

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

ОРОШЕНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ В ЮЖНОМ ЙЕМЕНЕ

Салех Набил Мохаммед, А.В. Шуравилин

Кафедра почвоведения и земледелия
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, Москва, Россия, 117198

Изложены результаты экспериментальных исследований по влиянию поливов сточными водами крупных городов южного Йемена (города Аден, Тайз и Ибб) на свойства почв и урожайность многолетних трав. Для орошения использовались слабоминерализованные сточные воды после их механической и биологической очистки: при этом обеспечивалась высокая урожайность многолетних трав на зеленую массу, достоверно большую по сравнению с поливом чистой водой из скважины. При этом не проявлялось отрицательное влияние стоков на свойства красно-бурых карбонатов почв.

В настоящее время одним из значительных источников загрязнения природной среды и, в частности, поверхностных вод являются сточные воды, объем которых по оценкам Мирового института природных ресурсов к 1990 г. достиг $14\ 100\ \text{км}^3$, что составляет 45,5% от мирового водозабора.

Особое место среди сточных вод занимают городские сточные воды, которые отличаются как большим разнообразием загрязняющих ингредиентов, так и значительным варьированием химического состава. Сбросные воды городской канализации образуются благодаря смешиванию бытовых и промышленных вод в результате спуска производственных стоков в канализацию.

Большой объем сточных вод городской канализации отмечается и в ряде арабских стран. В частности, в 1993 году в Египте объем городских сточных вод достиг 3430 млн м^3 , из которых очищенные воды составляют 650 млн м^3 , в том числе используемые — 200,0 млн м^3 . В Йемене сброс городских сточных вод в 1992 году составил 37 млн м^3 , из них объем очищенных вод был равен 20 млн м^3 , а использовано было только 6,0 млн м^3 . Эти данные свидетельствуют о том, что большинство городских сточных вод нигде не используются и в основном только загрязняют окружающую среду.

Следует отметить, что даже на очистных сооружениях с замкнутым циклом водоснабжения суммарный эффект удаления загрязнений не превышает 85—90%. Наиболее экономически выгодной и экологически безопасной технологией

отчистки и утилизации городских сточных вод является использование их для орошения сельскохозяйственных культур. При этом очистка сточных вод на полях орошения достигает 100%. Орошение городскими сточными водами уменьшает потребление пресной воды, обогащает почву питательными элементами и является мощным средством повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, а также способом доочистки их в естественных условиях и охраны окружающей среды.

Опыт применения городских сточных вод для орошения имеется во многих регионах мира. Однако в условиях Йемена городские сточные воды для орошения сельскохозяйственных культур мало используются, поэтому очень важно разработать научно обоснованную технологию применения очищенных сточных вод для полива сельскохозяйственных культур. В связи с этим целью наших исследований являлось изучение состава городских сточных вод южного Йемена и их влияние на свойства и плодородие почв, а также на урожайность кормовых культур.

Химический состав городских сточных вод южной части Йемена перед сбросом их в отстойники (приемная камера) и при поступлении из отстойников на поля орошения приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав городских сточных вод Южного Йемена

№	Показатели	Единицы измерения	г. Аден	г. Таиз	г. Ибб
1	Электропроводимость	мкСм/см	1 662	1 930	2 480
2	Концентрация солей	мг/л	1 063,7	1 235,2	1 587,2
3	pH	—	7,5	7,3	7,1
4	Щелочность	мг/л	620	610	940
5	БПК ₅	мг/л	86,6	81,29	72,6
6	ХПК	мг/л	101,8	210,14	205,0
7	Общая жесткость	мг/л	390	160	340,0
8	Кальций	мг-экв/л	7,6	4,8	9,8
9	Магний	мг-экв/л	1,4	3,2	5,2
10	Натрий	мг-экв/л	7,1	9,2	7,5
11	Калий	мг-экв/л	0,6	2,8	1,2
12	Фтор	мг/л	0,4	0,3	5,0
13	Бикарбонаты HCO ₃	мг-экв/л	10,8	10,0	18,8
14	Хлор	мг-экв/л	3,0	7,1	5,6
15	Сульфат	мг-экв/л	2,9	2,9	0,7
16	Фосфаты	мг/л	20,4	34,7	75,0
17	Аммоний	мг/л	—	68,0	173,0
18	Нитраты	мг/л	280	25,0	59,4
19	Нитриты	мг/л	0,61	1,54	1,19
20	Железо	мг/л	0,20	0,16	0,22
21	Медь	мг/л	0,056	0,50	0,151
22	Цинк	мг/л	0,195	0,44	0,014
23	Марганец	мг/л	0,06	0,1	0,04
24	Кобальт	мг/л	—	—	—
25	Молибден	мг/л	—	—	—
26	Кадмий	мг/л	—	—	—
27	Никель	мг/л	—	—	—
28	Свинец	мг/л	0,06	0,03	0,02
29	SAR		3,35	4,6	2,74

Из данных табл. 1 следует, что по степени минерализации сточные воды относятся к пресным при содержании солей меньше 1,5 г/л (г. Аден, г. Тайз) и слабоминерализованным (г. Ибб) более 1,5 г/л. Городские сточные воды характеризуются щелочной реакцией среды $pH = (7,1—7,5)$. Наличие тяжелых металлов в городских сточных водах не превышает ПДК. По большинству агроирригационных показателей сточные воды могут быть использованы для орошения сельскохозяйственных культур $SAR = 2,7—4,6$, т.е. меньше 8.

