

УДК 631.423.5:628.381.4:631.445.41

Л. А. Митяева, М. А. Ляшков, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ОЦЕНКА СОЛЕВОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПОСЛЕ ПОЛИВА СТОЧНЫМИ ВОДАМИ РАЗЛИЧНОГО КАЧЕСТВА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

В статье проведена оценка солевого состава почвы после полива подготовленными коагуляционным способом сточными водами различного качества в условиях краткосрочных лабораторных экспериментов. Отмечено, что и животноводческие, и хозяйственно-бытовые воды оказывают влияние на солевой состав почвы. При поливе животноводческими стоками содержание водорастворимых солей увеличилось в основном за счет гидрокарбонат-иона и натрия в почве, что можно объяснить повышенным содержанием указанных ионов в исходных стоках (656,3 и 385,6 мг/дм³). Одновременно содержание натрия возросло и составило 5 и 2 % от суммы почвенно-поглощающего комплекса соответственно при поливе животноводческими и хозяйственно-бытовыми сточными водами, что в дальнейшем может привести к процессам осолонцевания в почве. Полив исследуемой сточной водой возможен только с учетом экологически обоснованного способа подготовки или разбавления природной водой с целью предотвращения процессов натриевого осолонцевания и содообразования в почве.

Ключевые слова: сточные воды, катионно-анионный состав, водная вытяжка, осолонцевание почвы, почвенный поглощающий комплекс, содообразование.

L. A. Mityaeva, M. A. Lyashkov, Yu. E. Domashenko, S. M. Vasilyev
Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

EVALUATION OF THE SALT COMPOSITION OF ORDINARY CHERNOZEM AFTER IRRIGATION WITH WASTE WATER OF VARIOUS QUALITY IN LABORATORY CONDITIONS

The salt composition of soil after irrigation by wastewater of various quality treated by the coagulation method under the conditions of short-term laboratory experiments is assessed. It was noted that both livestock and domestic wastewaters affect the salt composition of soil. When irrigating with livestock wastewater, the content of water-soluble salts increased mainly at the cost of hydrocarbonate ion and sodium in soil that can be explained by the increased content of the indicated ions in the initial effluents (656.3 and 385.6 mg/dm³). At the same time, the sodium content increased and amounted 5 and 2 % of the total soil-absorbing complex respectively during irrigation with livestock and domestic wastewater, which can lead to salinization processes in soil in the future. Irrigation by the wastewater under study is possible only taking into account the environmentally sound method of treatment or dilution with natural water in order to prevent the processes of sodium salinization and soda formation in soil.

Key words: wastewater, cation-anion composition, water extract, soil salinization, soil absorption complex, soda formation.

Введение. Вода, используемая для орошения, представляет собой в известной степени электролит, поскольку в ней всегда содержатся катионы и анионы различных солей. Ионообменные реакции, происходящие между почвенным поглощающим комплексом (ППК) и жидкой фазой, влекут за собой изменения состава ППК, причем ха-

ракти и масштабы этих изменений обусловлены качеством сточной воды (рН, концентрация солей, катионно-анионный состав, содержание основных питательных элементов, микроэлементов и тяжелых металлов, органических веществ), свойствами самой почвы (минералогический состав, содержание органического вещества, карбонатов, реакция среды и др.), длительностью орошения и рядом других факторов (количество осадков, величина испарения и др.) [1–4].

Основное внимание в изучении проблемы влияния сточных вод на почву уделяется процессам осолонцевания и ухудшения водно-физических свойств почв при поливе их водами разного качества. Доказано, что для решения этой проблемы важно учесть не только качество воды, но и свойства почв, которые могут по-разному реагировать на качество и количество поливной воды. В настоящее время накоплен материал по оценке опасности осолонцевания при поливе водами разного качества. Однако эту проблему пока нельзя считать решенной [5, 6].

При изучении возможности использования и подготовки сточных вод большое значение приобретает вопрос о влиянии орошения этими водами на мелиоративные свойства почв, так как сточные воды, как правило, минерализованы. В состав сточных вод в большинстве случаев входят не только органические вещества, но и минеральные соли, концентрация которых нередко достигает критических величин.

Материалы и методы. Пригодными для орошения следует считать те стоки, орошение которыми не оказывает отрицательного влияния на плодородие почв, не снижает урожай сельскохозяйственных культур и качество выращенной продукции, не вызывает накопления в почве токсических веществ. Орошение сточными водами не должно приводить к засолению, осолонцеванию почвы, угнетению роста и развития растений [7].

