	0,92	1,03	0,99	1,09	0,97	1,02	0,97	0,82	1,00	0,87	9,69	0,69
5. NPK, эквивалентно варианту 3	0,86	0,92	0,99	1,06	0,85	0,97	0,93	0,72	2,00	0,93	10,22	1,22
6. Компост 2 т/га с.в. + NPK, эквивалентно 2	0,91	0,90	1,00	1,09	0,82	0,95	0,83	0,74	1,00	0,93	9,19	0,19

т/га компоста												
7. ОМУГ - 4 т/га	0,85	0,97	1,00	1,09	0,92	1,03	0,90	0,78	1,00	0,93	9,48	0,48

Величина суммарного загрязнения почв  $Z_c$  варьировала от 0,34 до 0,90 в поле № 1 и от 0,19 до 1,22 в поле № 2, что ниже допустимой категории загрязнения (< 16).

Таким образом, нормированное внесение удобрений на основе осадка сточных вод не привело к повышению содержания тяжелых металлов и мышьяка в почве. С увеличением дозы компоста на основе ОСВ и торфа в два и три раза четких закономерностей в изменении содержания токсичных элементов в почве не было отмечено.

### Биологические свойства почвы

Действие компостов на основе осадков сточных вод на биологическую активность почвы определяли по содержанию каталазы в пахотном слое почвы и по интенсивности разложения целлюлозы.

Активность каталазы определяли три раза за вегетационный период при выращивании льна-долгунца и картофеля при изучении действия и последствия удобрений.

Таблица 14

Активность каталазы в звене севооборота, мл.0,1н  $KMnO_4$  на 1 г. почвы за 20 мин (закладка опыта 2011 г.)

	Лен-долгунец (действие)			Картофель (1 год последствия)		
	сроки отбора					
	2.06.	28.06.	27.07.	5.06	27.06	25.07.
1. Контроль	2,8	3,7	4,2	2,3	2,5	2,3
2. Компост 2 т /га	2,7	3,7	4,4	3,3	2,7	2,3
3. Компост 4 т /га	2,9	4,1	4,5	3,0	3,0	2,8
4. Компост 6 т /га	3,0	3,8	4,5	2,8	3,1	2,9
5. НРК, эквивалентно варианту 3	2,7	3,8	4,1	2,6	2,8	3,0
6. Компост 2 т/га с.в. + НРК, эквивалентно 2 т/га компоста	3,0	3,7	4,1	2,6	2,9	2,9
7. ОМУГ - 4 т/га	3,1	3,9	4,8	2,7	3,2	2,9
НСП <sub>05</sub>	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5

В период полных всходов льна (2 июня) существенный рост активности каталазы отмечен при внесении 4 т/га ОМУГ (табл. 14). К периоду активного роста стебля льна и к моменту уборки льна наблюдался рост активности каталазы в вариантах с внесением возрастающих доз компоста. Наибольшая и стабильная каталазная активность за вегетационный период была в вариантах 4 (ОСВ+торф ,6 т/га с.в.) и 7 (ОМУГ в дозе 4 т/га с.в.).

При анализе последствий удобрений в период всходов картофеля максимальным этот показатель был в варианте 3 с внесением 4 т/га компоста, в дальнейшем вплоть до уборки в вариантах 3, 4 с внесением 4 и 6 т/га компоста и 4 т/га ОМУГ. Перед уборкой картофеля каталазная активность увеличилась в вариантах с применением минеральных удобрений и внесением половинных доз компоста и минеральных удобрений.

Внесение ОСВ и компостов на его основе благоприятно сказалось на развитии почвенного микробоценоза.

