

УДК 628.3:631.445.2

**К ВОПРОСУ О МЕЛИОРАТИВНОМ ВЛИЯНИИ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОСАДКА ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД НА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛАБООКУЛЬТУРЕННОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ**

**В.А. Касатиков**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

**Т.Ю. Анисимова**, кандидат сельскохозяйственных наук,

**Н.П. Шабардина**, старший научный сотрудник

ВНИИОУ – филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»

г. Владимир, Россия

**Аннотация**

В статье представлены результаты исследований, полученные в длительном опыте по изучению мелиоративного влияния систематического применения осадка городских сточных вод, известкования на агроэкологические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы. Сделан вывод, что использование нетрадиционных источников питания растений в виде ОСВ оказывает пролонгированное влияние на агроэкологические свойства слабокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почвы.

**Ключевые слова:** осадок сточных вод; известкование; почва; тяжелые металлы

**Abstract**

**V.A. Kasatikov, T.Ju. Anisimova, N.P. Shabardina**

**THE EFFECT OF SYSTEMATIC USE OF SEWAGE SLUDGE ON AGRO ECOLOGICAL PROPERTIES OF POORLY CULTIVATED SOD-PODZOLIC SOIL**

The article presents the results of long-term study of reclamation effect of systematic application of sewage sludge, liming on agro ecological properties of sod-podzolic sandy soil. Unconventional sources of plant nutrition as sewage sludge is has a positive effect on agro ecological properties of poorly cultivated sod-podzolic sandy soil.

**Keywords:** sewage sludge, liming, soil, heavy metals

Осадки сточных вод (ОСВ) и бытовые органические отходы являются одними из основных отходов производственной деятельности человека. Ежегодная масса производимых в РФ ОСВ при влажности 75 % составляет 12,8 млн. тонн. Утилизация осадков сточных вод является решаемой проблемой. Использование осадка городских сточных вод на удобрение в исходном состоянии или же в составе компоста – один из приемов его утилизации [1-2].

Существует ряд других направлений использования осадков сточных вод, в том числе для производства органических удобрений на их основе, способствующий решению вышеуказанной экологической проблемы.

ОСВ и удобрения на их основе благодаря высокому содержанию органического вещества улучшают плодородие почвы и их агрофизические и агрохимические свойства и способствуют окультуриванию

малопродуктивных почв. Внесение ОСВ в почву оказывает интенсивное влияние на агрохимические свойства почв, увеличение запасов органического вещества, усиление нитрификации в пахотном слое, возрастание биологической активности почвы, увеличение количества целлюлозоразлагающих бактерий и уменьшение доли плесневых грибов. Особенно отчетливо почвоулучшающие свойства ОСВ проявляются на песчаных, супесчаных и малопродуктивных деградированных почвах [3-4].

**Методика исследований**

В данной статье приведены результаты исследований, проводимых на опытном поле ФГБНУ ВНИИОУ в 2014- 2016 гг. в стационарном опыте. Опыт заложен в 1984 г. по мелкоделяночной схеме и занесен в Реестр Географической сети опытов с удобрениями РФ в 2006 г. Повторность опыта 6-ти кратная. Размер делянки 1,5 x 2 м. Учетная площадь 3 м<sup>2</sup>.

Аэробностабилизированные осадки сточных вод с очистных сооружений г. Владимира вносили ежегодно с 1984 по 1995 гг., а также периодически в 2000, 2006, 2010 и 2015 гг. осенью в сочетании с периодическим известкованием доломитовой мукой в дозах 3, 6, 9 т/га в 1984, 1990, 1995, 2006 и 2015 гг. Суммарные дозы ОСВ составили 180-1440 т/га (50 % влажности). В результате длительного применения ОСВ в почву стационарного опыта поступило значительное количество тяжелых металлов (ТМ), (таблица 1).