Для орошения черноземных почв в условиях краткосрочного лабораторного эксперимента использовали подготовленные коагуляционным способом животноводческие и хозяйственно-бытовые сточные воды, имеющие показатели, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели качества исследуемой сточной воды

Дата отбора	рН	Содержание ионов, мг/дм ³							Минерализация, мг/дм ³
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	
Животноводческие стоки									
24.07.19	6,6	167	82,6	385,6	656,3	885,6	114,8	98,6	1176,7
Хозяйственно-бытовые стоки									
10.07.19	6,9	144	49,6	268,3	425,6	745,9	207,39	87,0	969,1
Дата отбора	рН	Содержание ионов, мг-экв/дм ³							Сумма катионов, мг-экв/дм ³
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	
Животноводческие стоки									
24.07.19	6,6	8,3	6,8	16,8	10,7	14,5	3,2	2,1	16,0
Хозяйственно-бытовые стоки									
10.07.19	6,9	7,1	4,1	11,7	6,9	12,2	5,8	1,8	14,5

Оценка качества сточной воды с целью оросительных мелиораций представлена в таблице 2.

Из приведенных в таблицах показателей видно, что повышенная минерализация исследуемых сточных вод (> 1 г/дм³) и орошение ими почвенных образцов, характеризующихся высокой емкостью поглощения, могут привести к их осолонцеванию и засолению. Это связано с внедрением ионов Na⁺ и Mg²⁺ в ППК. Исследуемые подготовленные сточные воды по общей минерализации относятся к III классу качества (1,1 и 0,9 г/дм³)

по С. Я. Бездниной [8]. По степени опасности хлоридного засоления хозяйственно-бытовые стоки относятся к III классу качества, так как содержание хлоридов составило $114,8 \text{ мг/дм}^3$ ($5,8 \text{ мг-экв/дм}^3$), а животноводческие – к II классу качества ($3,2 \text{ мг-экв/дм}^3$). По вероятности натриевого осолонцевания ($0,5$ и $0,6 \text{ мг-экв/дм}^3$ соответственно для животноводческих и хозяйственно-бытовых стоков) вода оценивается как умеренно опасная (III класс качества воды). По степени опасности магниевое ($0,45$ и $0,37 \text{ мг-экв/дм}^3$) осолонцевания оценивается как неопасная (I класс качества воды). Как животноводческая сточная вода ($10,1 \text{ мг-экв/дм}^3$), так и хозяйственно-бытовая ($7,9 \text{ мг-экв/дм}^3$) относится к IV классу качества по процессам содообразования, что может негативно сказываться на состоянии почвенного покрова. Сточная вода соответствует требованиям СанПиН 2.1.7.573-96 [9].

Таблица 2 – Оценка качества оросительной воды по степени опасности развития негативных процессов в почвах

В мг-экв/дм ³			
Хлоридное засоление Cl	Натриевое осолонцевание Ca ²⁺ /Na ⁺	Магниевое осолонцевание Mg ²⁺ /(Mg ²⁺ + Ca ²⁺)	Содообразование (CO ₃ ²⁻ + HCO ₃ ⁻) – (Ca ²⁺ + Mg ²⁺)
Животноводческие стоки			
3,2/II	0,5/III	0,45/I	10,1/IV
Хозяйственно-бытовые стоки			
5,8/III	0,6/III	0,37/I	7,9/IV

Образцы почвы представлены черноземом обыкновенным с тяжелым механическим составом и ППК = 38, не засолены. Методы оценки почвенных образцов в рамках лабораторных экспериментов основывались на опасности засоления и осолонцевания почв, учитывалось комплексное воздействие сточной воды на почву. Обработка информации для характеристики ощелачивания черноземов проводилась по результатам анализов водных вытяжек и поглощенных оснований. По водным вытяжкам проанализирована частота появления магния, натрия, pH, соотношение Na⁺/Ca²⁺. В водной вытяжке почвы определяли содержание кальция, магния, натрия, гидрокарбонатов, хлоридов и сульфатов [10–12].

Результаты и их обсуждения. В практике орошения пригодной считают воду, содержащую не более 1 г/дм^3 солей, а воду с содержанием солей более 3 г/дм^3 можно использовать только в определенных условиях. Рядом авторов доказано, что даже хорошо дренированные почвы при поливах водой, содержащей в основном соли натрия, могут осолонцовываться и становиться водонепроницаемыми. Критическая величина отношения Na⁺/(Ca²⁺ + Mg²⁺) зависит от общей минерализации оросительной воды.

К сточным и природным водам, минерализация большинства которых обусловлена в основном сульфатами и хлоридами натрия, кальция и магния, в практике орошения предъявляют два основных требования, касающихся общей минерализации и соотношения в них катионов.

