

УДК 631.87:631.582

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИ ВЫСУШЕННЫХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА

В. А. КАСАТИКОВ, А. М. КАШКИН

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Наряду с традиционными видами органических удобрений — навозом, торфом, торфо-навозными компостами — все большее значение приобретают осадки городских сточных вод, использование которых в качестве удобрений позволяет улучшить водный режим почв, повысить в них содержание фосфатов [1, 2, 4, 5].

Виды таких удобрений многообразны и зависят от характера городских и промышленных отходов, их соотношения и т. д. Естественно, что каждый вид подобных удобрений отличается индивидуальными свойствами.

Нами испытывались термически высушенные осадки (ТВО) сточных вод, изготовленных на экспериментальной установке Орехово-Зуевских межрайонных очистных сооружений Московской области. В состав ТВО входят: Са — до 40 % Мп, Zn, Sr — до 0,1, Cd и Pb —

Т а б л и ц а 1

Краткая агрохимическая характеристика почвы опытных участков, торфяного навоза и ТВО (в числителе — под картофелем, в знаменателе — под озимой пшеницей)

Год уборки урожая	Почва			Торфяной навоз			ТВО		
	N общ., %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> подвиж.	K <sub>2</sub> O обм.	N общ.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ.	K <sub>2</sub> O общ.	N общ.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ.	K <sub>2</sub> O общ.
1975*	0,1	5,1	11,2	2,2	0,6	2,8	1,4	0,7	0,2
1976	0,1	13,5	8,6	2,7	0,7	2,3	1,4	0,8	0,2
		16,6	7,6	2,9	0,7	3,3	1,4	0,8	0,2
1977	0,1	5,5	9,8	2,2	0,7	2,3	1,6	1,0	0,1
	0,1	7,2	10,7	1,7	0,7	2,8	1,6	1,0	0,1
1978**	0,1	9,3	4,9	2,2	0,7	2,3	2,0	1,0	0,1

\* Под картофелем.

\*\* Под озимой пшеницей.

до 0,06 и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  — 11—14, зольность — 37—38, содержание  $\text{Cl}^-$  — 0,5—0,6 %.

Щелочной характер ТВО и высокое содержание в них  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Ca}^{2+}$  определяются технологией их получения, согласно которой используются  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Опыты проводили в звеньях полевого севооборота картофель — ячмень и озимая пшеница — ячмень на дерново-подзолистой среднеоккультуренной супесчаной почве, сформированной на флювиогляциальных отложениях. Повторность опытов 4-кратная. Краткая агрохимическая характеристика почвы, торфяного навоза и ТВО представлена в табл. 1. Дозы ТВО под картофель весной и под озимую пшеницу осенью последовательно удваивались. Для сравнения применяли аналогичные дозы торфяного навоза (верховой пушицево-сфагновый торф, использованный в качестве подстилки на скотном дворе) и минеральных удобрений в форме  $\text{N}_{\text{aa}}\text{P}_{\text{сд}}\text{K}_{\text{x}}$ . Минеральные удобрения вносили под все культуры в дозах, определенных как оптимальные в условиях данного опыта [4], торфяной навоз и ТВО — одновременно под основные культуры севооборота. Полученные результаты обрабатывали методом дисперсионного анализа [7].

Предпосевную обработку почвы, посев и уход за культурами проводили в соответствии с общепринятой агротехникой. Урожай зерновых культур учитывали методом сплошной уборки прямым комбайнированием с поправкой на 14 %-ную влажность и 100 %-ную чистоту.

Климатические условия в годы проведения опытов были неодинаковыми (табл. 2). Так, летом 1975 г. сумма активных температур была на 220—300° выше нормы, а количество осадков — близкое к среднелетнему. В этом году такая культура, как картофель, развивалась ускоренными темпами, что обусловлено достаточными запасами влаги в почве и благоприятным распределением осадков в период интенсивного роста и клубнеобразования.

В 1976 г. сельскохозяйственные культуры развивались при дефиците тепла (200° за 3 летних месяца) и избытке влаги. Для озимой пшеницы осенний период развития был прерван ранним промерзанием почвы (1-я декада октября). В 1977 г. в связи с повышенной температурой воздуха фазы, а следовательно, и начало уборки зерновых наступали раньше обычного срока. Летний период 1978 г. характеризовался недостатком тепла и высокой влагообеспеченностью, что привело к замедленному созреванию зерна. Уборка зерновых проводилась в 3-й декаде августа.

