

УДК 631.41:631.445.5:631.67

## **ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ОРОСИТЕЛЬНЫХ ВОД НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВТОРИЧНО-СЕРОЗЕМНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ**

**Н. П. ПАНОВ, В. П. АФАНАСЬЕВ**

**(Кафедра почвоведения)**

В связи с широким освоением новых земель в хлопководческих районах страны ощущается острый дефицит пресной воды и поэтому проблема использования минерализованных вод для орошения при увеличении масштабов мелиоративного строительства становится все более актуальной. В годы маловодья многие хозяйства вынуждены использовать для орошения сельскохозяйственных культур, в том числе и хлопчатника, подземные, коллекторно-дренажные, а иногда и морские воды. В большинстве случаев при этом не контролируется изме-

нение почвенных процессов, хотя имеются данные, что применение таких вод может привести к значительному снижению почвенного плодородия [4, 7, 8, 10].

Направленность и характер почвенных процессов при орошении минерализованными водами в условиях Средней Азии мало изучены. Лишь в последние годы появился ряд работ, посвященных этим вопросам [3, 5, 6, 9, 12, 16].

В данном сообщении обобщены некоторые итоги 3-летних исследований изменения химического состава вторично-сероземно-луговых почв при орошении хлопчатника водами различной степени минерализации и химического состава.

### Объекты и методы исследований

Полевые исследования проводились в староорошаемой зоне Голодной степи (совхоз «30 лет Октября»), расположенной во второй геоморфологической области на лессовой равнине, третьей террасе реки Сыр-Дарья с эрозионно-аккумулятивным рельефом [13]. Климат континентальный субтропический [2]. Грунтовые воды залегают сплошным потоком на глубине от 2,0—2,5 м весной до 3,5—4,8 м осенью.

Почвы опытного участка вторично-сероземно-луговые крупнопылеватые среднесуглинистые. Это бывшие светлые сероземы. В настоящее время они развиваются по типу орошаемых луговых почв. Механический состав по профилю однороден, только в средней его части наблюдается некоторое обогащение илистой фракцией, что подтверждает наличие оглинения [12].

Полевой опыт заложен в соответствии с методикой, описанной в [11], повторность 4-кратная.

Испытывался довольно широкий диапазон минерализации оросительных вод — от 0,96 до 19,4 г/л. В вариантах 1—3 оросительная вода хлоридо-сульфатного типа засоления; в вариантах 4—6 — сульфатно-хлоридного. В соответствии с отечественными и зарубежными классификациями первая относится к удовлетворительным оросительным водам, т. е. ее использование не приводит к засолению и осолонцеванию почв, а в случае применения последней такая опасность вполне вероятна (табл. 1).

Таблица 1

Схема опыта и качественные показатели оросительной воды

Показатели	Вариант и степень минерализации оросительной воды					
	1-й 0,84	2-й 2,33	3-й 4,38	4-й 9,57	5-й 14,63	6-й 13,44
Химический состав воды, мг·экв л:						
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,43	3,07	3,98	4,10	4,84	4,89
Cl <sup>-</sup>	2,59	6,04	9,18	91,58	163,24	242,84
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	9,08	26,00	52,98	58,60	70,85	73,17
Ca <sup>2+</sup>	5,05	11,95	24,15	27,90	31,35	32,20
Mg <sup>2+</sup>	3,93	12,62	21,80	24,67	29,26	30,41
Na <sup>+</sup>	4,43	7,91	16,7	98,46	175,09	254,96
K <sup>+</sup>	0,79	2,63	3,15	3,26	3,23	3,33
Коэффициент обмена по Ан-типову-Каратаеву и Кадеру						
SAR по Гапону	1,93	2,91	2,54	0,58	0,34	0,24
Na <sup>+</sup> /(Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> )	2,09	2,26	3,56	19,19	31,98	45,50
Na <sup>+</sup> /(Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> )	0,49	0,32	0,35	1,87	2,89	4,07
Потенциальная соленость по Донеуну						
	2,64	6,06	9,19	91,59	163,25	242,86

Почвенные образцы анализировали на содержание гумуса по Тюрину; общего азота — по Кьельдалю. Определение содержания гипса и анализ водной вытяжки проводили по методике, описанной Е. В. Аринушкиной [1].

