

УДК 631.42:631.587

DOI: 10.31774/2658-7890-2020-2-36-48

**Т. И. Дрововозова, Н. Н. Паненко**

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ И ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАСОЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ, ПОДВЕШЕННЫХ К КОЛЛЕКТОРАМ СЕМИКАРАКОРСКОГО РАЙОНА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Цель:** изучение динамики солеобразующих ионов в богарных и орошаемых почвах, прилегающих к коллекторам, в течение поливного сезона на основании натурных исследований и установление содержания токсичных и нетоксичных солей. **Материалы и методы.** Объектами исследования являлись богарные и орошаемые почвы, прилегающие к коллекторам К-3, ЛС-2, МКЛ-7 и ЦС (южный) Семикаракорского района Ростовской области. Метод расчета токсичных и нетоксичных солей основан на связывании ионов в определенной последовательности в гипотетические соли от менее растворимых солей к более растворимым. **Результаты и обсуждение.** В результате натурных исследований определено содержание солеобразующих ионов в верхнем горизонте почв богарных и орошаемых участков, прилегающих к коллекторам. Расчет токсичных солей в исследуемом горизонте на участках, прилегающих к каналам К-3 и ЦС (южный), показал рост токсичных солей в 1,5–1,9 раза. На участках, прилегающих к каналам ЛС-2 и МКЛ-7, к концу поливного периода содержание токсичных солей незначительно снизилось, нетоксичных солей – выросло в 1,5 и 10 раз соответственно. В течение поливного периода исследуемый горизонт орошаемых участков, прилегающих к коллекторам ЛС-2 и МКЛ-7, остается незасоленным, исследуемый горизонт участков рядом с К-3 и ЦС (южный) в конце вегетационного (поливного) периода – слабозасоленным. Установлено превышение порога токсичности в течение всего поливного периода на всех орошаемых участках хлорид-ионов, что позволяет прогнозировать преимущественно хлоридный тип засоления. **Выводы.** В конце поливного сезона на орошаемых участках, прилегающих к коллекторам К-3, МКЛ-7 и ЦС (южный), отмечается увеличение процентного содержания ионов натрия, что свидетельствует о сопряженном процессе натриевого осолонцевания.

**Ключевые слова:** богарные почвы; орошаемые почвы; засоление; процесс осолонцевания; деградация почв.

**T. I. Drovovozova, N. N. Panenko**

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

## **THE STUDY OF WATER EXTRACT CHEMICAL COMPOSITION AND ASSESSMENT OF SALINITY DEGREE OF IRRIGATED SOILS ADJACENT TO WATER COLLECTORS OF SEMIKARAKORSK DISTRICT ROSTOV REGION**

**Purpose:** to study the dynamics of salt-forming ions in rainfed and irrigated soils adjacent to water collectors during the irrigation season on the basis of field studies and to deter-



mine the content of toxic and non-toxic salts. **Materials and methods.** The objects of the study were rainfed and irrigated soils adjacent to the collectors K-3, LS-2, MKL-7 and TsS (southern) of Semikarakorsk district of Rostov region. The method for calculating toxic and non-toxic salts is based on the ions binding into hypothetical salts from less soluble salts to more soluble ones in a certain sequence. **Results and discussion.** As a result of field studies, the content of salt-forming ions in the upper horizon of soils in rainfed and irrigated areas adjacent to water collectors was determined. Calculation of toxic salts in the studied horizon in the areas adjacent to K-3 and TsS canals (southern) showed an increase in toxic salts by 1.5–1.9 times. In areas adjacent to LS-2 and MKL-7 canals, the content of toxic salts slightly decreased by the end of the irrigation period, while non-toxic salts increased 1.5 and 10 times, respectively. During the irrigation period, the studied horizon of the irrigated areas adjacent to the LS-2 and MKL-7 collectors remains non-saline, the studied horizon of the sites near K-3 and TsS (southern) at the end of the vegetation (irrigation) period is slightly saline. The toxicity threshold of chloride ions was exceeded during the entire irrigation period in all irrigated areas, which allows predicting mainly the chloride type of salinization. **Conclusions.** At the end of irrigation season, an increase in the percentage of sodium ions is noted, which indicates a conjugated process of sodium salinity in the irrigated areas adjacent to the K-3, MKL-7 and TsS collectors (southern).

