

ЕВОЛЮЦІЯ ГАЛОГЕНЕЗУ В ҐРУНТАХ ПРИ ГЛИБОКОМУ РІВНІ ЗАЛЯГАННЯ ҐРУНТОВИХ ВОД В УМОВАХ ІНГУЛЕЦЬКОГО ЗРОШУВАНОВОГО МАСИВУ

САФОНОВА О.П. – к. с.-г.н., провідний н. с.,

МЕЛАЗИЧ А.В. – к. с.-г.н., с. н. с.

Інститут землеробства південного регіону НААН України

ЛОЗОВИЦЬКИЙ П.С. - к. тех.н., доцент

Київський Національний університет

Постановка проблеми. В умовах Інгупецької зрошуваної системи додаткова кількість вологи, яка потрапляє зі зрошуваними водами, змінює природний водний режим та викликає істотне порушення екологічної рівноваги в системі «вода-ґрунт-солі», перерозподіл водорозчинних солей, а також зміну концентрації і хімічного складу порових розчинів у результаті процесів дифузії, розчинення та іонно-обмінних сорбцій.

Саме сольовий склад рідкої фази ґрунту, генетично пов'язаний з твердою і газоподібною фазами, визначає його родючість.

ґрунтовий розчин неодмінний учасник усіх без винятку біосферних процесів. В ньому відбуваються найважливіші біофізико-хімічні реакції, саме з нього рослини та мікроорганізми поглинають життєво важливі для них речовини.

ґрунтовий розчин – це динамічно врівноважений водний розчин біоорганічних, мінеральних, орґано-мінеральних речовин, сформований у реальних ландшафтно-біокліматичних умовах під впливом зональних типів гідротермічного, водно-повітряного, поживного (трофічного) та інших ґрунтового-екологічних режимів [2].

Сольовий режим зрошуваних масивів півдня України зумовлюється фізичними і хімічними властивостями ґрунтів, наявністю в них запасів солей, заляганням й ступенем мінералізації ґрунтових вод і їх рівня, хімічним режимом, хімічним складом зрошувальної води, а також залежить від біологічних властивостей вирощуваної культури.

Закономірності формування сольового режиму ґрунтів у різних меліоративних районах вивчені недостатньо, тому в наш час це питання для умов Інгупецької зрошуваної системи є актуальним.

Завдання і методика проведення досліджень. Задачі досліджень полягали у вивченні еволюції галогенезу і прогнозуванні засолення в чорноземах південних і темно-каштанових ґрунтах при поливі водами Інгупецького каналу. Тривалі дослідження з впливу зрошення водами підвищеної мінералізації на зміну сольового складу

ґрунтів проведено на полях Миколаївської дослідної сільськогосподарської станції, розміщених у межах лесового плато на чорноземах південних важкосуглинкових крупно-пилувато-мулистих, а також в дослідному полі Інституту землеробства південного регіону, розташованому на темно-каштановому середньосуглинковому ґрунті.

При цьому в дослідженнях застосовувався загальнонауковий метод порівняння показників ґрунтів, отриманих на початку зрошення з аналітичними, отриманими в різні періоди досліджень, показниками ґрунтів, розташованих поблизу незрошуваних ділянок, а також стаціонарних дослідів.

Стаціонарний дослід закладений у 1971 році в дослідному господарстві ІЗПР НААН України на темно-каштановому ґрунті в семипільній сівозміні з наступним чергуванням культур: люцерна 3 роки, озима пшениця, кукурудза на зерно, кукурудза на силос, озима пшениця.

Агротехніка вирощування с.-г. культур загальноприйнята. Доза НРК розраховувалась під кожну культуру за рекомендаціями для умов зрошення. Поливи проводили водою Інгулецького каналу. Ґрунтові води залягають на глибині 6-10 м і не приймають участь у спрямованості ґрунтотворного процесу. За хімічним складом вони відносяться до хлоридно-магнієво-натрієвого типу з мінералізацією 8-10 г/дм³.

Змішані зразки ґрунту відбирались після збирання с.-г. культур у 4-5 повтореннях ґрунтовим буром. Інтервали відбору зразків – кожні 20 см пошарово до 200 см, а також з прошарків 0-30, 30-50, 50-70 см. Лабораторні дослідження виконувались відповідно до аналітичних робіт і при визначенні вмісту іонів у водній витяжці ґрунту та воді дотримувались державних стандартів.