Агротехника (за исключением поливного режима) на опытном участке была общепринятой для северо-западной части Голодной степи. Заданную влажность почвы 70—60 % ППВ поддерживали поливными нормами, на 50 % превышающими фактический дефицит влаги в слое 0—70 см до цветения и 0—100 см в период цветения — плодообразование у хлопчатника. В годы исследований проведено по 3 вегетационных полива оросительной нормой 3140—3441 м<sup>3</sup>/га на фоне ежегодных осенне-зимних промывок речной водой нормой 2500—3000 м<sup>3</sup>/га.

### Результаты исследований

Орошение хлопчатника как арычной, так и минерализованной водой приводит к накоплению в почве водорастворимых солей, размеры которого находятся в прямой зависимости от степени минерализации оросительной воды (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Изменение содержания водорастворимых солей и токсичных ионов (%) во вторично-сероземно-луговых почвах за 3-летний период орошения

Слой почвы, см	Сухой остаток, %	Сумма токсичных солей, %	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup> /SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup>
Исходные данные							
0—30	0,105±0,003	0,05	0,008	0,049	0,002	0,009	—
0—100	0,151±0,007	0,07	0,011	0,081	0,008	0,012	0,18
100—200	0,232±0,006	0,15	0,033	0,115	0,022	0,015	—
После трех лет орошения							
вариант 1							
0—30	0,154±0,004	0,08	0,015	0,074	0,013	0,008	—
0—100	0,277±0,017	0,13	0,020	0,161	0,019	0,014	0,17
100—200	0,298±0,013	0,13	0,021	0,169	0,011	0,017	—
вариант 2							
0—30	0,261±0,018	0,16	0,020	0,148	0,024	0,017	—
0—100	0,232±0,016	0,15	0,023	0,125	0,024	0,016	0,25
100—200	0,234±0,012	0,11	0,014	0,778	0,016	0,010	—
вариант 3							
0—30	0,353±0,021	0,28	0,093	0,118	0,077	0,011	—
0—100	0,311±0,030	0,17	0,049	0,144	0,037	0,012	0,45
100—200	0,234±0,019	0,11	0,021	0,127	0,014	0,011	—
вариант 4							
0—30	0,742±0,023	0,70	0,341	0,112	0,212	0,016	—
0—100	0,459±0,031	0,39	0,146	0,125	0,086	0,026	1,56
100—200	0,0294±0,020	0,16	0,053	0,120	0,024	0,019	—
вариант 5							
0—30	1,310±0,034	1,34	0,660	0,145	0,417	0,024	—
0—100	0,630±0,023	0,59	0,237	0,135	0,160	0,023	2,34
100—200	0,305±0,019	0,24	0,059	0,135	0,041	0,021	—
вариант 6							
0—30	1,660±0,041	1,73	0,864	0,150	0,559	0,020	—
0—100	0,741±0,032	0,66	0,284	0,144	0,191	0,019	2,64
100—200	0,265±0,031	0,17	0,142	0,119	0,042	0,008	—

После 3-летнего орошения хлопчатника водой, минерализация которой составляла 0,94—2,3 г/л (варианты 1 и 2), содержание водорастворимых солей в 2-метровом слое почвы не превышало 0,3 % (токсичных — 0,16 %). При концентрации солей в оросительной воде 4,4 г/л вторично-сероземно-луговые почвы периодически к концу вегетационного периода из слабозасоленных превращались в средnezасоленные, при 9,6 г/л — в сильнозасоленные, при 14,6—19,4 г/л — в очень сильнозасоленные.

Накопившиеся за вегетационный период соли распределялись крайне неравномерно по почвенному профилю. Наибольшее их количество