**Key words:** rainfed soils; irrigated soils; salinization; alkalization process; soil degradation.

**Введение.** Наиболее часто в почвах встречаются соли  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . При одном и том же общем количестве солей, но различном их составе почвы могут иметь разную степень засоления. Это обусловлено неодинаковой токсичностью для растений разных солей и ионов. Порогом токсичности называется предельное количество солей в почве, выше которого начинается угнетение роста и развития среднесолеустойчивых растений [1].

Поэтому при агрономической оценке засоленных почв наибольшее значение приобретает учет качественного состава солей, которые подразделяются на токсичные и нетоксичные. Степень и химизм засоления почвы устанавливаются на основании содержания токсичных ионов. Количество и состав токсичных солей чаще всего определяют путем связывания ионов в гипотетические соли. Наиболее токсичными являются соли натрия. Токсичность солей меняется в ряду:

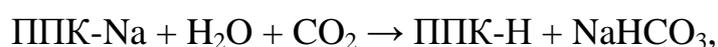
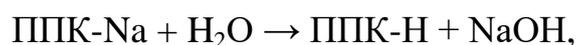


Присутствие данных солей в почвенном растворе способствует повышению осмотической силы почвенного раствора, в результате чего рас-

тения не получают необходимого количества воды и питательных элементов. Значительное количество ионов натрия в почвах свидетельствует о засолении почв и характерно для солонцовых почв. К нетоксичным солям для почвы относятся соли кальция [2, 3].

Поскольку процессы миграции происходят в водных растворах, то поверхностному и подземному стоку, нисходящим и восходящим движениям растворов в почвогрунте принадлежит определяющая роль в перераспределении химических элементов в разрезе почвогрунта. В почве в ионообменном состоянии находятся катионы  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ , из них особую роль в геохимии агроландшафта играют катионы  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$  и  $Ca^{2+}$  [4, 5]. В почве обменные катионы связаны с почвенным поглощающим комплексом (ППК).

В солонцовых почвах протекает ионообменный процесс:



что способствует подщелачиванию почвенного раствора и неблагоприятно отражается на развитии растений [1, 6–8].

Целью исследований являлось изучение динамики солеобразующих ионов в богарных и орошаемых почвах, прилегающих к коллекторам, в течение поливного сезона на основании натуральных исследований и установление содержания токсичных и нетоксичных солей.

**Материалы и методы.** Объектами исследования являлись богарные и орошаемые почвы, прилегающие к коллекторам К-3, ЛС-2, МКЛ-7 и ЦС (южный) Семикаракорского района Ростовской области. Для орошения участков вода поступает из Нижнедонского магистрального канала, она относится к гидрокарбонатно-сульфатной натриевой группе с минерализацией, не превышающей  $0,65 \text{ г/дм}^3$ .

Пробы почв с исследуемых участков отбирались в начале поливного сезона (14.05.2019) и по его окончании (06.09.2019) с целью установления

изменения содержания химических элементов, прежде всего солеобразующих ионов, в почвах в течение поливного периода. Для изучения ионно-солевого состава почв использовали метод водной вытяжки. В первую очередь этот метод применяется для анализа засоленных почв. Наибольшее засоление почв, как правило, протекает в верхнем горизонте, поэтому исследовались пробы на глубине 0–20 см.

Для установления содержания токсичных и нетоксичных солей использовали метод расчета, основанный на связывании ионов в определенной последовательности в гипотетические соли от менее растворимых солей к более растворимым [6].

Для отдельных ионов приняты следующие пороги токсичности (%/ммоль/100 г почвы):  $\text{CO}_3^{2-}$  – 0,001/0,03;  $\text{HCO}_3^-$  – 0,06/0,8;  $\text{Cl}^-$  – 0,01/0,3;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 0,08/1,7 [1, 6, 9, 10].