Спостереження і дослідження виконані відповідно загально прийнятих методик (Доспехов Б.А., 1985; Базилевич Н.І., Панкова Е.І., 1968, 1972 та інші).

При обробці одержаних даних використано дисперсійний і кореляційно-регресійний аналізи (Ушкаренко В.О., 1978, Ушкаренко В.О., 1978; Ушкаренко В.О., Скрипніков А.Я., 1988 та інші).

Результати досліджень. В умовах Інгулецького масиву до започаткування зрошення небезпека засолення ґрунтів за рахунок запасів водорозчинних солей, що містяться в них, невелика. (1) Сольові горизонти залежно від віку дренажності ґрунтів залягали на різних глибинах. В дослідному господарстві ІЗПР НААН України виявлені сольові горизонти у темно-каштановому середньосуглинковому ґрунті на глибині 3 м, нижче за схилом – на лучно-каштановому ґрунті на глибині 6 м. Лучно – каштановий глейовий ґрунт на дні поду виявився промитим від солей на глибину 18 м. На плато високодренованого рівня (Снігурівський район

Миколаївської області) горизонт сольової аккумуляції знаходився на глибині 19 м, на плато середнього рівня – на глибині 2,5-3 м. Запаси солей в горизонтах сольової аккумуляції становлять 13,6-35,0 мг-екв на 100 г ґрунту. Тип засолення горизонтів сольової аккумуляції – хлоридно-сульфатний (6).

Поливи с.-г. культур проводили сумішшю вод р. Інгулець та Дніпро. Мінералізація вод знаходилась в межах 0,6 - 2,7 г/дм³, за хімічним складом вони відносяться в основному до хлоридно-натрієвих. За ДСТУ 2730 – 94 зрошувальні води за небезпекою засолення, підлучення та осолонцювання відносяться до II або III класу – обмежено придатні або непридатні для зрошення. В умовах Інгулецької ЗС зрошення слобомінералізованими водами викликає порушення природного функціонування дернового процесу ґрунтоутворення, на який накладаються елементи солонцевого процесу внаслідок деградуючого впливу солей хлоридів, сульфатів магнію і натрію, що надходять зі зрошувальною водою і опадами.

Внаслідок додаткової кількості вологи та солей, які надходять зі зрошувальними водами, відбувається зміна вмісту солей та їх іонного складу в ґрунтовому розчині зрошуваних ґрунтів (5).

В умовах зрошення водою підвищеної мінералізації спостерігаються процеси накопичення і міграції солей у профілі чорноземів південних.

До початку зрошення вміст солей у метровому шарі чорноземів південних збільшувався з глибиною і змінювався від 0,038 % в орному прошарку до 0,060% у прошарку 45-55 см. Глибше у профілі знижувався до 0,041% у шарі 70-80 см, ще глибше зростав до 0,049 % у шарі 100-110 см та до 0,077% - у шарі 170-180 см. Ґрунти характеризувалися як незасолені і мали сульфатно-гідрокарбонатний натрієво-кальцієвий тип засолення у шарі 0-200 см. У цей же період рівень ґрунтової води на ділянці знаходився на глибині більше 14 м, а її мінералізація складала 1-3 г/дм³ гідрокарбонатно-хлоридного магнієво-натрієвого складу [3, 4].

У перші 10 років зрошення чорноземи південні змінили тип водного режиму з автоморфного непромивного на автоморфний промивний з підняттям рівня ґрунтових вод у 1965 р. до 8,3 м. В 1957-1973 роках на Інгулецькій зрошувальній системі застосовували поливні норми 500-1500 м³/га, а зрошувальні сягали 4000-8000 м³/га. За період із 1958 по 1967 рр. на 1 га ґрунтів було подано близько 40 тис. м³ води. Разом із поливною водою в ґрунти надійшло 39,7 т/га солей (табл. 1).

За перші 10 років зрошення було відзначено зростання загальної засоленості ґрунтів майже в 3 рази за рахунок зростання усіх головних іонів, але найбільше – хлоридів, сульфатів, натрію. Запаси легкорозчинних солей у верхньому 1-метровому шарі

зрошуваного ґрунту зросли з 4,963 т/га у 1957 р. до 14,96 т/га у 1967 р.; у шарі 100-200 см - з 10,247 до 16,724 т/га відповідно. Отже, за рахунок зрошувальної води та розчинення й перерозподілу деяких первинних солей твердої фази ґрунту у профілі двометрової товщі зрошуваних ґрунтів накопичилося близько 16,47 т/га солей, що складає близько 41,5% від поданої кількості з поливною водою.