Почва опытного участка дерново-подзолистая, сформированная на двучленных ледниковых отложениях. Пахотный и иллювиальный горизонты находятся в толще супесчаного отложения, перекрывающего тяжелый моренный суглинок. Исходная агрохимическая характеристика слоя почвы 0-20 см в 1984 г. была следующая:  $pH_{\text{сол.}}$  – 6,0, Нг. – 1,05 мг-экв./100г почвы, S – 7,0 мг-экв./100г почвы,  $P_2O_5$  – 95 мг/кг почвы,  $K_2O$  – 43 мг/кг почвы,  $C_{\text{орг.}}$  – 0,8 %.

Используемые в опыте ОСВ после 2-3 летнего мезофильного компостирования в буртах представляют собой рассыпчатую однородную массу темно-

серого цвета. Он обладает рядом положительных свойств: содержит до 14 % органического углерода, имеет нейтральную реакцию. ОСВ характеризуется достаточно высокой зольностью, что связано с технологическими особенностями его формирования. По содержанию питательных элементов осадок не сбалансирован, в его составе соединения фосфора преобладают над азотом и калием (таблица 2).

Микроэлементный состав осадка сильно варьирует по годам исследования. Концентрация биодоступных соединений металлов в ОСВ также сильно колеблется. Отмечается высокий уровень содержания подвижных форм Cd, Zn и Ni. В вытяжку ААБ от валового содержания ТМ в ОСВ переходило 9 – 30 % Cd, 7 – 39 % Zn и 4 – 26 % Ni. Подвижность Cu и Pb значительно ниже: 3 – 7 % и 1 – 2 % соответственно.

После внесения ОСВ в 2015 г. суммарные его дозы составили от 180 до 1440 т/га. Это привело к увеличению содержания ТМ в пахотном слое. Действующие нормативы по содержанию ТМ в почве были превышены по кадмию в 1,2-4 раза для валового содержания, в 1,2-2,5 раза для подвижных форм, по

Таблица 1. – Валовое содержание ТМ в почве (0–20 см), 2015 г.

ВАРИАНТ	Cd	Cr	Cu	Zn	Pb	Ni	Z <sub>c</sub>
	мг/кг						
Контроль	1,59	61	48,2	108,3	11,8	3,5	-
ОСВ 180 т/га + дол. мука 3 т/га*	3,86	86,5	68,8	137,2	13,1	6,1	4,4
ОСВ 360 т/га + дол. мука 3 т/га	4,31	91,4	80,4	147,3	15,1	7,3	5,6
ОСВ 720 т/га + дол. мука 3 т/га	6,27	114,1	101,4	165,7	16,6	12	9,3
ОСВ 1440 т/га + дол. мука 3 т/га	9,44	123,4	127,1	181,6	18,7	24,8	16,0
ОСВ 360 т/га + дол. мука 9 т/га	4,78	60,0	55,2	120,9	15,7	9,2	5,2
ОСВ 720 т/га + дол. мука 9 т/га	6,51	87,1	86,3	154,0	16,8	12,8	8,8
ОСВ 1440 т/га + дол. мука 9 т/га	8,02	113,6	123,6	182,4	20,1	21,3	13,9
ОДК в почве, мг/кг	2,0	90	132	220	130	80	-

Примечание: в этой и последующих таблицах дозы ОСВ, суммарные за годы исследований, приведены к 50 % влажности.

Таблица 2. – Агрохимическая характеристика ОСВ

Период исследования	Влажность, %	$pH_{\text{KCl}}$	$N_{\text{общ.}}$ , %	$P_2O_5_{\text{общ.}}$ , %	$K_2O_{\text{общ.}}$ , %	$P_2O_5_{\text{подв.}}$ , мг/кг	$K_2O_{\text{обм.}}$ , мг/кг	$N-NO_3$ , мг/кг
2000г.	75,6	7,2	1,42	3,72	0,51	20490	210	54
2006г.	46,2	6,8	1,26	2,22	0,51	7110	700	268
2010г.	41,8	6,8	0,98	2,18	0,41	2960	260	121
2015г.	24,4	7,9	0,84	2,48	0,32	1870	370	98
$НСП_{05}$	-	0,2	0,03	0,07	0,02	210	12	4

хрому – в 1,1-2,6 раза для валового содержания, по меди – в 1,1-1,4 раза.