Исследования по влиянию внесения городских сточных вод г. Таиз и г. Ибб при возделывании люцерны на зеленый корм проводились в 2006 г. в полевом опыте в крестьянских хозяйствах: Маклахи, район Тайз (опыт 1); Мухарам, район Ибб (опыт 2). Опыты осуществлялись в двух вариантах:

1) орошение чистой водой по водопотреблению (полив грунтовыми водами из скважины);

2) орошение городскими сточными водами по водопотреблению.

Сточные воды г. Аден частично используют для полива городских зеленых насаждений, а большая их часть сбрасывается в море. Опытные участки 1 и 2 расположены в равнинной части. Почвы красно-бурые карбонатные староорошаемые тяжелосуглинистые и глинистые. В результате орошения городскими сточными водами также несущественно изменилось содержание в почве гумуса, общего азота, карбонатов и реакция почвенной среды по сравнению с исходными данными. Содержание гумуса в верхнем слое почвы (0—20 см) составляло 0,68—0,86%. Содержание общего азота в слое 0—60 см равнялось в среднем 0,030 и 0,027% соответственно в опытах 1 и 2. Реакция почвенной среды оставалась щелочной $pH 8,0—8,3$ (табл. 2).

Таблица 2

Некоторые химические свойства почв опытного участка, 2006 г.

Номер опыта	Глубина, см	Гумус, %	Азот, %	pH	CaCO ₃ , %
Исходные даны					
Опыт 1	0—20	0,82	0,034	8,0	8,5
	20—40	0,42	0,029	8,0	8,0
	40—60	0,32	0,025	8,3	8,0
Опыт 2	0—20	0,68	0,032	8,0	10,0
	20—40	0,57	0,026	8,4	9,8
	40—60	0,35	0,022	8,2	10,6
В конце исследований					
Опыт 1	0—20	0,86	0,035	8,0	8,6
	20—40	0,39	0,030	8,1	8,2
	40—60	0,33	0,026	8,2	8,0
Опыт 2	0—20	0,71	0,034	8,1	9,8
	20—40	0,55	0,024	8,3	10,1
	40—60	0,36	0,023	8,3	10,5

Содержание подвижных питательных элементов несколько уменьшилось в связи с его использованием растениями. Так, если до орошения сточными водами содержание легкогидролизуемого азота в слое почвы (0—60 см) составляло 4,3 в опыте 1 и 3,7 мг на 100 г почвы в опыте 2, то в конце исследований оно снизилось до 3,7 и 3,3 мг на 100 г почвы соответственно в опытах 1 и 2. Количество

подвижного фосфора в слое почвы 0—60 см уменьшилось с 24,1—22,0 до 23,6—21,5 мг/100 г почвы; обменного калия с 20,5—18,5 до 19,4—18,4 мг/100 г почвы (табл. 3).

Таблица 3

Подвижные питательные элементы в почве опытного участка в мг на 100 г. почвы, 2006 г.

Слой, см	Опыт 1			Опыт 2		
	N _{лег}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _{лег}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Исходные данные						
0—20	5,2	28,7	23,0	4,3	23,1	22,5
20—40	3,2	23,5	19,8	3,6	21,3	17,6
40—60	3,5	20,2	18,7	3,1	21,5	15,3
В конце исследований						
0—20	4,8	27,1	22,1	3,8	22,2	22,0
20—40	2,8	23,0	18,7	3,1	20,8	16,9
40—60	3,6	20,8	17,3	3,0	21,6	15,5

Поливы городскими сточными водами не оказывали отрицательного влияния на поглощательную способность почвы. Сумма катионов по слоям изменялась в пределах 23,77—32,17 мг-экв/100 г в опыте 1 и 25,29—29,93 мг-экв/100 г в опыте 2 и практически не отличалась от исходных значений. Среди катионов преобладали кальций (50—60%) и магний (30—40%). Содержание калия не превышало 2,8%, а натрия — 8%. Эти данные свидетельствуют о том, что почва в период исследований оставалась слабосолонцеватой (табл. 4).

Таблица 4

Сумма обменных катионов в почве опытного участка, 2006 г.