**Результаты и обсуждение.** Результаты исследований проб почв представлены в таблицах 1, 2.

**Таблица 1 – Определение химических показателей почв богарных и орошаемых, прилегающих к коллекторам, в начале поливного сезона (горизонт 0–20 см)**

Показатель	Единица измерения	Проба почвы вокруг канала (дата отбора 14.05.2019)							
		К-3		ЛС-2		МКЛ-7		ЦС (южный)	
		богарная	орошаемая	богарная	орошаемая	богарная	орошаемая	богарная	орошаемая
$\text{pH}_{\text{водн}}$	Ед. рН	7,8	7,9	7,95	7,7	7,7	7,85	7,7	7,6
Хлориды $\text{Cl}^-$	мг/100 г почвы	13,26	13,42	11,34	14,38	15,02	17,57	11,18	12,78
Сульфаты $\text{SO}_4^{2-}$		2,93	2,93	4,37	4,8	4,56	4,37	4,18	2,49
Гидрокарбонаты $\text{HCO}_3^-$		59,48	59,48	56,10	57,34	57,34	54,9	61,0	56,4
Карбонаты $\text{CO}_3^{2-}$		–	–	–	–	–	–	–	–
Кальций $\text{Ca}^{2+}$		16,0	15,0	17,0	17,0	17,0	15,5	17,0	14,0
Магний $\text{Mg}^{2+}$		1,53	2,14	3,66	2,75	3,05	3,97	3,66	2,14
Натрий $\text{Na}^+$ <sub>расч</sub>		10,6	10,7	4,25	6,75	6,58	7,38	4,13	10,25

**Таблица 2 – Определение химических показателей почв богарных и орошаемых, прилегающих к коллекторам, по окончании поливного сезона (горизонт 0–20 см)**

Показатель	Единица измерения	Проба почвы вокруг канала (дата отбора 06.09.2019)							
		К-3		ЛС-2		МКЛ-7		ЦС (южный)	
		богарная	орошаемая	богарная	орошаемая	богарная	орошаемая	богарная	орошаемая
pH <sub>водн</sub>	Ед. рН	6,47	6,47	7,2	7,2	7,35	7,35	7,2	7,2
Хлориды Cl <sup>-</sup>	мг/100 г почвы	16,51	10,75	14,13	16,79	11,18	21,37	12,07	13,99
Сульфаты SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		14,88	9,41	8,59	10,57	1,725	12,86	8,59	5,57
Гидрокарбонаты HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		36,6	71,67	48,8	42,7	67,1	64,05	57,95	50,325
Карбонаты CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>		–	–	–	–	–	–	–	–
Кальций Ca <sup>2+</sup>		9,12	13,44	17,28	21,12	17,76	24,0	17,76	8,64
Магний Mg <sup>2+</sup>		0,86	1,296	0,86	2,02	2,02	3,17	0,86	2,59
Натрий Na <sup>+</sup> <sub>расч</sub>		19,41	20,56	10,14	2,37	9,08	10,49	11,71	15,80

По величине рН все почвы относятся к слабощелочным (рН 7,5–8,0). Глубокое промачивание почв способствует выносу из нее наиболее подвижных ионов Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> в результате инфильтрации поливной воды и их поступлению из почвогрунта в дренажный сток. Вышеуказанные процессы играют важную роль в формировании химического состава воды в коллекторах и дренах в поливной период [9–13].

В конце поливного периода отмечается повышение содержания в орошаемых почвах гидрокарбонат-ионов, сульфат-ионов и ионов натрия, источником поступления которых является поливная вода. Необходимо отметить незначительное повышение содержания солеобразующих ионов в конце поливного периода на богарных участках, которое может быть вызвано подъемом грунтовых вод выше критического уровня. В этом случае повышение концентраций ионов происходит не только на орошаемых угодьях, но и на сопряженных территориях.

Провели оценку степени засоления орошаемых участков на начало вегетационного периода (май) и по его завершении (сентябрь), для чего

предварительно пересчитали содержание ионов в водной вытяжке в ммоль/100 г почвы (таблица 3).

**Таблица 3 – Состав водной вытяжки из почвы на орошаемых участках (в числителе – весенний период, в знаменателе – осенний период)**