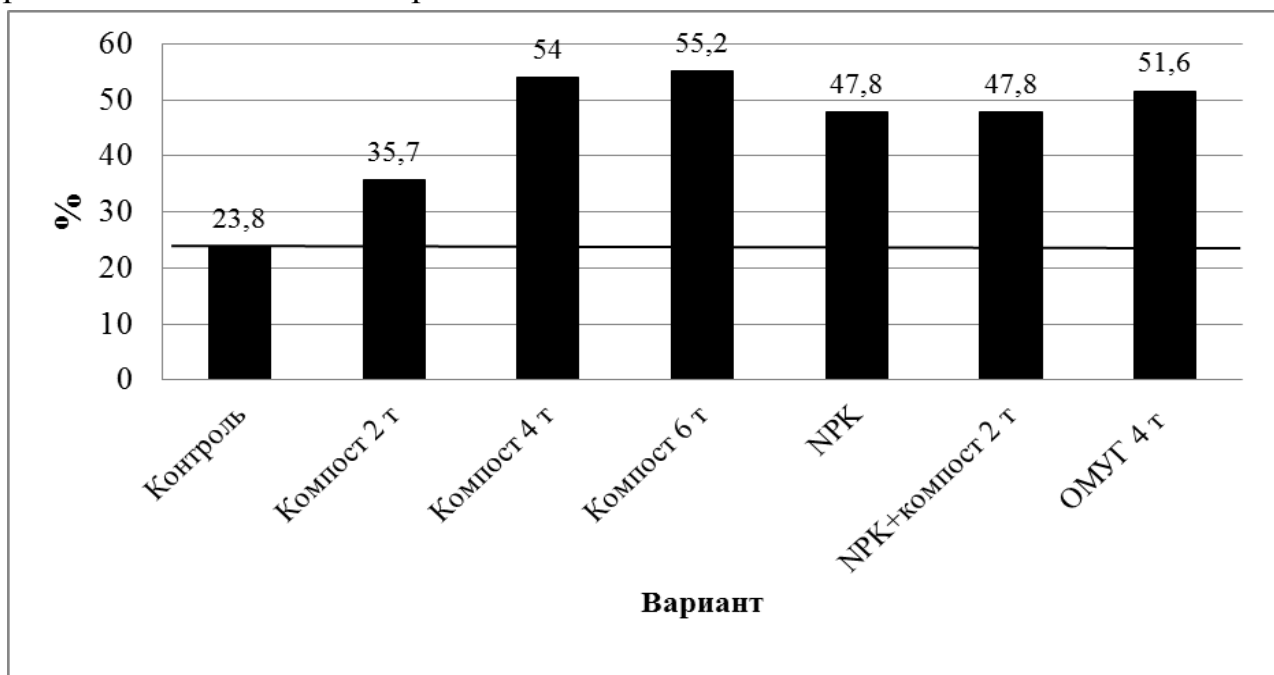


Рис. 2 Влияние последствий удобрений на разложение целлюлозы в почве за годы исследований

Анализ интенсивности разложения целлюлозы показал (рис.2), что за годы исследований наибольшей она была в вариантах 7 (4 т /га ОМУГ) и 4 (6 т / га ОСВ+торф) – 51,6 и 55,2 %. Слабое разложение целлюлозы отмечалось на контроле (23,8 %) и в варианте 2 с низкой дозой компоста.

Таким образом, компост на основе осадков сточных вод и ОМУГ повышали биологическую активность почвы по показателям каталазной и целлюлозолитической активности.

### Экономическая и энергетическая эффективность удобрений

В среднем энергетический КПД (энергоотдача) применения различных доз удобрений (ОСВ+ торф, ОМУГ) колебался от 0,65 ед. в варианте 5 (НРК, эквивалентно 4 т/га компоста ОСВ+торф) до 5,64 ед. в варианте 7 (ОМУГ 4 т/га). За годы исследований более высокой энергоотдача была при применении ОМУГ (4 т/га).

Наибольшая рентабельность достигалась в вариантах 4, 3 с внесением компоста в дозах 6 и 4 т/га, это объясняется меньшими затратами на их производство. Высокий уровень рентабельности был и в варианте 7, составивший 178 %. Малоэффективным оказалось применение минеральных удобрений в эквивалентной дозе, где рентабельность составила 32 %.

Наибольший чистый доход 8246 руб./га получен в варианте 7 при применении ОМУГ. Для сравнения на контроле он составил 1672 руб./га. Это можно объяснить сбалансированным составом ОМУГ, применение которого обеспечило более высокий выход продукции с единицы площади по сравнению с другим вариантам, который составил 73,7 ц зерновых единиц с 1 га.

## **ВЫВОДЫ**

1. Компосты на основе осадков сточных вод г. Вологды и торфа и органоминеральное удобрение (ОМУГ) обладают высокой удобрительной ценностью. По результатам анализов, в сухом веществе компостов из ОСВ и торфа содержится 66,9 % органического вещества, 2,0 % общего азота, 0,8 % общего фосфора, 0,3 % общего калия, в ОМУГ – 22,5 % органического вещества, 2,8 % общего азота, 3,1 % общего фосфора, 2,5 % общего калия. Содержание токсичных элементов в удобрениях на основе осадков сточных вод существенно ниже норм ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 .
2. Внесение компостов и ОМУГ в годы опыта (2010-2012 гг.) обеспечивало достоверное повышение урожайности льна-долгунца, а в последствии и картофеля. Наибольшая прибавка урожайности льносолемы (в среднем за 3 года) была получена при внесении ОМУГ в дозе 4 т/га - 38,6 % к контролю. Применение компоста в дозе 2 т/га совместно с минеральными удобрениями (в эквивалентном по НРК количестве) увеличивало урожайность на 25,4%. Внесение возрастающих доз компоста способствовало достоверному увеличению урожайности льносолемы с 23,1 до 26,8 ц/га, что на 1,6-5,3 ц/га (7,4 - 24,7 %) выше по сравнению с контролем.
3. В первый год последствия при возделывании картофеля наиболее эффективным было применение ОМУГ в дозе 4 т/га и компоста в дозе 6 т/га. В этих вариантах прибавки по отношению к контролю составили 37 ц/га (19,8 %) и 26 ц/га (13,9 %) соответственно.