Таблиця 1. Зміна хімічного складу водної витяжки чорноземів південних у часі

Шар ґрунту, см	Залишок, %		Вміст іонів, мг - екв/100 г ґрунту							рН
	сухий	мінеральний	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ K ⁺	
До початку зрошення, 1957 р.										
0-20	0,033	0,026	-	0,23	0,06	0,17	0,3	0,1	0,06	7,0
20-30	0,036	0,029	-	0,24	0,09	0,18	0,35	0,1	0,06	7,2
30-40	0,039	0,031	-	0,25	0,12	0,19	0,4	0,1	0,06	7,5
40-55	0,050	0,038	0,001	0,38	0,1	0,22	0,4	0,2	0,1	8,1
55-70	0,050	0,037	0,002	0,4	0,12	0,17	0,38	0,16	0,15	8,2
70-80	0,051	0,038	0,002	0,43	0,15	0,12	0,35	0,15	0,2	8,3
80-100	0,050	0,037	0,002	0,44	0,11	0,13	0,35	0,14	0,19	8,3
100-110	0,050	0,036	0,002	0,45	0,07	0,15	0,35	0,13	0,19	8,4
110-170	0,067	0,048	0,001	0,62	0,11	0,17	0,49	0,19	0,22	8,3
170-180	0,077	0,056	-	0,7	0,15	0,2	0,58	0,25	0,22	8,1
180-200	0,081	0,059	-	0,72	0,17	0,22	0,62	0,27	0,22	8,0
Після 10 років зрошення										
0-20	0,120	0,103	-	0,54	0,35	0,84	0,56	0,39	0,78	7,0
20-40	0,100	0,084	-	0,51	0,28	0,64	0,5	0,31	0,62	7,3
40-60	0,095	0,080	-	0,5	0,26	0,6	0,47	0,29	0,6	7,5
60-80	0,127	0,110	-	0,56	0,36	0,92	0,56	0,41	0,87	7,6
80-100	0,113	0,096	-	0,56	0,3	0,76	0,56	0,35	0,71	7,7
100-120	0,107	0,091	-	0,52	0,3	0,72	0,52	0,33	0,69	7,8
120-140	0,125	0,106	-	0,6	0,38	0,82	0,56	0,4	0,84	7,8
140-160	0,104	0,087	-	0,56	0,24	0,67	0,54	0,26	0,67	7,8
160-180	0,103	0,085	-	0,58	0,22	0,64	0,55	0,22	0,67	7,9
180-200	0,112	0,095	-	0,58	0,32	0,7	0,56	0,28	0,76	7,9
Після 25 років зрошення										
0-10	0,067	0,058	-	0,31	0,2	0,46	0,4	0,21	0,37	7,1
10-30	0,073	0,061	-	0,4	0,2	0,44	0,38	0,21	0,45	7,25
30-50	0,079	0,065	-	0,43	0,22	0,47	0,38	0,23	0,51	7,55
50-80	0,102	0,085	-	0,56	0,27	0,62	0,53	0,31	0,61	7,6
80-100	0,112	0,095	-	0,56	0,36	0,7	0,57	0,36	0,69	7,6
100-120	0,125	0,108	-	0,57	0,49	0,79	0,59	0,5	0,76	7,7
120-150	0,128	0,110	-	0,57	0,48	0,84	0,54	0,54	0,81	7,7
150-200	0,123	0,104	-	0,61	0,44	0,74	0,45	0,52	0,82	7,8