Участок, подвешенный к коллектору	Содержание ионов в ммоль/100 г почвы						pH
	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	
К-3	<u>0,975</u>	<u>0,374</u>	<u>0,061</u>	<u>0,800</u>	<u>0,125</u>	<u>0,485</u>	<u>7,80</u>
	1,175	0,303	0,196	0,672	0,108	0,894	6,47
ЛС-2	<u>0,940</u>	<u>0,405</u>	<u>0,100</u>	<u>0,850</u>	<u>0,225</u>	<u>0,370</u>	<u>7,95</u>
	0,700	0,473	0,214	1,056	0,168	0,163	7,20
МКЛ-7	<u>0,900</u>	<u>0,495</u>	<u>0,091</u>	<u>0,775</u>	<u>0,325</u>	<u>0,386</u>	<u>7,70</u>
	1,050	0,602	0,268	1,200	0,264	0,456	7,35
ЦС (южный)	<u>0,925</u>	<u>0,360</u>	<u>0,052</u>	<u>0,700</u>	<u>0,175</u>	<u>0,462</u>	<u>7,70</u>
	0,825	0,394	0,116	0,432	0,216	0,687	7,2

Рассчитали содержание ионов токсичных и нетоксичных солей на орошаемых участках, прилегающих к коллекторам, на глубине горизонта 0–20 см (таблица 4).

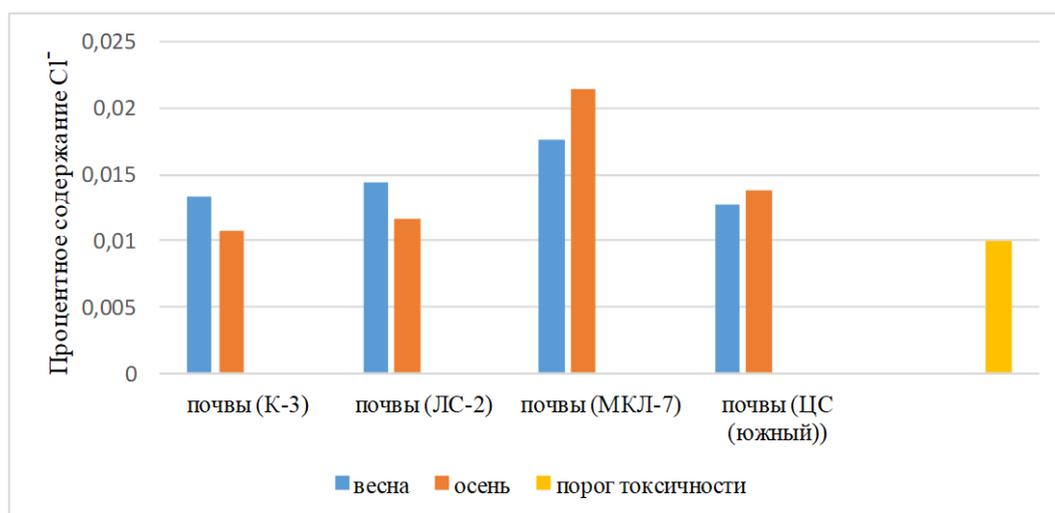
**Таблица 4 – Содержание ионов токсичных и нетоксичных солей**  
В числителе в %, в знаменателе – в ммоль/100 г почвы

Коллектор	Исследуемый период	Гипотетические соли	Сумма ионов	Содержание иона					
				$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
К-3	весна	Токсичные: $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ $\text{NaHCO}_3$ $\text{Na}_2\text{SO}_4$ $\text{NaCl}$	<u>0,0391</u> 0,61	<u>0,0107</u> 0,175	<u>0,0133</u> 0,374	<u>0,0029</u> 0,061	–	<u>0,0015</u> 0,125	<u>0,01115</u> 0,485
		Нетоксичные: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	<u>0,0648</u> 0,8	<u>0,0488</u> 0,1	–	–	<u>0,016</u> 0,8	–	–
	осень	Токсичные: $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ $\text{NaHCO}_3$ $\text{Na}_2\text{SO}_4$ $\text{NaCl}$	<u>0,073</u> 1,002	<u>0,0307</u> 0,503	<u>0,0107</u> 0,303	<u>0,0094</u> 0,196	–	<u>0,0013</u> 0,108	<u>0,0206</u> 0,894
		Нетоксичные: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	<u>0,054</u> 0,672	<u>0,041</u> 0,672	–	–	<u>0,0134</u> 0,672	–	–