В данной статье представлены результаты исследований по влиянию мелиоративного применения осадка городских сточных вод, доломитовой муки на агробиологические и агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы за период 2011–2016 гг.

Для решения поставленных задач были отобраны смешанные образцы из пахотного горизонта дерново-подзолистой почвы. В почвенных образцах проводили определение агроэкологических параметров согласно следующим методам исследований: рН солевой вытяжки; подвижные формы фосфора и калия определяли в вытяжке Кирсанова, фосфор – колориметрически по Дениже, калий – методом пламенной фотометрии; содержание органического углерода – колориметрически по методу Тюрина в модификации Никитина. Валовое содержание ТМ в почве и их подвижные формы определялись согласно ФР 1.31. 2002 00524.

### **Результаты и их обсуждение**

Анализ изменения агрохимических свойств пахотного слоя почвы по последствию внесения ОСВ в 2010 г. выявил снижение обменной кислотности с 6,56–6,85 ед. в 2011 г. до 6,48–6,55 ед. в 2014 г. на удобренных ОСВ вариантах (таблица 3). Наиболее значительно данная зависимость проявилась на вариантах 10-13 с максимальным уровнем известкования.  $N_{гидр.}$  при этом возросла с 0,30–0,41 мг.-экв./100 г по действию ОСВ в 2011 г. до 0,45–0,63 мг.-экв./100 г соответственно по их последствию 3 года в 2014 г. При этом сохраняется обратная зависимость  $N_{гидр.}$  от уровня известкования почвы. В то же время по последствию на вариантах с ОСВ заметно увеличилась сумма поглощенных оснований и емкость катионного обмена. И действительно их значения с 6,29–7,15 выросли до 10,3–11,75 мг.-экв./100 г почвы. Данная зависимость обусловлена фактором разложения под влиянием почвенного биоценоза основной массы внесенного под озимую пшеницу в 2010 г. ОСВ и, как следствие, разрушением органоминеральных комплексов в составе ОСВ с высвобождением катионов  $Ca^{+2}$  и  $Mg^{+2}$ . При этом емкость катионного обмена ППК возросла в среднем по фону известкования 3 т/га на 8 %, 6 т/га – на 17 %, 9 т/га – на 15 %.

Как известно, по содержанию фосфора ОСВ

существенно превосходят традиционные виды органических удобрений. По этой причине в условиях интенсивного применения ОСВ происходят выраженные изменения фосфатного режима почвы. Очередное внесение ОСВ в 2010 г. с высоким содержанием  $P_2O_5$  (2,18 %) привело к росту значений этого элемента в слое 0-20 см, с увеличением дозы ОСВ в 1,9; 2,1; 2,9; 2,7 раза. В то же время, последствие третьего года в 2014 г. выявило снижения уровня  $P_2O_{5подв.}$  с 77-288 мг/100 г до 72-172 мг/100 г почвы. По последствию в наибольшей степени снижается содержание  $P_2O_{5подв.}$  при максимальных дозах ОСВ вне зависимости от уровня известкования почвы за счет миграции избыточного фосфора в виде минеральных и органоминеральных соединений (таблица 3).

По сравнению с фосфором содержание  $K_2O_{обм.}$  в почве изменялось менее интенсивно из-за более низкой концентрации элемента в осадке (0,41 %) и колебалось в пределах 3,2-6,2 мг/100 г. по действию ОСВ. Наибольшее увеличение  $K_2O$  отмечалось при максимальной дозе внесения ОСВ и минимальном уровне известкования. Известкование в больших дозах способствовало небольшому поглощению  $K_2O_{обм.}$  почвенным поглощающим комплексом. По последствию сохраняется низкий уровень  $K_2O_{обм.}$  в отсутствие заметной его миграционной динамики (таблица 3).

Дополнительное внесение в почву стабилизированного органического вещества в составе ОСВ способствовало сохранению высокого уровня гумусированности почвы как по действию, так и по последствию ОСВ. Данная зависимость не связана с уровнем известкования почвы. Согласно данным, приведенным в таблице 3, содержание органического вещества в почве, находится в прямой зависимости от величины суммарной дозы ОСВ, возраста с 1,65 в контроле до 1,98–2,80 % (изв. 3 т/га), до 1,76–2,95 (изв. 6 т/га), до 1,81–2,71 (изв. 9 т/га). Данная зависимость проявляется не только в слое 0-20 см, но и в слое 20-40 см, что свидетельствует о наличии выраженных миграционных потоков в слое почвы 0-40 см.