Шар ґрунту, см	Залишок, %		Вміст іонів, мг - екв/100 г ґрунту							рН
	сухий	мінеральний	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	
Після 35 років зрошення										
0-20	0,078	0,066	-	0,38	0,26	0,48	0,38	0,23	0,51	7,15
20-40	0,098	0,074	-	0,44	0,34	0,64	0,42	0,31	0,69	7,2
40-60	0,088	0,073	-	0,5	0,25	0,50	0,44	0,23	0,58	7,25
60-80	0,090	0,075	-	0,5	0,26	0,52	0,40	0,25	0,63	7,3
80-100	0,107	0,090	-	0,56	0,38	0,60	0,48	0,31	0,75	7,4
100-120	0,115	0,097	-	0,57	0,41	0,68	0,52	0,33	0,81	7,4
120-140	0,120	0,102	-	0,58	0,43	0,72	0,52	0,34	0,87	7,4
140-160	0,123	0,105	-	0,58	0,44	0,76	0,54	0,35	0,89	7,4
160-180	0,120	0,102	-	0,59	0,4	0,74	0,55	0,35	0,83	7,5
180-200	0,125	0,107	-	0,6	0,42	0,78	0,56	0,33	0,91	7,5
Після 40 років зрошення										
0-20	0,097	0,079	-	0,34	0,32	0,64	0,4	0,4	0,5	7,2
20-40	0,072	0,064	-	0,32	0,2	0,54	0,4	0,25	0,4	7,2
40-60	0,098	0,074	-	0,58	0,36	0,46	0,5	0,5	0,4	7,3
60-80	0,097	0,072	-	0,58	0,24	0,46	0,45	0,35	0,48	7,3
80-100	0,129	0,103	-	0,62	0,27	0,92	0,45	0,7	0,66	7,4
100-120	0,149	0,121	-	0,6	0,24	1,3	0,48	0,85	0,84	7,4
120-140	0,198	0,176	-	0,58	0,28	1,58	0,56	0,9	0,98	7,4
140-160	0,181	0,162	-	0,56	0,33	1,75	0,6	1,1	0,94	7,4
160-180	0,199	0,187	-	0,42	0,37	2,16	0,75	1,3	0,9	7,4
180-200	0,211	0,2	-	0,42	0,4	2,4	0,8	1,52	0,9	7,5
Богара (після 40 років досліджень)										
0-20	0,045	0,034	-	0,36	0,03	0,23	0,33	0,2	0,09	7,2
20-40	0,051	0,043	-	0,28	0,03	0,4	0,4	0,1	0,21	7,6
40-60	0,075	0,058	0,001	0,54	0,03	0,44	0,4	0,2	0,41	8,15
60-80	0,056	0,038	0,002	0,59	0,03	0,12	0,4	0,3	0,05	8,3
80-100	0,058	0,039	0,002	0,59	0,03	0,15	0,4	0,3	0,07	8,4
100-120	0,067	0,048	0,003	0,61	0,06	0,23	0,4	0,3	0,2	8,5
120-140	0,072	0,052	0,005	0,63	0,09	0,25	0,4	0,3	0,27	8,6
140-160	0,077	0,057	0,002	0,65	0,13	0,27	0,42	0,28	0,35	8,5
160-180	0,088	0,067	-	0,69	0,23	0,29	0,43	0,27	0,51	8,3
180-200	0,088	0,066	-	0,73	0,18	0,29	0,45	0,27	0,48	8,3

Ґрунти в деяких горизонтах (0-20, 60-200 см) після десяти років перейшли до розряду слабозасолених, а тип засолення змінився з сульфатно-гідрокарбонатного натрієво-кальцієвого на хлоридно-сульфатний кальцієво-натрієвий.

Протягом періоду досліджень засоленість ґрунтів носила квазівстановлений характер: на кінець вегетаційного періоду спостерігали підвищення засоленості до 0,12-0,2% за рахунок накопичення солей з поливної води, із наступним вимиванням їх

осінньо-зимовими опадами в глибші шари і ґрунтові води. Необхідно відмітити, що ґрунтові води й сьогодні на цій ділянці залягають глибше 5 м і участі у формуванні водно-сольового режиму зони аерації не приймають. Саме цим пояснюється більш-менш стабільна гідрогеолого-меліоративна ситуація в даному господарстві у порівнянні з іншими осолонцьованими та слабо- й середньозасоленими ділянками Інгулецького зрошуваного масиву.

Після 25-річного періоду зрошення засоленість ґрунтів зросла в орному шарі з 0,033 до 0,076%, у шарі 20-40 – з 0,0375 до 0,078%. Найвища засоленість спостерігалась в шарі ґрунту 100-150 см – 0,136% (табл. 1). Найбільш значно у цей період накопичувалися солі сульфатів й хлоридів натрію та магнію. У шарі ґрунту 80-200 см концентрація сульфатів зросла у 3,6-5,8 рази, хлоридів – у 3,6-7 разів. Уміст натрію у шарі ґрунтів 100-200 см зріс у 3,1-3,6 разів, а магнію – у 2-3,8 рази. Запаси легкорозчинних солей у верхньому метровому шарі зрошуваних ґрунтів у порівняння з 10 річним періодом зрошенням зменшилися на 3,038, а в шарі 100-200 см – збільшилися на 2,375 т/га, тобто в цілому у шарі 0-200 см були стабільними (табл. 2).