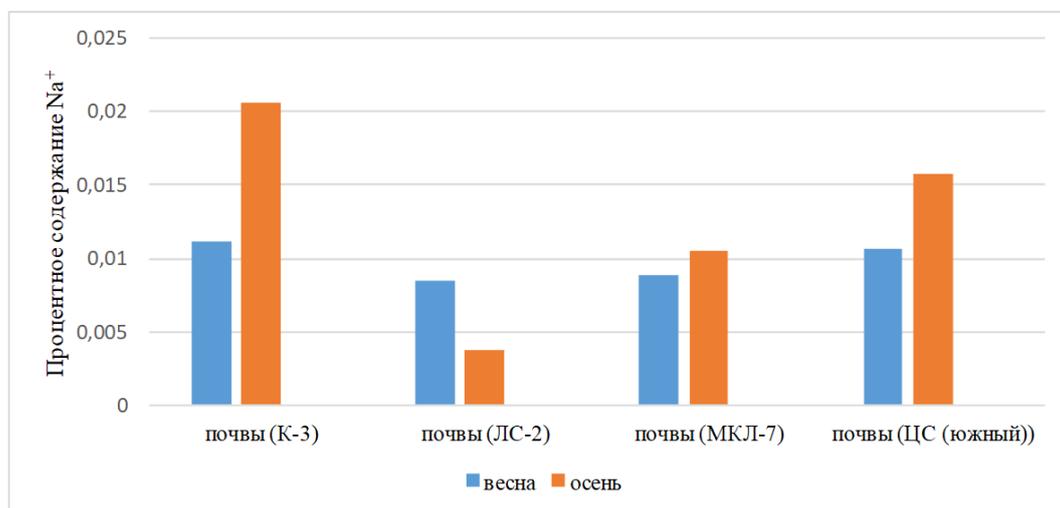
Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ЛС-2	весна	Токсичные: Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> NaCl MgCl <sub>2</sub>	<u>0,0359</u> 0,595	<u>0,0055</u> 0,09	<u>0,0144</u> 0,405	<u>0,0048</u> 0,1	–	<u>0,0027</u> 0,225	<u>0,0085</u> 0,37
		Нетоксичные: Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	<u>0,0688</u> 0,85	<u>0,0518</u> 0,85	–	–	<u>0,0170</u> 0,85	–	–
	осень	Токсичные: NaCl MgCl <sub>2</sub>	<u>0,0174</u> 0,331	–	<u>0,0117</u> 0,331	–	–	<u>0,002</u> 0,168	<u>0,0037</u> 0,163
		Нетоксичные: Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CaSO <sub>4</sub> CaCl <sub>2</sub>	<u>0,0791</u> 1,056	<u>0,0427</u> 0,7	<u>0,0050</u> 0,142	<u>0,0103</u> 0,214	<u>0,0211</u> 1,056	–	–
МКЛ-7	весна	Токсичные: Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> NaCl MgCl <sub>2</sub>	<u>0,042</u> 0,711	<u>0,0076</u> 0,125	<u>0,0176</u> 0,495	<u>0,0044</u> 0,091	–	<u>0,0039</u> 0,325	<u>0,0089</u> 0,386
		Нетоксичные: Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	<u>0,0628</u> 0,775	<u>0,0473</u> 0,775	–	–	<u>0,0155</u> 0,775	–	–
	осень	Токсичные: Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> NaCl MgCl <sub>2</sub>	<u>0,0408</u> 0,72	–	<u>0,0214</u> 0,602	<u>0,0056</u> 0,118	–	<u>0,0032</u> 0,264	<u>0,0105</u> 0,456
		Нетоксичные: Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CaSO <sub>4</sub>	<u>0,6717</u> 1,02	<u>0,6405</u> 1,05	–	<u>0,2072</u> 0,15	<u>0,024</u> 1,02	–	–
ЦС (южный)	весна	Токсичные: Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NaHCO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> NaCl	<u>0,0417</u> 0,637	<u>0,0137</u> 0,225	<u>0,0128</u> 0,360	<u>0,0026</u> 0,052	–	<u>0,0021</u> 0,175	<u>0,0106</u> 0,462
		Нетоксичные: Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	<u>0,0567</u> 0,7	<u>0,0427</u> 0,7	–	–	<u>0,014</u> 0,7	–	–
	осень	Токсичные: Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NaHCO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> NaCl	<u>0,062</u> 0,903	<u>0,0242</u> 0,397	<u>0,0138</u> 0,39	<u>0,0056</u> 0,116	–	<u>0,0026</u> 0,216	<u>0,0158</u> 0,687
		Нетоксичные: Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	<u>0,0349</u> 0,432	<u>0,0263</u> 0,432	–	–	<u>0,0086</u> 0,432	–	–

Установлено превышение порога токсичности в течение всего поливного периода на всех орошаемых участках по содержанию хлорид-иона ( $C_{Cl^-} > 0,01 \%$ ). Также отмечается увеличение процентного содержания ионов натрия в конце поливного сезона на орошаемых участках, прилегающих к коллекторам К-3, МКЛ-7 и ЦС (южный), что свидетельствует о сопряженном процессе натриевого осолонцевания (рисунки 1, 2).