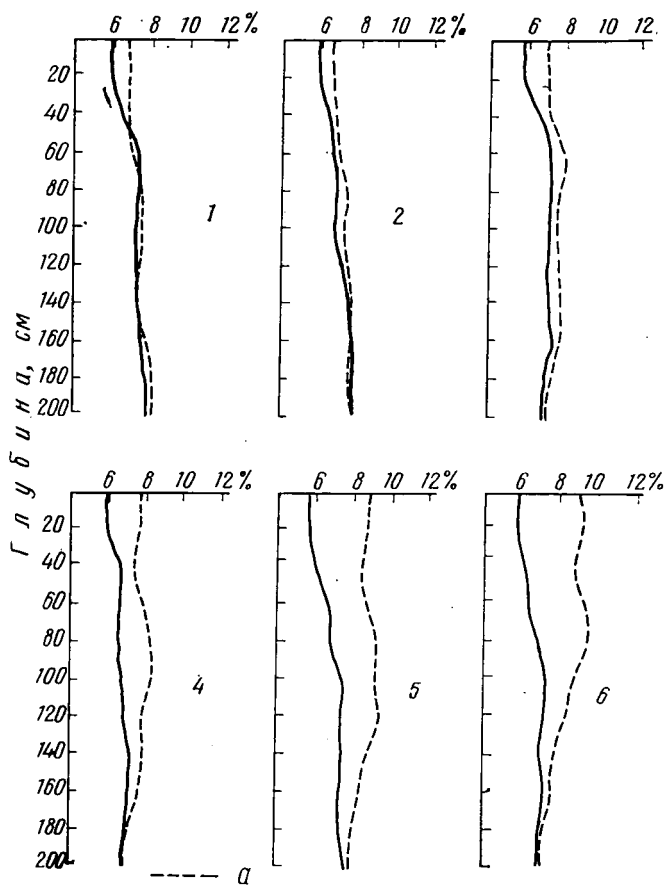


Рис. 1. Динамика содержания карбонатов ( $\text{CO}_2$ ) в почве.

*a* — до орошения; *b* — после орошения; 1—6 — варианты опыта.

было сосредоточено в верхнем полуметре, а во втором метре содержание солей фактически не изменялось.

По мере увеличения степени минерализации оросительной воды состав водных вытяжек изменялся: из хлоридно-сульфатного и магниево-кальциевого он превращался в сульфатно-хлоридный, кальциево-натриевый (варианты 4 и 5) и хлоридный, кальциево-натриевый (вариант 6), при этом отмечалось некоторое увеличение рН водной вытяжки.

При орошении почти повсеместно наблюдается обогащение орошаемых почв труднорастворимыми солями, прежде всего карбонатами и сульфатами [7].

В нашем опыте за 3-летний период орошения как арычной водой, так и водами повышенной степени минерализации содержание карбонатов в почве увеличилось с 5,59—7,43 до 7,01—9,64 %, причем наибольшее их количество было приурочено к пахотному горизонту (рис. 1). Указанный характер распределения карбонатов во вторично-

сероземно-луговой почве обусловлен особенностями водного и термического режимов, а также динамики углекислоты в почвенном растворе. Вторым не менее важным фактором накопления карбонатов является внесение последних с оросительными водами. Следует отметить и то, что количество накопившихся карбонатов в почве с повышением концентрации хлористого натрия в поливной воде резко увеличивается, что согласуется с данными о степени осолонцевания почвы опытного участка [12].

Содержание гипса в почве снижалось под влиянием орошения высокоминерализованными водами (рис. 2), что можно объяснить наличием в оросительной воде хлористого натрия, в присутствии которого

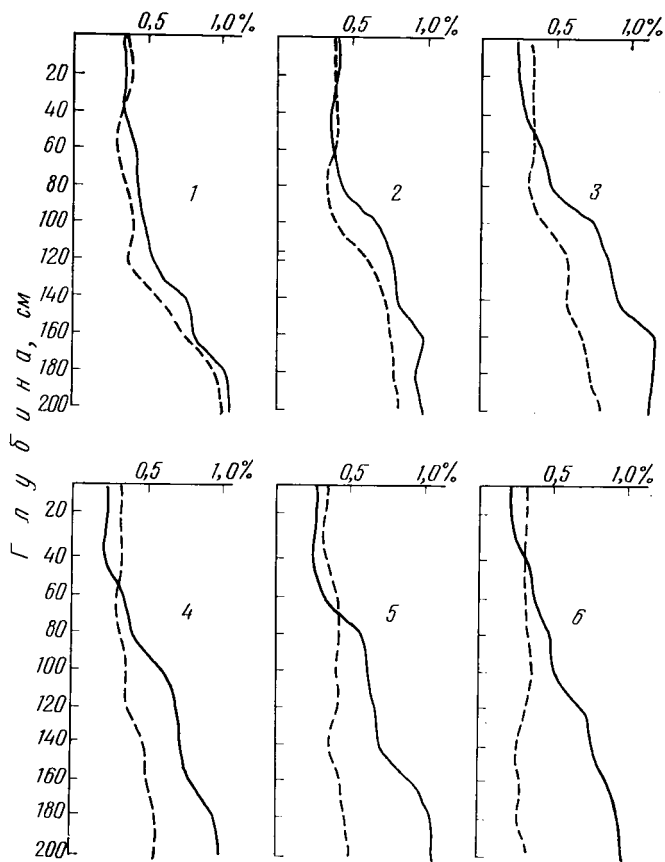


Рис. 2. Динамика содержания гипса ( $SO_4$ ) в почве.

