

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ПРЕДУРАЛЬЯ

*М.Т. ВАСБИЕВА,  
Пермский НИИСХ*

**Ключевые слова:** органические удобрения, осадок сточных вод, отходы угольной промышленности, содержание гумуса, подвижный фосфор, обменный калий, кислотность почвы, тяжёлые металлы, продуктивность пашни.

В Пермском крае актуальна проблема рационального и эффективного использования осадка сточных вод (ОСВ) и отходов добывающей угольной промышленности, которые занимают значительные площади и создают угрозу для окружающей среды.

Одним из направлений утилизации ОСВ и углеотходов является их использование в качестве нетрадиционных органических удобрений в сельском хозяйстве. Углеотходы и ОСВ содержат значительное количество органического вещества, азот, фосфор, калий, микроэлементы, необходимые для питания растений. Это позволит улучшить основные показатели плодородия почвы и повысить урожайность сельскохозяйственных культур [1-4]. Но эффективности углеотходов и ОСВ трудно давать общую оценку, как, например, минеральным удобрениям, так как они не сбалансированы по составу и часто содержат токсичные вещества. Систематическое внесение ОСВ может привести к накоплению тяжёлых металлов в почве и загрязнению ими сельскохозяйственной продукции [1, 2].

## **Цель исследований**

Изучение возможного использова-

ния осадка сточных вод и углеотходов в качестве нетрадиционных органических удобрений на дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве Пермского края.

## **Методика исследований**

Исследования проводятся на базе многолетнего полевого опыта, заложенного на опытном поле Пермского НИИСХ в 1986 году. Почва опытного участка – дерново-мелкоподзолистая тяжелосуглинистая с содержанием гумуса 2,2%,  $P_2O_5$  – 154,  $K_2O$  – 170 мг/кг,  $pH_{\text{срн}}$  4,8, гидрוליтической кислотностью 3,7, суммой поглощённых оснований 18,1 мг-экв./100 г, степенью насыщенности основаниями 83%.

Влияние ОСВ изучается при систематическом внесении раз в ротацию севооборота в чистом пару (в 1986, 1993, 2001 годах) и в последействии (внесены в 1986 году). Углеотходы были внесены в почву в 1986 году. Влияние ОСВ и углеотходов изучалось на фоне минеральных удобрений и без внесения минеральных удобрений. Повторность в опыте – трёхкратная, расположение делянок – систематическое. Наблюдения проводятся в семипольном севообороте со следую-



614532, Пермская обл.,  
Пермский р-н, с. Лобаново,  
ул. Культуры, 12;  
тел. 8 (3422) 97-52-40

щим чередованием культур: чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница + клевер – клевер 1 г.п. – клевер 2 г.п. – ячмень – овёс. Осадок сточных вод представлен очистными сооружениями г. Перми. Углеотходы взяты с Кизеловского угольного бассейна (Коспашская шахта). Агрохимические показатели осадков сточных вод и углеотходов, применяемые в качестве органических удобрений, соответствуют требованиям ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 (табл. 1, 2).

## **Результаты исследований**

Применение ОСВ и углеотходов способствовало увеличению содержания гумуса в почве (табл. 3). Разовое внесение углеотходов 6 т/га (1986 год) позволило повысить содержание гумуса в слое 0-20 см по сравнению с контролем на 7%. Систематическое внесение ОСВ в течение 28 лет в дозе 40 т/га увеличило содержание гумуса в слое 0-20 см на 5%. В вариантах, где ОСВ изучали

***Organic fertilizers, a deposit of sewage, waste coal industry, the maintenance humus, mobile phosphorus, exchange potassium, acidity of soil, heavy metal, efficiency of an arable land.***

в последствии, содержание гумуса к 2006 году сохранилось на уровне конт-

роля. При использовании нетрадицион-ных органических удобрений отмечено

Агрохимическая характеристика ОСВ и углеотходов

Наименование показателя	ОСВ			Угле-отходы
	1986 г.	1993 г.	2000 г.	1986 г.
Органическое вещество, % на сухое вещество	12	40	62	9
N <sub>общ.</sub> , % на сухое вещество	0,7	0,5	1,3	0,5
P <sub>общ.</sub> , % на сухое вещество	1,6	4,6	2,8	0,1
K <sub>общ.</sub> , % на сухое вещество	0,4	0,5	0,6	1,1
Влажность, %	42	64	83	9,0
pH <sub>соч.</sub>	6,7	-	6,9	2,6

Таблица 2

Содержание тяжёлых металлов в ОСВ, мг/кг

ТМ	1986 г.	1993 г.	2000 г.	Нормативы РФ по группам (ГОСТ Р 17.4.3.07-2001)	
				1	2
Pb	50	67	12	250	500
Zn	н.д.	61	481	1750	3500
Cu	н.д.	134	407	750	1500
Cd	27	28	12	15	30