Согласно полученным данным, тип гумусообразования зависит от степени известкования, и с повышением его уровня до 6 т/га возрастает концентрация гуминовых кислот, а тип гумусообразования

Таблица 3. – Последствие систематического внесения ОСВ на агрохимическую характеристику дерново-подзолистой супесчаной почвы, слой 0-20 см, 2014 г.

ВАРИАНТ	рН <sub>KCL</sub>	Н <sub>г</sub>	S (Ca+Mg)	ЕКО	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Гумус, %	
							мг.-экв./100 г	
Контроль, без удобрений	6,40	0,63	9,02	9,65	32	4,8	1,65	1,18
ОСВ 165 <sup>т</sup> /га + изв. 3 т/га	6,48	0,54	9,76	10,3	72	4,8	1,96	1,22
ОСВ 330 т/га + изв. 3 т/га	6,52	0,51	9,80	10,31	89	4,5	1,97	1,30
ОСВ 660 т/га + изв. 3 т/га	6,50	0,59	9,88	10,47	129	5,4	2,30	1,55
ОСВ1320 т/га + изв. 3 т/га	6,55	0,63	10,28	10,91	172	5,7	2,80	1,68
ОСВ 165 т/га + изв. 6 т/га	6,40	0,48	10,05	10,53	79	5,1	1,76	1,19
ОСВ 330 т/га + изв. 6 т/га	6,50	0,48	9,97	10,45	90	5,1	1,86	1,30
ОСВ 660 т/га + изв. 6 т/га	6,45	0,48	11,27	11,75	114	4,8	2,14	1,42
ОСВ1320 т/га + изв. 6 т/га	6,48	0,54	11,76	12,30	170	5,8	2,95	1,82
ОСВ 165 т/га + изв. 9 т/га	6,50	0,45	10,73	11,18	87	5,5	1,81	1,28
ОСВ 330 т/га + изв. 9 т/га	6,45	0,50	10,73	11,23	89	5,4	2,05	1,31
ОСВ 660 т/га + изв. 9 т/га	6,48	0,63	10,16	10,79	128	5,2	2,20	1,49
ОСВ1320 т/га + изв. 9 т/га	6,51	0,54	10,51	11,05	172	6,5	2,71	1,52

приближается к гуматному. При этом  $C_{гк}:C_{фк}$  равно 1,21–1,26 в отличие  $C_{гк}:C_{фк}$ , равном 0,43–0,59 при уровне известкования, равном 3т/га. Проведенные исследования показали также, что по последствию ОСВ содержание лабильного гумуса в слое почвы 0-20 см в сравнении с контролем возрастает на 11 % и 76 % соответственно дозам 165 и 1320 т/га. При этом доля лабильного гумуса в общем его содержании изменяется незначительно и имеет тенденцию к снижению. Данная зависимость обусловлена, очевидно, возрастанием в составе органиче-

ского вещества почвы негидролизующего остатка, представленного органолигнинными соединениями, входящими в состав органического вещества осадка сточных вод (таблица 4). Соотношение C:N в почве по последствию ОСВ и известкованию снижается с 10,3–0,9 ед. до 8,4–8,9 ед. при повышении доз известкования с 3 до 9 т/га за счет интенсификации нитрификационных процессов в слое почвы 0–20 см.