Обозначения те же, что на рис. 1.

растворимость гипса резко повышается и он выносится поливными водами в лежащие ниже горизонты почво-грунта [10]. В то же время при повышенной подвижности гипса в присутствии хлористого натрия благодаря капиллярным явлениям происходит некоторое накопление его в верхних слоях почвы.

Вторично-сероземно-луговые почвы отличаются сравнительно низким содержанием гумуса. В нашем опыте в слое 40 см оно не превышало 1,13%, а вниз по профилю постепенно снижалось до 0,29% (водорастворимого — до 0,022—0,012%). Увеличение количества легкорастворимых солей и перестройка состава поглощенных катионов отразились на количественных и качественных показателях гумуса. Орошение и связанное с ним повышение активности микробиологических процессов привели к усилению минерализации органических веществ и уменьшению запасов гумуса (табл. 3). Снижение содержания гумуса после 3-летнего орошения хлопчатника минерализованными водами бы-

Содержание гумуса и азота во вторично-сероземно-луговых почвах

Глубина взятия образца, см	До орошения				После трех лет орошения			
	гумус, %		общий азот, %	отношение С:N	гумус, %		общий азот, %	отношение С:N
	водорастворимый	общий			водорастворимый	общий		
Вариант 1								
0—10	0,014	1,02	0,091	6,49	0,020	0,96	0,081	6,86
10—20	0,021	0,73	0,065	6,50	0,019	0,84	0,073	6,66
20—30	0,019	0,81	0,069	6,79	0,012	0,78	0,058	7,79
30—40	0,020	0,40	0,037	6,27	0,017	0,41	0,035	6,78
Вариант 2								
0—10	0,017	1,13	0,097	6,75	0,021	0,98	0,080	7,09
10—20	0,022	0,76	0,068	6,47	0,024	0,69	0,061	6,55
20—30	0,016	0,84	0,069	7,05	0,017	0,85	0,061	8,07
30—40	0,017	0,37	0,031	6,91	0,020	0,40	0,028	8,27
Вариант 3								
0—10	0,012	1,06	0,093	6,60	0,019	0,74	0,061	7,02
10—20	0,021	0,83	0,067	7,17	0,032	0,82	0,059	8,05
20—30	0,016	0,61	0,053	6,66	0,027	0,43	0,032	7,78
30—40	0,018	0,29	0,024	6,99	0,040	0,30	0,021	8,27
Вариант 4								
0—10	0,016	1,12	0,090	7,21	0,032	0,75	0,059	7,36
10—20	0,022	0,93	0,073	7,38	0,039	0,60	0,047	7,39
20—30	0,020	0,84	0,069	7,05	0,042	0,31	0,022	7,90
30—40	0,015	0,39	0,034	6,64	0,01	0,35	0,022	8,16
Вариант 5								
0—10	0,016	1,10	0,087	7,32	0,053	0,63	0,043	8,48
10—20	0,020	0,87	0,069	7,30	0,042	0,59	0,045	7,59
20—30	0,018	0,63	0,058	6,29	0,043	0,31	0,020	8,97
30—40	0,018	0,36	0,030	6,95	0,032	0,28	0,019	8,53
Вариант 6								
0—10	0,017	0,98	0,089	6,38	0,061	0,54	0,039	8,02
10—20	0,020	1,03	0,092	6,48	0,044	0,61	0,036	9,81
20—30	0,014	0,76	0,061	7,21	0,057	0,29	0,018	9,33
30—40	0,018	0,42	0,034	7,15	0,028	0,27	0,017	9,20

ло более выраженным при большем накоплении в почве водорастворимых солей. Объясняется это тем, что на засоленных почвах хлопчатник плохо растет, в связи с этим поступление в почву органических остатков значительно сокращается. Кроме того, накопившийся в больших количествах натрий способствует образованию гуматов натрия, которые в силу повышенной растворимости легко вымываются из почвы, о чем можно судить по увеличению содержания водорастворимого гумуса.

Изучаемые почвы сравнительно богаты азотом, на что указывает узкое отношение С:N — 5,51—7,59. По мере увеличения минерализации оросительной воды отношение С:N расширяется. Отмеченная тенденция показывает, что орошение высокоминерализованными водами сопровождается значительными изменениями в составе органического вещества, потерей азотсодержащих соединений.

Следовательно, при орошении минерализованными водами снижается содержание наиболее устойчивых азотсодержащих соединений, так называемых почвенных протеинов, в то время как содержание лигниноподобных и воскообразных веществ остается на уровне прежних значений [15].