Таким образом, метеорологические условия наряду с качеством и количеством вносимых удобрений не могли не сказаться на урожайности сельскохозяйственных культур (табл. 3—5). Урожайность картофеля была наибольшей в 1975 г. В варианте с ТВО в дозе 30 т/га получена максимальная прибавка, а при внесении 60 т ТВО урожай снизился.

Т а б л и ц а 2

Характеристика погодных условий

Месяц	Осадки, мм				Среднемесячная температура воздуха, °С			
	1975	1976	1977	1978	1975	1976	1977	1978
Апрель	52	47	41	10	9,7	5,1	6,6	3,9
Май	39	110	56	86	15,7	10,3	14,5	9,7
Июнь	84	66	72	109	17,3	14,1	17,4	13,5
Июль	54	41	37	116	18,7	16,0	21,0	16,0
Август	93	52	39	114	14,6	14,4	16,3	15,3
Сентябрь	29	23	74	80	13,0	8,9	9,2	9,4
Октябрь	27	35	106	66	2,8	-1,9	3,6	2,6

Урожайность картофеля и озимой пшеницы (ц/га)

Вариант опыта	1975. картофель	1976		1978		1978, оз. пше- ница	Среднее	
		картофель	оз. пшеница	картофель	оз. пшеница		картофель	оз. пшеница
Контроль	167,0	47,0	31,0	134,0	32,4	23,1	116,0	28,8
Прибавки к контролю								
ТВО, т/га:								
15	6,0	10,0	11,0	19,0	8,1	6,0	12,0	8,4
30	21,0	16,0	15,8	36,0	10,4	9,6	24,0	11,9
60	—24,0	8,0	23,4	42,0	13,4	9,2	9,0	15,3
90N60P90K*	70,0	33,0	11,0	51,0	5,4	11,5	51,0	9,3
Торфяной навоз, т/га:								
15	20,0	25,0	12,0	42,0	5,5	9,2	34,0	8,9
30	75,0	43,0	11,0	48,0	6,9	8,2	55,0	8,7
60	107,0	35,0	10,2	72,0	8,0	14,8	71,0	11,0
НСП <sub>05</sub>	15	8	4	11	4	3		

\* Под озимую пшеницу — 90N90P60K.

ся на 24 ц/га по сравнению с контролем. Внесение торфяного навоза способствовало значительному увеличению урожая картофеля — на 20—107 ц/га, причем максимальная прибавка получена в варианте с 60 ц/га. Внесение минеральных удобрений позволило повысить урожай клубней до 237 ц/га.

В 1976 г. сложились неблагоприятные условия для клубнеобразования, что привело к получению очень низких урожаев картофеля. В этом году даже в варианте с максимальной дозой торфяного навоза урожай составил всего 82 ц/га.

Климатические условия 1977 г. были более благоприятными, что сказалось на урожайности картофеля (наивысший урожай клубней 206 ц/га). В вариантах с ТВО прибавки составили от 19 до 42 ц/га.

Итак, разноплановый эффект от использования ТВО в качестве органического удобрения картофеля в значительной степени связан с метеорологическими условиями вегетационного периода. И определяется это в какой-то степени тем, насколько интенсивно вымывается из почвы вносимый в нее с ТВО хлор.

Наши наблюдения за изменением урожайности озимой пшеницы в 1976—1978 гг. подтверждают выводы В. С. Зализовского и А. А. Казакова [3] о зависимости эффективности удобрений от метеорологических условий. В осенний период развитие озимой пшеницы было угнетено из-за наличия в почве хлорид-иона, внесенного с ТВО. К началу весенней вегетации растений хлор из почвы вымывался полностью.

Применение ТВО, минеральных удобрений и торфяного навоза явилось эффективным приемом повышения урожайности озимой пшеницы независимо от уровня исходного плодородия почвы (табл. 1). Эффективность ТВО в целом оказалась выше, чем минеральных удобрений и соизмеримых доз торфяного навоза. Максимальная прибавка (23,4 ц/га при урожае в контроле 31 ц/га) получена в 1976 г. при дозе ТВО 60 т/га. В 1977 г. прибавки урожая от ТВО были в 1,5—2,0 раза ниже, чем в 1976 г., что, по-видимому, связано с сокращением вегетационного периода озимой пшеницы вследствие сухой и жаркой погоды во 2-й половине лета. Невысокий урожай в контроле в 1978 г. обусловлен пониженным уровнем плодородия почвы опытного участка. В 1978 г.