Запасы валового и лабильного гумуса относительно контроля при высоких дозах ОСВ увеличи-

Таблица 4. – Влияние длительного применения различных доз ОСВ в сочетании с различными уровнями известкования на гумусовое состояние дерново-подзолистой супесчаной почв

ВАРИАНТЫ	С <sub>общ.</sub>	Валовый гумус	Лабильный гумус	N <sub>общ.</sub>	C:N	Запасы, т/га		
						Валовый гумус	Лабильный гумус	N <sub>общ.</sub>
Контроль, без удобрений	0,957	1,65	0,113	0,101	9,5	50,49	3,46	3,09
ОСВ 165т/га + изв. 3 т/га	1,135	1,96	0,126	0,110	10,3	57,62	3,70	3,23
ОСВ 1320т/га+ изв. 3 т/га	1,622	2,80	0,198	0,149	10,9	72,24	5,11	3,84
ОСВ 165т/га + изв. 6 т/га	1,019	1,76	0,120	0,093	11,0	50,34	3,43	2,66
ОСВ 1320т/га+ изв. 6 т/га	1,712	2,95	0,203	0,169	10,1	76,70	5,28	4,39
ОСВ 165т/га + изв. 9 т/га	1,050	1,81	0,123	0,125	8,4	50,68	3,61	3,50
ОСВ 1320т/га+ изв. 9 т/га	1,570	2,71	0,194	0,167	9,4	70,46	5,04	4,34



лись в среднем на 39,5–51,9 % и 45,6–52,6 %, соответственно. При этом применение ОСВ 1320 т/га по фону известкования 3–6 т/га было наиболее эффективным с точки зрения влияния на гумусированность почвы и, как следствие, содержание валового и лабильного гумуса.

Дополнительное внесение ОСВ осенью в 2015г. способствовало снижению обменной кислотности почвы, особенно заметное в вариантах с максимальными дозами ОСВ и доломитовой мукой (таблица 5). При этом сохранилась обратная зависимость  $H_{гидр.}$  от уровня известкования почвы. По воздействию ОСВ в текущем году сохранилась пропорциональная зависимость суммы поглощенных оснований от доз ОСВ и уровня известкования почвы. Их значения выросли с 7,28 до 8,42 мг.-экв./100 г почвы. Данная зависимость обусловлена фактором разложения под влиянием почвенного биоценоза основной массы внесенного ОСВ и как следствие разрушением органоминеральных комплексов в составе ОСВ с высвобождением катионов  $Ca^{+2}$  и  $Mg^{+2}$ , а также фактором известкования. При этом емкость катионного обмена ППК находилась в пропорциональной зависи-

мости от доз ОСВ и не зависела от уровня известкования почвы.

В условиях мелиоративного применения ОСВ происходят выраженные изменения фосфатного режима почвы. По действию ОСВ с высоким содержанием  $P_2O_5$ , равным 2,48 %, в условиях последствия ранее внесенных ОСВ наблюдался рост значений  $P_2O_{5\text{бл.дв.}}$  в слое 0-20 см пропорционально дозам ОСВ в 1,7-4,1; 1,4-4,6 и 1,6-4,5 раза, согласно уровням известкования.

По сравнению с фосфором содержание  $K_2O_{обм.}$  в почве изменялось менее интенсивно из-за более низкой концентрации элемента в ОСВ, внесенном осенью 2015 г. и ранее (таблица 2), и колебалось в пределах 36–46 мг/кг.

Внесение в почву стабилизированного органического вещества в составе ОСВ способствовало сохранению высокого уровня гумусированности почвы, выявленному ранее [5]. Данная зависимость не связана с уровнем известкования почвы. Согласно данным, приведенным в таблице 5, содержание гумуса в слое почвы 0-20 см находилось в прямой зависимости от величины суммарной дозы ОСВ, воз-

**Таблица 5. – Влияние длительного применения различных доз ОСВ в сочетании с известкованием на агрохимическую характеристику дерново-подзолистой супесчаной почвы, слой 0–20 см, 2016 г.**