**Рисунок 1 – Процентное содержание хлорид-иона токсичных солей в почвах исследуемых орошаемых участков**



**Рисунок 2 – Процентное содержание ионов натрия токсичных солей в почвах исследуемых орошаемых участков**

Повышенное содержание ионов натрия и хлорид-ионов может способствовать увеличению осмотического давления почвенного раствора и, как следствие, снижению водоудерживающей способности почв.

Оценка степени и типа засоления почв орошаемых участков представлена в таблице 5.

**Таблица 5 – Классификация орошаемых почв (0–20 см), прилегающих к коллекторам, по степени и типу засоления в зависимости от химизма солей**

Почва, прилегающая к коллектору	Исследуемый период	Сумма ионов токсичных солей, %	Степень засоления	$Cl^-:SO_4^{2-}$	Тип засоления
К-3	Весна	0,0391 < 0,05	незасоленные	–	–
	Осень	0,073 > 0,05	слабозасоленные	1,14	Сульфатно-хлоридный
ЛС-2	Весна	0,0359 < 0,05	незасоленные	–	–
	Осень	0,0174 < 0,05	незасоленные	–	–
МКЛ-7	Весна	0,0423 < 0,05	незасоленные	–	–
	Осень	0,0408 < 0,05	незасоленные	–	–
ЦС (южный)	Весна	0,0417 < 0,05	незасоленные	–	–
	Осень	0,062 > 0,05	слабозасоленные	2,5	Хлоридный

Поскольку общая сумма токсичных солей в исследуемом горизонте орошаемых участков, прилегающих к коллекторам ЛС-2 и МКЛ-7, не превышает порогового значения в течение вегетационного периода, то почвы остаются незасоленными. Верхний горизонт орошаемых участков, прилегающих к коллекторам К-3 и ЦС (южный), в конце вегетационного (поливного) периода становится слабозасоленным, тип засоления сульфатно-хлоридный и хлоридный соответственно [14, 15].

Изучение процентного содержания токсичных солей в течение поливного периода показало рост их содержания на орошаемых участках, прилегающих к коллекторам К-3 и ЦС (южный), с 0,039 до 0,073 и с 0,042 до 0,062 % соответственно при одновременном снижении содержания нетоксичных солей с 0,065 до 0,054 и с 0,057 до 0,035 % соответственно. Выявленные процессы могут привести к угнетению среднесолеустойчивых культур и снижению урожайности. На участке, прилегающем к коллектору МКЛ-7, содержание токсичных солей не изменялось, при этом установлен рост содержания нетоксичных солей ( $CaSO_4$  и  $Ca(HCO_3)_2$ ) примерно в 10 раз. Наиболее благоприятная ситуация отмечена на участке, приле-

гающем к коллектору ЛС-2: снижение содержания токсичных солей с 0,036 до 0,017 % и повышение содержания нетоксичных солей с 0,069 до 0,079 % в течение поливного периода.

В почвенных растворах на исследуемых участках, прилегающих к коллекторам К-3 и ЦС (южный), содержится токсичный для растений  $\text{NaHCO}_3$  (таблица 4), тем не менее процентное содержание гидрокарбонат-иона не превышает порога токсичности ( $C_{\text{HCO}_3^-} < 0,06 \%$ ), поэтому резкого подщелачивания среды не происходит.

### **Выводы**

1 Установлено, что в течение поливного периода увеличивается содержание солеобразующих ионов на богарных участках, прилегающих к коллекторам, что может быть вызвано подъемом грунтовых вод выше критического уровня.

2 Обнаружен рост содержания токсичных солей в течение поливного периода на орошаемых участках, прилегающих к коллекторам К-3 и ЦС (южный).