Таблица 3

Влияние ОСВ и углеотходов на агрохимические свойства дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы (0-20, 20-40 см)

Показатели	Ед. изм.	Годы								
		1976	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1997	1998
Заготовлено живицы	т	4926	4230	3913	3360	2380	848	748	1420	1448
Площадь насаждений в подсоске	га	33132	нет данных	20400	нет данных	16200	8150	4579	9058	9756
Выход живицы с га	кг	148	190	192	196	147	104	163	97,9	101,7
Выход живицы с карры	г	888	1241	1185	1246	1010	720	901	881	841
Численность рабочих:										
вздымщиков	чел.	777	нет данных	463	нет данных	325	163	140	204	222
сборщиков	чел.	381	нет данных	211	нет данных	145	88	56	98	115
Выработка вздымщика:										
дневная	кг	73	777,7	76,2	72,4	65,9	56,5	56,3	68	57
сезонная	кг	7410	8450	8451	8224	7320	5202	5580	6955	6508
Себестоимость 1 т живицы	тыс. руб.	0,72	0,84	2,02	нет данных	195,0	800,0	1670	3,13	3,33

\* – ОСВ вносили в 1986, 1993 и 2000 гг., \*\* – ОСВ и углеотходы внесены в 1986 г.

Таблица 4

Содержание кислоторастворимых форм тяжёлых металлов в дерново-мелкоподзолистой почве, мг/кг (0-20, 20-40 см)

Варианты	Cd		Cu		Zn	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
1. Контроль (без удобрений)	0,7	1,4	25,5	18,9	24,8	16,1
2. ОСВ 40 т/га*	1,2	1,6	35,9	53,5	31,8	33,5
3. ОСВ 40 т/га**	1,8	1,9	39,5	38,9	34,0	34,3
4. ОСВ 60 т/га**	2,1	2,3	37,5	38,7	33,3	34,9
5. Углеотходы 6 т/га**	1,2	1,1	26,5	18,8	24,0	20,4
6. ОСВ 60 т/га + углеотходы 6 т/га**	1,9	2,1	31,5	29,3	30,1	26,3
7. N <sub>едР</sub> едK <sub>ед</sub> – фон	0,9	1,5	25,4	21,5	24,9	22,9
8. Фон + ОСВ 40 т/га*	2,6	1,8	33,8	31,1	32,6	30,9
9. Фон + ОСВ 40 т/га**	1,9	2,4	40,0	39,8	37,3	36,1
10. Фон + ОСВ 60 т/га**	2,2	1,6	42,7	31,7	33,8	31,5
11. Фон + углеотходы 6 т/га**	1,2	1,1	24,8	34,6	25,2	23,7
12. Фон + ОСВ 60 т/га + углеотходы 6 т/га**	2,0	1,4	35,1	34,6	29,7	29,3
НСР <sub>05</sub>	0,3	0,4	2,8	7,3	3,3	4,1
ПДК	1,0		66,0		110,0	

накопление подвижных форм фосфора и калия. В контроле содержание фосфора в слое почвы 0-20 см составило 154 мг/кг и калия – 126 мг/кг. При систематическом внесении ОСВ содержание фосфора в почве увеличилось на 54 и калия – на 43 мг/кг, при внесении углеотходов – на 81 и 57 мг/кг соответственно. Создание фона минеральных удобрений повысило действие органических удобрений на гумусный, калийный и фосфорный режимы почв. Использование отходов угольной промышленности привело к достоверному снижению гидролитической кислотности (с 3,6 до 3,0 мг-экв./100 г).

Вместе с ОСВ и углеотходами в почву неизбежно попадают тяжёлые металлы, в том числе цинк, кадмий и медь. Цинк и кадмий относятся к элементам I класса опасности, медь – II класса опасности. Для того чтобы оценить безопасность использования ОСВ и углеотходов в качестве удобрений, были проведены исследования по содержанию кислоторастворимых форм кадмия, цинка и меди в почве (табл. 4).

Предельно допустимая концентрация (ПДК) кислоторастворимых форм тяжёлых металлов в почве не разработана, поэтому для сравнения данных используются ориентировочно допустимая концентрации (ОДК) валовых форм кадмия, меди и цинка в почве в зависимости от группы почв. ОДК кадмия на кислых суглинистых и глинистых почвах с pH<sub>соч.</sub> < 5,5 составляет 1,0 мг/кг, ОДК меди – 66,0 мг/кг и ОДК цинка – 110,0 мг/кг.