ВАРИАНТ	$pH_{КСЛ}$	$H_r$	$S (Ca+Mg)$	ЕКО	$P_2O_5$	$K_2O$	Гумус, %
		мг.-экв./100 г			мг/кг		
Контроль, без удобрений	6,50	0,54	7,28	7,82	490	33	1,51
ОСВ *180т/га + изв. 3 т/га	6,7	0,49	7,77	8,26	860	36	1,69
ОСВ 360 т/га + изв. 3 т/га	6,70	0,48	8,00	8,48	1100	38	1,82
ОСВ 720 т/га + изв. 3 т/га	6,7	0,46	8,18	8,64	1300	40	2,24
ОСВ1440 т/га + изв. 3 т/га	6,67	0,45	8,30	8,75	2020	43	2,78
ОСВ 180 т/га + изв. 6 т/га	6,77	0,44	8,12	8,56	670	36	1,71
ОСВ 360 т/га + изв. 6 т/га	6,82	0,43	8,24	8,67	1170	38	1,83
ОСВ 720 т/га + изв. 6 т/га	6,82	0,43	8,25	8,68	1560	43	2,18
ОСВ1440 т/га + изв. 6 т/га	6,75	0,43	8,30	8,73	2280	46	2,97
ОСВ 180 т/га + изв. 9 т/га	6,83	0,43	8,25	8,68	780	30	1,76
ОСВ 360 т/га + изв. 9 т/га	6,86	0,42	8,33	8,75	990	38	1,89
ОСВ 720 т/га + изв. 9 т/га	6,84	0,42	8,37	8,79	1600	40	2,23
ОСВ1440 т/га + изв. 9 т/га	6,83	0,41	8,42	8,83	2230	43	2,92

растая с 1,51 в контроле до 1,69–2,78 % (изв. 3 т/га), 1,7–2,97 (изв. 6 т/га) и 1,76–2,92 (изв. 9 т/га). Более высокое содержание гумуса в вариантах с уровнями известкования 6 и 9 т/га обусловлено пониженной миграционной активностью органического вещества.

Мелиоративные дозы ОСВ в сочетании с известкованием в условиях его систематического применения способствовали росту урожайности зерновых культур в период 2014–2017 гг. на 17–94 % пропорционально дозам ОСВ.

В соответствии с данными, приведенными выше (таблица 1), ОСВ при условии их несоответствия нормативным показателям способствуют накоплению в почве группы ТМ. При этом взаимосвязь между почвой и растениями в поглощении ТМ довольно сложная. На поступление ТМ в растения влияет множество факторов, важнейшими из которых являются свойства почв и динамика почвенных процессов, содержание металлов, состояние и трансформация их соединений, физиологические особенности растений. Известно, что по валовому количеству элементов в почве оценить обеспеченность ими растений трудно. Наиболее чувствительным показате-

телем состояния ТМ является содержание в почве подвижных форм их соединений.

В результате проведенных многолетних исследований выявлена пропорциональная зависимость значений показателя суммарного загрязнения (Zc) валового содержания ТМ по последствию ОСВ в суммарных дозах 180 – 1440 т/га от доз известкования, равных 3 и 9 т/га (таблица 6). По последствию максимальной дозы ОСВ пропорционально возрастала концентрация ТМ и, как следствие, значения Zc, повышались до 12,3 – 19,3 ед. С увеличением доз известкования наблюдается тенденция к снижению показателя Zc при максимальной дозе ОСВ. Концентрация Cd в отличии от других ТМ превышала допустимый уровень при дозах ОСВ 360–1440 т/га.

В соответствии с результатами исследований по влиянию ОСВ на микроэлементный состав зерновых культур выявлена пропорциональная зависимость Zc зерна и соломы культур от доз ОСВ. На величины Kc ТМ в зерне опытных культур и уровень Zc активно влияет степень известкования почвы. Наибольшие значения Zc для зерна получены при

**Таблица 6. – Влияние длительного применения различных доз ОСВ в сочетании с различными уровнями известкования на содержание ТМ, экстрагируемых 1м HNO<sub>3</sub>, в почве (0–20 см), мг/кг сух. в-ва**