Глубина, см	Катионы в мг-экв на 100 г почвы				Сумма катионов	В % от суммы			
	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
Исходные данные									
Опыт 1									
0—20	1,9	0,78	15,5	9,1	27,38	7,1	2,8	56,8	33,4
20—40	2,5	0,56	16,8	12,4	32,23	7,7	1,8	52,1	38,4
40—60	1,85	0,52	12,6	8,8	23,77	7,8	2,2	53,0	37,0
Опыт 2									
0—20	1,90	0,78	15,5	9,1	27,38	7,0	2,8	56,8	33,4
20—40	1,80	0,72	13,4	7,6	23,52	7,7	3,0	57,0	32,3
40—60	2,35	0,72	15,6	10,4	29,07	8,1	2,4	53,7	35,8
В конце исследований									
Опыт 1									
0—20	1,7	0,8	16,4	9,3	28,2	7,4	2,5	55,8	34,4
20—40	2,4	0,57	16,6	12,6	32,17	7,5	2,0	53,2	37,3
40—60	1,75	0,62	11,6	9,8	23,77	8	2,6	52,6	36,8
Опыт 2									
0—20	1,8	0,8	14,4	10,3	27,3	7,2	2,6	55,6	34,6
20—40	1,74	0,75	14,2	8,6	25,29	7,5	2,8	56,5	33,2
40—60	2,42	0,73	16,2	10,4	29,93	7,7	2,7	52,8	36,8

Годовой дефицит водопотребления в опыте 1 составил 1216,7 мм и в опыте 2—360 мм. В связи с этим в опыте 1 за период май—октябрь было проведено 11 поливов при оросительной норме 10800 м³/га, а в опыте 2 было проведено 5 поливов затоплением поливными нормами 900—1000 м³/га. Оросительная норма

при этом составила 4800 м³/га (табл. 5). В целом орошение обычной водой и сточными водами обеспечило поддержание влажности расчетного слоя почвы в оптимальных пределах.

Таблица 5

Режим орошения многолетних трав за период исследований (май—октябрь 2006 г.)

Опыт 1		Опыт 2	
Дата полива	Норма полива, м ³ /га	Дата полива	Норма полива, м ³ /га
04.05.06	900	02.05.06	900
20.05.06	1 000	25.05.06	1 000
05.06.06	1 000	10.09.06	1 000
21.06.06	1 000	29.09.06	1 000
04.07.06	1 000	12.10.06	900
20.07.06	1 000	—	—
05.08.06	1 000	—	—
20.08.06	1 000	—	—
05.09.06	1 000	—	—
20.09.06	1 000	—	—
07.10.06	900	—	—
Оросительная норма, м ³ /га	10 800	Оросительная норма, м ³ /га	4 800

В опыте 1 поливы городскими сточными водами оказывали положительные влияние на урожайность трав. Урожайность зеленой массы люцерны при поливе чистой водой (контроль) составила 84,9 т/г, а при поливе сточными водами она была выше на 11,0 т/г, или на 13%, и составляла 95,9 т/г (табл. 6). В опыте 2 в контроле при поливе чистой водой урожайность составила 89,7 т/га и была на 9,9 т/га, или на 11,4%, меньше, чем при поливе сточными водами.

Таблица 6

Урожайность зеленой массы многолетних трав на опытных участках за 2006 г., т/га

Вариант опыта	Урожайность по укосам					Прибавка к контролю	
	1-й	2-й	3-й	4-й	Итого	т/га	%
Опыт 1							
1. Полив чистой водой (контроль)	22,9	20,7	23,1	18,2	84,9	0	100
2. Полив городскими сточными водами	28,4	25,1	22,4	20,0	95,9	11,0	13,0
НСР _{0,5} , т/га	3,2	2,9	2,2	2,1	9,5	—	—
Ошибка опыта, %	4,6	3,9	4,8	4,1	5,2	—	—
Опыт 2							
1. Полив чистой водой (контроль)	26,2	23,0	21,4	19,1	89,7	0	100
2. Полив городскими сточными водами	28,8	25,9	23,6	21,3	99,6	9,9	11,4
НСР _{0,5} , т/га	2,5	2,3	2,1	2,0	8,8	—	—
Ошибка опыта, %	4,2	4,5	4,0	4,6	5,1	—	—

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что поливы экологически безопасными нормами городскими сточными водами, прошедшими механическую и биологическую очистку, обеспечивают получение высокой урожайности многолетних трав на зеленую массу, достоверно большую по сравнению с поливом чистой водой из скважины.

IRRIGATION OF PERENNIAL GRASSES SEWAGE IN THE SOUTHERN YEMEN

Saleh Nabil Mohammed, A.V. Shuravilin

Department of pedology and land practice
Russian People's Friendship University
Miklucho-Maklay str., 8/2, Moscow, Russia, 117198

The results of experimental studies on the impact of irrigation wastewater major cities of southern Yemen (Aden, Ibb, and Taiz) on soil properties and crop yield perennial grasses. For little-used irrigation mineralization waste water after their mechanical and biological treatment to ensure a high yield of perennial grasses in green mass reliably great, as compared with pure water from irrigation wells. In doing so, the negative impact of waste water on the properties of red-brown soils are not evident.