Урожай ячменя в зависимости от предшественника (ц/га)

Вариант опыта	1976, картофель	1977		1978		Среднее	
		карто- фель	оз. пше- ница	карто- фель	оз. пше- ница	карто- фель	оз. пше- ница
Контроль	29,7	34,5	25,5	20,1	15,0	28,1	20,2
Прибавки к контролю							
ТВО, т/га:							
15	2,5	4,7	3,4	5,9	3,0	4,4	3,2
30	7,9	4,2	5,6	9,5	6,9	7,2	6,3
60	2,1	5,9	12,5	9,6	8,8	5,9	10,7
90N90P60K	6,3	8,0	9,7	8,0	8,2	7,4	9,0
Торфяной навоз, т/га:							
15	0,6	4,5	4,1	3,4	-0,7	2,8	1,8
30	3,6	3,9	2,5	3,0	2,5	3,6	2,6
60	5,7	2,9	4,3	4,4	4,7	4,2	4,6
НСР <sub>05</sub>	3,2	2,8	2,1	1,9	1,7		

минимальная прибавка урожая получена при внесении ТВО в дозе 15 т/га, в вариантах с 30 и 60 т ТВО на 1 га они были близкими. В среднем за 3 года наибольшая прибавка урожая озимой пшеницы получена при использовании ТВО в дозе 60 т/га, наименьшая — в дозе 15 т/га.

Ячмень как культура с очень сжатыми сроками поступления элементов питания более отзывчив по сравнению с другими зерновыми на внесение удобрений [6]. Нами сравнивалось последствие органических удобрений на урожайность ячменя сорта Московский 121 с действием полного минерального удобрения.

Последствие ТВО и торфяного навоза на урожай ячменя зависит не только от их доз, но и от влияния предшественника — картофеля или озимой пшеницы, о котором можно судить по контрольному варианту. Так, несмотря на близкие агрохимические показатели опытных участков, урожай в контроле по разным предшественникам был неодинаковым: после картофеля он оказался на 5—8 ц/га выше, чем после озимой пшеницы. Прибавки от последствия ТВО и торфяного навоза были не всегда пропорциональны их дозам. Например, после картофеля в 1976 г. наибольшая прибавка урожая ячменя в вариантах с ТВО получена при его внесении в дозе 30 т/га, а в 1977—1978 гг. — в дозе 60 т/га. Прибавки торфяного навоза в 1976 и 1978 гг. возрастали с увеличением его доз. После озимой пшеницы прибавки урожая ячменя повышались по мере увеличения доз ТВО во все годы, а от торфяного навоза — лишь в 1978 г. Следует отметить, что прибавки ячменя от последствия ТВО в 1,5—2 раза выше, чем от последствия торфяного навоза, а также последствия полного минерального удобрения (судя по значениям максимальных прибавок ТВО). Последствие ТВО на урожай ячменя было более эффективным по озимой пшенице (в 1977 г.) и по картофелю (1978 г.). Анализ средних значений прибавок показывает, что вид предшественника в разных вариантах с ТВО, кроме дозы 60 т/га, не оказывает значительного влияния на последствие органических удобрений и действие 90N90P60K. Ряд авторов [2, 5] отмечают повышенную зависимость урожая ячменя от метеорологических условий в период вегетации. В нашем опыте эта зависимость особенно ярко проявилась в вариантах последствия ТВО на урожай ячменя по картофелю в 1976 и 1978 гг. (табл. 4).

Из табл. 5, где приведены данные об эффективности исследуемых удобрений в звеньях севооборота, видно, что по среднему сбору кормо-

Эффективность удобрений в звеньях севооборота (ц корм. ед. на 1 га)

Вариант опыта	I (картофель—ячмень)			II (оз. пшеница—ячмень)		
	картофель	ячмень	среднее	оз. пшеница	ячмень	среднее
Контроль	29,0	35,7	32,4	37,2	26,8	32,0
Прибавки к контролю						
ТВО, т/га:						
15	2,8	7,1	4,9	11,2	3,7	7,4
30	6,1	11,1	8,6	14,0	8,7	11,3
60	2,2	11,1	6,6	17,0	14,0	15,5
90N60P90K*	12,9	10,7	11,7	11,1	12,7	11,9
Торфяной навоз, т/га:						
15	8,5	3,9	6,2	9,9	1,4	5,6
30	13,8	5,5	9,6	10,3	1,8	6,1
60	17,8	6,3	12,0	13,8	5,6	9,7

\* Под озимую пшеницу и ячмень 90N90P60K.