ВАРИАНТ	ЭЛЕМЕНТЫ						Zc
	Cu	Ni	Zn	Cd	Pb	Mn	
Контроль (б/у)	14,6	5,6	36,5	1,51	3,2	128	-
ОСВ 180* т/га + дол. мука 3 т/га	16,5	6,1	41	1,9	3,6	140	1,8
ОСВ 360 т/га + дол. мука 3 т/га	20,7	7,3	68	2,21	5,9	170	4,19
ОСВ 720 т/га + дол. мука 3 т/га	38	12	93	4,07	8	185	8,91
ОСВ 1440 т/га + дол. мука 3 т/га	76,8	24,8	150	8,04	11,4	220	19,32
ОСВ 180 т/га + дол. мука 6 т/га	16,4	6	39	1,77	3,9	162	1,89
ОСВ 360 т/га + дол. мука 6 т/га	19,6	8,2	57	2,85	5,4	185	4,36
ОСВ 720 т/га + дол. мука 6 т/га	34,6	16	82	4,8	7,1	200	9,39
ОСВ 1440 т/га + дол. мука 6 т/га	60	19,4	130	6,09	10	240	15,15
ОСВ 180 т/га + дол. мука 9 т/га	15,4	7,3	45	2,35	3,7	170	2,61
ОСВ 360 т/га + дол. мука 9 т/га	27,4	9,2	62	3,38	5,3	190	5,56
ОСВ 720 т/га + дол. мука 9 т/га	40,7	12,8	90	4,36	7,2	205	9,27
ОСВ 1440 т/га + дол. мука 9 т/га	50,5	15,3	126	5,02	8,1	230	12,27
ОДК валового содержания, мг/кг	132	80	220	2	130	-	-

уровне известкования 3 т/га. При этом наибольшая степень биологической доступности ТМ для зерна при дозе ОСВ 360-1440 т/га независимо от уровня известкования выявлена для Ni, Pb, Cd и Cr, согласно их Кс.

#### **Выводы**

1. Использование нетрадиционных источников питания растений в виде ОСВ в мелиоративных дозах оказывает положительное влияние на агроэкологические свойства почвы, урожайность зерновых культур.

2. Выявлена обратная зависимость  $N_{гидр.}$  от уровня известкования почвы и доз ОСВ при пропорциональной зависимости величины суммы поглощенных оснований за счет деструкции под влиянием почвенного биомассы ОСВ с разрушением органоминеральных комплексов в их составе ОСВ.

3. При применении мелиоративных доз ОСВ происходят выраженные изменения фосфатного режима почвы. По действию ОСВ с высоким содержанием  $P_2O_5$  наблюдался рост значений  $P_{2O_{5пл.дв.}}$  в слое 0-20 см пропорционально дозам ОСВ в 1,7–4,1; 1,4–4,6 и 1,6–4,5 раза согласно уровням известкования.

5. При систематическом применении ОСВ с ненормированным содержанием ТМ пропорционально возрастало как валовое содержание, так и концентрация их подвижных форм ТМ. Вследствие этого значения Zс, согласно дозам, ОСВ повышались с 2 до 19 ед. для валового содержания ТМ и с 5 до 26 ед. для их подвижных форм. С увеличением доз известкования наблюдается тенденция к снижению Zс валового содержания ТМ и их подвижных форм.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Акаилх, Тома. Агроэкологическая оценка влияния осадков влияния осадков городских сточных вод и мелиорантов на биогеохимические показатели полевого агроценоза : автореф. дис. ... канд. с-х. наук / Тома Акаилх. – М. : МСХА, 2001. – 21 с.
2. Алексеева, А.С. Влияние применения нетрадиционных органических удобрений на накопление тяжелых металлов и биологическую активность дерново-подзолистых супесчаных почв : автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.С. Алексеева. – М. : МГУ, 2002. – 24 с.
3. Хоренко, Л.А. Разработка приемов получения экологически безопасной продукции при выращивании картофеля на почвах с внесением осадка сточных вод : автореф. дис. ... канд. с-х. наук / Л.А. Хоренко. – М. : МСХА, 2002. – 19 с.
4. Анциферова, Е.Ю. Эколого-агрохимическая оценка осадков сточных вод, используемых в качестве удобрения : автореф. дис. ... канд. биол. Наук / Е.Ю. Анциферова. – М. : МГУ, 2003. – 23 с.
5. Федорова, М.Н. Агроэкологическое обоснование применения компоста на основе осадка сточных вод кожевенного производства при выращивании озимой пшеницы : автореф. дис. ... канд. с-х. наук / М.Н. Федорова. – М. : МСХА, 2007. – 24 с.

*Поступила 5.09.2018*