В условиях эксперимента орошение сточной водой, хоть и не содержащей значительное количество натрия, все же повлияло на солевой состав почвы. При поливе животноводческими стоками содержание водорастворимых солей увеличилось в основном за счет сульфат-иона и кальция. Одновременно содержание натрия возросло и составило 5 и 2 % от суммы ППК соответственно при поливе животноводческими и хозяйственно-бытовыми сточными водами (на контроле 4 и 2 % соответственно). При поливе хозяйственно-бытовыми стоками доля натрия осталась без изменений, что говорит о возможности применения этих вод для орошения с учетом разбавления (таблица 3).

Содержание в почвенных образцах основных катионов и анионов в соответствии с экспериментальными исследованиями представлено в таблицах 4 и 5.

Таблица 3 – Влияние орошения сточными водами на солонцеватость почвы

Сточные воды	Ca ²⁺ , ммоль/100 г	Mg ²⁺ , ммоль/100 г	Na ⁺ , ммоль/100 г	ΣППК	% от ΣППК		
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
Животноводческие	23,12	7,68	1,52	32,32	71	24	5
Хозяйственно-бытовые	24,32	6,88	0,77	31,97	76	22	2

Таблица 4 – Анализ водных вытяжек почвенных образцов почвы (в пересчете на 100 г почвы) на основные катионы

Сточные воды	Содержание в почве основных катионов			
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
Животноводческие	0,010	0,003	0,013	0,002
	0,50	0,3	0,55	0,06
Хозяйственно-бытовые	0,010	0,002	0,015	0,002
	0,50	0,2	0,65	0,06

$$B \frac{\%}{\text{ммоль/100г}}$$
Таблица 5 – Анализ водных вытяжек почвенных образцов почвы на основные анионы (в пересчете на 100 г почвы)

Сточные воды	Содержание в почве основных анионов, $\frac{\%}{\text{ммоль/100г}}$			рН	Сумма ионов, %	Сухой остаток, %
	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻			
	Животноводческие	0,018	0,012			
	0,50	0,240	0,64			
Хозяйственно-бытовые	0,021	0,013	0,031	7,79	0,094	0,182
		0,60	0,271			

Характер засоления почв за период эксперимента существенно не изменился и остался хлоридно-сульфатным.

Выводы. При поливе животноводческими стоками с повышенной минерализацией можно предположить, что при длительном орошении такими водами процесс осолонцевания будет протекать значительно активнее, это обусловлено переводом гуматов кальция в гуматы натрия, которые обладают повышенной растворимостью. Экологически негативное или положительное воздействие сточных вод на агрометеорологические показатели почв может проявляться в изменении величины рН, избыточной обогащенности подвижными формами азота, фосфора, калия, а также микроэлементами (большая часть последних представлена тяжелыми металлами), что планируется проанализировать в дальнейших экспериментальных исследованиях. Полив исследуемой сточной водой возможен только с учетом экологически обоснованного способа подготовки или разбавления природной водой с целью предотвращения процессов натриевого осолонцевания и содообразования в почве.

Список использованных источников

1 Егоров, В. В. Почвенные процессы при орошении в аридной зоне / В. В. Егоров. – М.: Колос, 1983.

2 Domashenko, Yu. Agroecological Substantiation for the Use of Treated Wastewater for Irrigation of Agricultural Land / Yu. Domashenko, S. Vasilyev // J. Ecol. Eng. – 2018. – Vol. 19(1). – P. 48–54. – DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/79567>.

3 Редина, А. В. Агромелиоративная оценка очищенных животноводческих сточных вод при орошении черноземов южных / А. В. Редина, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 6(68). – С. 8–11.

4 Домашенко, Ю. Е. Проблемы и перспективы использования сточных вод для орошения: монография / Ю. Е. Домашенко. – Новочеркасск: Лик, 2017. – 205 с.

5 Купетов, Л. Е. Влияние орошения сточными водами Волжского химкомбината на агрономические показатели тяжелосуглинистых светло-каштановых почв / Л. Е. Купетов, В. Т. Додолина // Почвоведение. – 1970. – № 7. – С. 84–94.

6 Докучаева, Л. М. Состояние черноземов южных, орошаемых слабоминерализованной водой / Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 4(72). – С. 102–107.

7 Додолина, В. Т. К вопросу методики оценки пригодности сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур / В. Т. Додолина. – М.: Колос, 1983. – 56 с.

8 Безднина, С. Я. Качество воды для орошения, принципы и методы оценки / С. Я. Безднина. – М.: РОМА, 1997. – 185 с.

9 Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения: СанПиН 2.1.7.573-96: утв. Госкомсанэпиднадзором России 31.10.96: введ. в действие с 31.10.96. – М.: Минздрав России, 1997. – 56 с.

10 ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

11 ГОСТ 26424-85. Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

12 ГОСТ 26428-85. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.