4. Использование компоста на основе осадка в дозах 6 т/га и 2 т/га совместно с NPK, а также ОМУГ увеличивало техническую длину стеблей льна-долгунца на 3 - 6 см по сравнению с контролем.
5. Внесение компоста на основе осадка сточных вод и ОМУГ повышало в семенах льна-долгунца содержание азота до 0,18 %, фосфора до 0,21 %, но не оказывало влияния на содержание калия. Применение компоста в дозе 4 т/га сопровождалось ростом содержания сухого вещества в клубнях картофеля (до 23,6 %), а также увеличением крахмалистости на 2,9 % к контролю.
6. Компосты на основе ОСВ и ОМУГ улучшали агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы, повышали обеспеченность растений питательными веществами, что положительно влияло на их урожайность. Для обеспечения положительного баланса элементов питания в звене севооборота лен - картофель целесообразно вносить компост на основе ОСВ в дозе 6 т/га совместно с калийными удобрениями.
7. При использовании компостов на основе осадка и ОМУГ повышалась биологическая активность почвы: увеличивалась интенсивность дыхания, каталазная и целлюлозолитическая активность. Интенсивность разложения целлюлозы в среднем за 2 года по сравнению с контролем увеличивалась на 11,8 - 31,3 %.
8. Нормированное внесение удобрений на основе осадка сточных вод не повышало содержания тяжелых металлов и мышьяка в почве и растительной продукции. С увеличением дозы компоста на основе ОСВ и торфа в два и три раза четких закономерностей в изменении содержания токсичных элементов не отмечено. Величина суммарного показателя загрязнения почвы  $Z_c$  варьировала от 0,34 до 1,22, что ниже допустимого загрязнения (<16). Содержание тяжелых металлов и мышьяка в почве и растительной продукции при удобрении компостами в различных дозах соответствует гигиеническим нормам.
9. В звене севооборота: лен - картофель наибольший энергетический эффект (5,64 ед.) получен в варианте с применением ОМУГ в дозе 4 т/га, наименьший (0,65 ед.) - в варианте минеральных удобрений (NPK, эквивалентно 4 т/га компоста). Высокая рентабельность достигнута в варианте с органоминеральным удобрением ОМУГ – 178 %, что обусловлено его сбалансированностью по химическому составу.

#### **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве северо - запада Нечерноземья для получения продуктивности звена севооборота лен-долгунец – картофель в среднем за год на уровне 41,8 ц кормовых единиц с 1 га и

улучшения качественных показателей растительной продукции целесообразно применять компост на основе осадка сточных вод г. Вологды и органоминеральное гранулированное удобрение ОМУГ, которые характеризуются высокой удобрительной ценностью и соответствуют требованиям ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Рекомендуемая доза внесения компоста на основе осадка сточных вод и торфа - 6 т/га сухого вещества, гранулированного удобрения ОМУГ - 4 т/га. ОМУГ целесообразно вносить разбрасывателями минеральных удобрений, что значительно сокращает затраты на внесение и обеспечивает более равномерное распределение по поверхности. Вносить удобрения на основе осадка сточных вод рекомендуется один раз за ротацию севооборота при систематическом контроле за содержанием токсичных элементов в удобрениях, почве, а также растительной продукции.

#### **Список работ, опубликованных по теме диссертации:**

1. Власова О. А. Использование осадков сточных вод на удобрение / Байбеков Р. Ф., Мерзлая Г. Е., Афанасьев Р. А., **Власова О. А.**, Ханова Н. А., Налиухин А. Н. // Плодородие, 2013, №5. - С. 33.
2. Власова О. А. Влияние компостов на основе осадков сточных вод на урожайность льна-долгунца и биологическую активность дерново-подзолистой почвы // Эффективность применения средств химизации в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Материалы 46-й международной научной конференции молодых ученых, докторантов, аспирантов и соискателей ученых степеней доктора и кандидата наук (ВНИИА), 26 - 27 апреля 2012 г. М.: ВНИИА, 2012. - С. 28 - 31.
3. Власова О. А. Влияние компостов на основе осадков сточных вод на содержание тяжелых металлов в почве и растениях // Материалы 47-й международной научной конференции молодых ученых, специалистов - агрохимиков и экологов (ВНИИА) «Перспективы применения средств химизации в ресурсосберегающих агротехнологиях». – М.: ВНИИА, 2013. – С. 27 - 29.
4. Власова О.А. Влияние органических удобрений на урожайность льна и многолетних трав / Мерзлая Г.Е., Налиухин А.Н., **Власова О.А.**, Ханова Н.А.// Доклады ТСХА. Выпуск 284. М.: Издательство РГАУ - МСХА, 2012. С. 41 - 43.
5. Власова О.А. Изучение удобрений на основе осадков сточных вод. / Байбеков Р. Ф., Мерзлая Г. Е., **Власова О. А.**, Налиухин А. Н. //Агрохимический вестник, 2013, № 6. - С. 28 - 30.