3 Выявлено увеличение содержания нетоксичных солей на орошаемых участках, прилегающих к коллекторам МКЛ-7 и ЛС-2. Наиболее благоприятные почвенные процессы протекают в орошаемых почвах, прилегающих к коллектору ЛС-2. Поскольку качество поливной воды в районе одинаковое, то установленные процессы в почвах, прилегающих к коллектору ЛС-2, связаны с проведением агрономелиоративных мероприятий земледельцами.

### **Список использованных источников**

1 Мамонтов, В. Г. Практическое руководство по химии почв: учеб. пособие / В. Г. Мамонтов, А. А. Гладков, М. М. Кузельев. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2012. – 225 с.

2 Groundwater composition and pollution due to agricultural practices at Sete Cidades volcano (Azores, Portugal) / J. V. Cruz, M. I. Dias, M. O. Silva, M. I. Prudencio // Applied Geochemistry. – 2013. – Vol. 29. – P. 162–173.

3 Chowdary, V. M. Decision support framework for assessment of non-point-source

pollution of groundwater in large irrigation projects / V. M. Chowdary, N. H. Rao, P. B. S. Sarma // *Agricultural Water Management*. – 2005. – Vol. 75, № 3. – P. 194–225.

4 Аладинская, А. Р. Охрана окружающей среды от негативного воздействия хозяйственной деятельности: науч. моногр. / А. Р. Аладинская, Т. Ю. Анопченко, И. А. Афонина. – Новосибирск: СибАК, 2015. – 260 с.

5 Щедрин, В. Н. Основные правила и положения эксплуатации мелиоративных систем и сооружений, проведения водоучета и производства эксплуатационных работ / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов. – Ч. 1. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 395 с.

6 Базилевич, Н. И. Учет засоленных почв / Н. И. Базилевич, Е. И. Панкова // *Методические рекомендации по мелиорации солонцов и учету засоленных почв*. – М.: Колос, 1970. – С. 1–32.

7 Боровский, В. М. Теоретические основы процессов засоления-рассоления почв / В. М. Боровский, Э. А. Соколенко. – Алма-Ата: Наука, 1981. – 296 с.

8 Дрововозова, Т. И. Экологическая оценка состояния малых водных объектов в зоне влияния гидромелиоративных систем / Т. И. Дрововозова, С. А. Манжина // *Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]*. – 2019. – № 3(03). – С. 14–26. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=35>. – DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-14-26.

9 Мамонтов, В. Г. Интерпретация данных водной вытяжки из засоленных почв / В. Г. Мамонтов. – М.: Изд-во МСХА, 2002. – 37 с.

10 Мякина, М. Б. Методическое пособие для чтения результатов химических анализов почв / М. Б. Мякина, Е. В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 62 с.

11 Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв. – М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1990. – 235 с.

12 Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.

13 Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л. А. Воробьевой. – М.: ГЕОС, 2006. – 400 с.

14 Домашенко, Ю. Е. Моделирование и оценка поступления загрязняющих веществ в коллекторно-дренажный сток / Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*. – 2016. – № 2(22). – С. 112–127. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=406&id=414>.

15 Экологическое обоснование применения дренажного стока при орошении сельскохозяйственных угодий / Д. Г. Васильев, В. Ц. Челахов, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // *Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]*. – 2019. – № 3(03). – С. 1–13. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=34>. – DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-1-13.

## References

1 Mamontov V.G., Gladkov A.A., Kuzelyov M.M., 2012. *Prakticheskoe rukovodstvo po khimii pochv: uchebnoe posobie* [Practical Guide into Soil Chemistry: Textbook]. Moscow, RSAU-MAA Publ., 225 p. (In Russian).

2 Cruz J.V., Dias M.I., Silva M.O., Prudencio M.I., 2013. Groundwater composition and pollution due to agricultural practices at Sete Cidades volcano (Azores, Portugal). *Applied Geochemistry*, vol. 29, pp. 162-173.

3 Chowdary V.M., Rao N.H., Sarma P.B.S., 2005. Decision support framework for assessment of non-point-source pollution of groundwater in large irrigation projects. *Agricultural Water Management*, vol. 75, no. 3, pp. 194-225.

4 Aladinskaya A.R., Anopchenko T.Yu., Afonina I.A., 2015. *Okhrana okruzhayushchey sredy ot negativnogo vozdeystviya khozyaystvennoy deyatelnosti: nauchnaya monografiya* [Environmental Protection from the Negative Impact of Economic Activity: scientific monograph]. Novosibirsk, SibAK Publ., 260 p. (In Russian).