вых единиц в I звене севооборота превосходство имело внесение ТВО в дозе 30 т/га по сравнению с дозами 15 и 60 т/га. В свою очередь, этот вариант уступал по эффективности NPK и торфяному навозу в дозах 30 и 60 т/га. Максимальная прибавка сбора кормовых единиц (12 ц/га) получена при внесении 60 т торфяного навоза, а минимальная (4,9 ц/га) — при внесении 15 т ТВО.

Во II звене севооборота эффективность вариантов с ТВО значительно выше, чем аналогичных вариантов I звена, а также вариантов с внесением торфяного навоза. Так, продуктивность 1 га пашни II звена севооборота составила 47,5 ц корм. ед. при дозе ТВО 60 т/га, в то время как максимальные урожаи, полученные от полного минерального удобрения и торфяного навоза в дозе 60 т/га, — соответственно 43,9 и 41,7 ц корм. ед.

Высокая эффективность ТВО во II звене позволяет сделать заключение о целесообразности применения этого удобрения прежде всего под зерновые культуры в севообороте с первой культурой — озимой пшеницей.

### Выводы

1. Влияние весеннего внесения ТВО на урожайность картофеля в значительной степени зависит от метеорологических условий в период вегетации. В среднем по вариантам с ТВО наибольшая прибавка урожая картофеля получена от дозы 30 т/га, а наименьшая — от 60 т/га.

2. Степень влияния ТВО на урожайность озимой пшеницы зависела от его доз, метеорологических условий и свойств почвы. Максимальная прибавка (23,4 ц/га) получена от 60 т ТВО на 1 га в 1976 г., а минимальная (6,0 ц/га) — в 1978 г. при внесении 15 т/га ТВО.

3. ТВО характеризуются высоким последствием на урожай ячменя. После пшеницы наибольшая прибавка (10,7 ц/га) получена при внесении 60 т ТВО на 1 га, после картофеля (7,2 ц/га) — от 30 т ТВО. Эффективность последствия ТВО выше прямого действия 90N90P60K и последствия торфяного навоза.

4. Применение ТВО в качестве удобрения наиболее эффективно в звене севооборота озимая пшеница — ячмень, где прибавки урожая в 1,5—2,5 раза выше, чем в звене картофель — ячмень.

5. Применение полного минерального удобрения в дозах 60—90 кг д. в. на 1 га дает равноценный эффект в обоих звеньях севооборота.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В. Использование осадков сточных вод на удобрение. — Земледелие, 1976, № 9, с. 61—62. — 2. Детковская Л. П., Денисова А. З., Калецкая Г. Н., Дядель И. К., Миронович Н. А., Твердохлеб О. Т. Влияние азотных удобрений на урожай и качество ячменя и озимой пшеницы при разном содержании подвижного фосфора в почве. — Агрохимия, 1977, № 8, с. 26—31. — 3. Зализовский В. С., Казаков А. А. Влияние минеральных удобрений на урожай озимой пшеницы в зависимости от количества осадков в различные периоды года. — Агрохимия, 1977, № 3, с. 45—49. — 4. Касатиков В. А., Митюхина М. Ф. Эффективность совместного применения органических и минеральных удобрений в севообороте на супесчаной почве. — Тез. докл. Каунас, 1975, с. 72—74. — 5. Кривеня Н. И. Урожай зерновых культур и вынос азота, фосфора и калия на дерново-подзолистой суглинистой почве БССР в зависимости от уровня питания. — Агрохимия, 1975, № 12, с. 33—38. — 6. Мосолов И. В., Романова Е. Ю., Коробочкина Л. Б. Влияние повышенных доз азотного, фосфорного и калийного питания на урожай и качество пивоваренного ячменя. — Агрохимия, 1977, № 1, с. 87—90. — 7. Перегудов В. Н. Статистическая обработка результатов полевого опыта. М.: Статистика, 1965. — 8. Bechstädt O., Teichardt R., Schwarz K. — In: Behandlung und Verwertung Kommunal Abwasserschlämme. Leipzig, 1976, S. 38. — 9. Hyde Henry C. J. Water Pollut. Contr. Fed., 1978, vol. 48, N 1, p. 21. — 10. Schulz F., Krüger W. — In: Begandlung und Verwertung Kommunal Abwasserschlämme. Leipzig, 1976, S. 147.

*Статья поступила 7 мая 1980 г.*

## SUMMARY

The results of the experiments on the use of thermally dried sediments of drainage waters (TDS) as organic fertilizer are discussed. It is shown that the effect of TDS on the yielding capacity of farm crops depends on their doses, on weather conditions and on soil properties. TDS are characterized by a considerable residual effect which exceeds the effect of a complete mineral fertilizer. It is most efficient to apply TDS as fertilizers under grain crops.