Содержание кадмия увеличилось в слое 0-20 см от 0,2 до 1,9 мг/кг. Самое высокое накопление по кадмию отмечено в вариантах с ОСВ на фоне минеральных удобрений. Содержание кадмия в контроле в слое почвы 20-40 см составило 1,4 мг/кг, что превышает ОДК. Такое накопление кадмия можно объяснить наличием высокого содержания кадмия в подстилающих породах или техногенным (атмосферным) загрязнением почв, что требует дополнительных исследований. По кадмию превышение ОДК происходит во всех вариантах. Содержание меди в слое 0-20 см увеличилось от 1,0 до 17,2 мг/кг, цинка – от 0,4 до 12,5 мг/кг. Превышение ОДК не происходит. Наблюдается снижение кислоторастворимых форм ТМ при применении углеотходов.

При совместном внесении углеотходов 6 т/га с ОСВ 60 т/га произошло достоверное снижение содержания меди на 6,0-9,3, цинка – на 3,2-8,7 и кадмия – на 0,2 мг/кг по сравнению с применением одного ОСВ 60 т/га. Аналогичная ситуация прослеживается на фоне минеральных удобрений. Углеотходы по своему химическому составу можно отнести к природным сорбентам, которые увеличивают обменную ёмкость почвы. Размещённые в отвалах породы представлены смесью пород угленосной толщи: песчаников, аргиллитов, алевролитов, углистых сланцев, известняков

## Экология

и каменного угля. Соотношение перечисленных выше типов пород зависит от горногеологических и горнотехнических условий каждой конкретной шахты. В целом в угленосной толще Кизеловского угольного бассейна преобладают песчаники (60%), алевролиты (24%), аргиллиты (10%) и их переслаивания (6%) [5].

Корреляционный анализ между содержанием ТМ и агрохимическими свойствами почвы показал, что взаимосвязь отсутствует или слабо выражена.

При однократном внесении углеотходов в 1986 году без применения минеральных удобрений происходило постепенное увеличение продуктивности пашни по ротациям севооборота от 3 до 36% (табл. 5). Продуктивность пашни при систематическом внесении ОСВ в дозе 40 т/га и при изучении влияния в последствии существенно не отличается и в среднем за три ротации увеличилась на 31-40% к контролю и на 9-13% – к фону.

**Выводы**

Отходы угольной промышленности и осадок сточных вод могут применяться в сельском хозяйстве в качестве органических удобрений. Использование нетрадиционных органических удоб-

рений положительно повлияло на плодородие почвы (улучшаются гумусный, фосфорный и калийный режимы почв). Однократное внесение ОСВ и углеотходов оказывало положительное действие на продуктивность культур в течение длительного времени. Внесение осадка сточных вод привело к накоплению в

почве кислоторастворимых форм кадмия, меди и цинка. По кадмию отмечено превышение ОДК. Применение углеотходов способствовало снижению содержания кислоторастворимых форм тяжелых металлов в почве. Углеотходы действовали как природный сорбент загрязняющих веществ.

Таблица 5  
Действие осадка сточных вод и углеотходов на продуктивность пашни по ротациям севооборота, тыс. к.ед. на 1 га в год

Варианты	1986-1992 г.	1993-1999 г.	2000-2006 г.	В среднем за 3 ротации
1. Контроль (без удобрений)	1,91	1,90	2,28	2,03
2. ОСВ 40 т/га*	2,48	2,36	3,16	2,67
3. ОСВ 40 т/га**	–	2,36	3,31	2,84
4. ОСВ 60 т/га**	–	2,36	3,32	2,84
5. Углеотходы 6 т/га**	1,96	2,50	3,10	2,52
6. ОСВ 60 т/га + углеотходы 6 т/га**	2,79	2,34	3,05	2,73
7. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> – фон	2,92	2,14	3,45	2,84
8. Фон + ОСВ 40 т/га*	3,5	2,43	3,69	3,21
9. Фон + ОСВ 40 т/га**	–	2,57	3,64	3,11
10. Фон + ОСВ 60 т/га**	–	2,37	3,49	2,93
11. Фон + углеотходы 6 т/га**	2,46	2,44	3,85	2,92
12. Фон + ОСВ 60 т/га + углеотходы 6 т/га**	3,41	2,57	3,72	3,23
НСР <sub>05</sub>	–	0,30	0,39	

**Литература**

1. Стратегия использования осадков сточных вод и компостов на их основе в агрикультуре / под ред. Н. З. Милащенко ; ВИУА. М. : Агроконсалт, 2002. 140 с.
2. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения: уч. пособ. / Е. П. Пахненко. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 311 с.
3. Горохова Н. Г. Влияние углеотходов на плодородие дерново-подзолистых почв и урожайность сельскохозяйственных культур : автореф. ... канд. с.-х. наук. М., 1983. 18 с.
4. Просяников В. И. Эффективность применения окисленных углей в качестве удобрения сельскохозяйственных культур в лесостепной зоне Кемеровской области : автореф. ... канд. с.-х. наук. Барнаул, 2007. 19 с.
5. Красавин А. П., Сафин Р. Т. Экологическая реабилитация углепромышленных территорий Кизеловского бассейна в связи с закрытием шахт. Пермь : ИПК «Звезда», 2005. 287 с.