5 Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Slabunov V.V., 2013. *Osnovnye pravila i polozheniya ekspluatatsii meliorativnykh sistem i sooruzheniy, provedeniya vodoucheta i proizvodstva ekspluatatsionnykh rabot* [Basic Rules and Regulations for the Operation of Reclamation Systems and Structures, Water Accounting and Maintenance Work]. Pt. 1, Novocherkassk, Helikon Publ., 395 p. (In Russian).

6 Bazilevich N.I., Pankova E.I., 1970. *Uchet zasolennykh pochv* [Accounting for saline soils]. *Metodicheskie rekomendatsii po melioratsii solontsov i uchetu zasolennykh pochv* [Methodological Recommendations for Reclamation of Solonchaks and Assessment of Salt-Affected Soils]. Moscow, Kolos Publ., pp. 1-32. (In Russian).

7 Borovsky V.M., Sokolenko E.A., 1981. *Teoreticheskie osnovy protsessov zasoleniya-rassoleniya pochv* [Theoretical Principles of Salinization-Desalinization of Soils]. Alma-Ata, Science Publ., 296 p. (In Russian).

8 Drovovozova T.I., Manzhina S.A., 2019. *Ekologicheskaya otsenka sostoyaniya malyykh vodnykh ob'ektov v zone vliyaniya gidromeliorativnykh sistem* [Ecological assessment of the state of small water bodies in the zone of influence of irrigation and drainage systems]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo* [Ecology and Water Management], no. 3(03), pp. 14-26, available: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=35>, DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-14-26. (In Russian).

9 Mamontov V.G., 2002. *Interpretatsiya dannykh vodnoy vytyazhki iz zasolennykh pochv* [Data Interpretation of Water Extraction from Saline Soils]. Moscow, Moscow Agricultural Academy Publ., 37 p. (In Russian).

10 Myakina M.B., Arinushkina E.V., 1979. *Metodicheskoe posobie dlya chteniya rezul'tatov khimicheskikh analizov pochv* [Study Guide for Reading the Results of Chemical Analyzes of Soils]. Moscow, Moscow State University Publ., 62 p. (In Russian).

11 *Rukovodstvo po laboratornym metodam issledovaniya ionno-solevogo sostava neytral'nykh i shchelochnykh mineral'nykh pochv* [Guide to Laboratory Methods for Studying the Ion-Salt Composition of Neutral and Alkaline Mineral Soils]. Moscow, VASKHNIL Publ., 1990, 235 p. (In Russian).

12 Arinushkina E.V., 1970. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* [Guidelines for Chemical Analysis of Soils]. Moscow, Moscow State University Publ., 487 p. (In Russian).

13 Vorob'eva L.A., 2006. *Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv* [Theory and Practice of Chemical Analysis of Soils]. Moscow, GEOS Publ., 400 p. (In Russian).

14 Domashenko Yu.E., Vasiliev S.M., 2016. [Modeling and estimation of the influx of polluting substances into the collector-drainage effluent]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(22), pp. 112-127, available: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=406&id=414>. (In Russian).

15 Vasiliev D.G., Chelakhov V.Ts., Domashenko Yu.E., Vasiliev S.M., 2019. *Ekologicheskoe obosnovanie primeneniya drenazhnogo stoka pri oroshenii sel'skokhozyaystvennykh ugodiy* [Ecological substantiation of the use of drainage flow for irrigation of agricultural land]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo* [Ecology and Water Management], no. 3(03), pp. 1-13, available: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=34>, DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-1-13. (In Russian).

---

#### **Дрововозова Татьяна Ильинична**

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: заведующая кафедрой экологических технологий природопользования

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: [tid70.drovovozova@yandex.ru](mailto:tid70.drovovozova@yandex.ru)

**Drovovozova Tatyana Ilinichna**

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Head of the Chair of Environmental Technologies in Nature Management

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: tid70.drovovozova@yandex.ru

**Паненко Наталья Николаевна**

Должность: ведущий специалист

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: panya-86@mail.ru

**Panenko Natalya Nikolayevna**

Position: Leading Specialist

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: panya-86@mail.ru