Повышенная степень минерализации оросительной воды способствует снижению общих запасов гумуса, увеличению содержания водорастворимого гумуса и отношения С : N, достигающего в некоторых горизонтах 9,81, против 6,26—7,38 в исходных почвенных образцах.

### Выводы

1. Орошение хлопчатника водами хлоридно-сульфатного типа засоления с содержанием солей до 2,3 г/л при промывном режиме орошения на фоне осенне-зимних промывок пресной водой не приводит к засолению вторично-сероземно-луговых почв.

По мере увеличения минерализации оросительных вод опасность засоления этих почв к концу вегетационного периода возрастает.

Ориентировочная оценка скорости прогрессирующего засоления вторично-сероземно-луговых почв (до очень сильнозасоленных) при орошении хлопчатника водой, содержащей 4,4 г солей на 1 л,—15—20 лет; 9,6 г/л—8—10 лет; 14,6 г/л—5—7 лет; 19,4 г/л—3—5 лет.

2. Использование минерализованных вод для орошения хлопчатника в течение трех лет привело к увеличению в почве содержания карбонатов и снижению содержания гипса.

3. Промывной режим орошения хлопчатника и повышенная степень минерализации оросительной воды (4,4 г/л и выше) определили снижение общих запасов гумуса и увеличение орошения С : N, что свидетельствует об ухудшении качества состава гумусовых веществ.

4. При использовании минерализованных вод для орошения сельскохозяйственных культур в крупных масштабах необходимо осуществлять строгий контроль за химическим составом оросительных вод и изменениями свойств почв.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. — 2. Алисов Б. П. и др. Курс климатологии. Ч. 1. Л., 1952. — 3. Глухова Т. П. Влияние орошения водами различного состава на карбонатные почвы. — Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. Ч. IV. М., 1973, с. 61—65. — 4. Ибрагимов Г. А. Использование минерализованных вод на орошение хлопчатника. Ташкент: ФАН, 1973. — 5. Коваленко И. И., Михайлов С. Д. Изменение свойств почв при орошении минерализованными водами. — Почвоведение, 1967, № 8, с. 35—42. — 6. Крюгер Т. П. Влияние нейтральных натриевых вод на химические свойства почв. — В кн.: Изучение почв и использование в сельск. хоз-ве. Ташкент: ФАН, 1970. — 7. Ковда В. А. и др. Почвы аридной зоны как объект орошения. М.: Наука, 1968. — 8. Легостаев В. М. Об использовании вод повышенной минерализации на орошение. Ташкент, 1961. — 9. Минашина Н. Г. Использование минерализованных вод для орошения. — Матер. Ашхабад. совещ. секции орошения ВАСХНИЛ. М.: Колос, 1973, с. 67—79. — 10. Минашина Н. Г. Орошаемые почвы пустыни и их мелиорация. М.: Колос, 1974. — 11. Методика полевых и вегетационных опытов с хлопчатником в условиях орошения. Ташкент: ФАН, 1972. — 12. Панов Н. П., Афанасьев В. П. Физические и химические свойства сероземно-луговых почв и урожайность хлопчатника при использовании оросительных вод разного химического свойства. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 4, с. 71—80. — 13. Рафиков А. А. Природно-мелиоративная оценка земель Голодной степи. Ташкент: ФАН, 1976. — 14. Рахимов Ф. М., Ибрагимов Г. А. Использование дренажных и грунтовых вод для орошения. М.: Колос, 1978. — 15. Синягин И. И. Состав и некоторые свойства органического вещества почв сероземной зоны в связи с их культурным состоянием. — Тр. Каз. НИИ земледелия. Т. 1. Алма-Ата, 1939, с. 39—51. — 16. Тагаев С. Р. Влияние орошения высокоминерализованными водами типа морских на свойства почв и урожайность хлопчатника. — Автореф. канд. дис. Ташкент, 1972.

*Статья поступила 23 октября 1980 г.*

### SUMMARY

It is established that waters of chloride-sulfate type of salinization with mineralization up to 2.3 g/l in the years of water shortage on the background of yearly

washings in autumn and in winter with river water at the rate of 2500—3000 m<sup>3</sup>/ha can be used for irrigation of cotton. Irrigation should have the washing regime.

Irrigation of cotton with waters of higher mineralization (4.4 g/l and more) contributes to considerable accumulation of water-soluble salts, carbonates, reduction of content of gypsum and humus, changes in its qualitative composition and solonchification of grey meadow soils.