Таблиця 2. Динаміка зміни запасів солей у шарі ґрунту

Вміст водорозчинних солей у шарі ґрунту, т/га							Щільність складення ґрунту, т/м ³	Шар ґрунту, см
Сума	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺		
До початку зрошення, 1957 р.								
0,750	0,324	0,048	0,186	0,133	0,028	0,031	1,14	0-20
0,421	0,173	0,037	0,101	0,079	0,014	0,016	1,17	20-30
0,466	0,184	0,050	0,109	0,092	0,014	0,016	1,19	30-40
0,953	0,447	0,067	0,201	0,148	0,046	0,044	1,27	40-55
0,987	0,489	0,084	0,162	0,146	0,038	0,068	1,32	55-70
0,686	0,358	0,071	0,078	0,092	0,024	0,062	1,35	70-80
0,702	0,380	0,054	0,087	0,095	0,024	0,061	1,4	80-100
0,722	0,400	0,035	0,104	0,098	0,023	0,063	1,44	100-110
5,923	3,376	0,342	0,720	0,838	0,202	0,446	1,47	110-170
1,161	0,648	0,079	0,144	0,169	0,045	0,076	1,5	170-180
2,440	1,333	0,180	0,317	0,360	0,098	0,152	1,5	180-200
4,963	2,355	0,412	0,924	0,784	0,188	0,299	1,263	0-100
10,247	5,757	0,636	1,285	1,464	0,368	0,737	1,477	100-200
15,210	8,112	1,048	2,209	2,248	0,556	1,037	1,357	0-200
Після 10 років зрошення								
2,940	0,820	0,303	0,993	0,267	0,116	0,441	1,23	0-20
2,594	0,819	0,256	0,799	0,252	0,097	0,371	1,30	20-40
2,591	0,840	0,249	0,784	0,248	0,095	0,375	1,36	40-60
3,512	0,954	0,350	1,220	0,300	0,137	0,552	1,38	60-80
3,323	1,016	0,311	1,073	0,319	0,124	0,480	1,47	80-100

Вміст водорозчинних солей у шарі ґрунту, т/га							Щільність складення ґрунту, т/м ³	Шар ґрунту, см
Сума	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺		
3,215	0,963	0,317	1,037	0,302	0,119	0,476	1,50	100-120
3,769	1,119	0,404	1,189	0,328	0,146	0,584	1,51	120-140
3,168	1,051	0,257	0,978	0,318	0,095	0,469	1,52	140-160
3,132	1,088	0,235	0,934	0,324	0,081	0,469	1,52	160-180
3,440	1,096	0,345	1,029	0,332	0,103	0,535	1,53	180-200
14,960	4,448	1,469	4,868	1,385	0,569	2,220	1,348	0-100
16,724	5,316	1,558	5,168	1,604	0,545	2,532	1,516	100-200
31,684	9,765	3,027	10,037	2,990	1,113	4,752	1,432	0-200
Після 25 років зрошення								
1,663	0,475	0,175	0,548	0,192	0,063	0,211	1,24	0-20
1,930	0,652	0,186	0,558	0,194	0,067	0,273	1,32	20-40
2,157	0,727	0,212	0,619	0,202	0,076	0,321	1,37	40-60
2,853	0,968	0,266	0,834	0,288	0,105	0,393	1,4	60-80
3,319	1,023	0,375	0,995	0,327	0,129	0,470	1,48	80-100
3,785	1,063	0,521	1,146	0,345	0,182	0,528	1,51	100-120
5,877	1,615	0,776	1,852	0,480	0,299	0,855	1,53	120-150
9,436	2,899	1,193	2,737	0,672	0,483	1,452	1,54	150-200
11,923	3,845	1,214	3,553	1,203	0,439	1,669	1,362	0-100
19,099	5,577	2,490	5,735	1,497	0,964	2,836	1,53	100-200
31,022	9,422	3,704	9,288	2,700	1,403	4,504	1,446	0-200
Після 35 років зрошення								
1,954	0,591	0,231	0,581	0,186	0,070	0,296	1,26	0-20
2,675	0,744	0,328	0,842	0,223	0,102	0,435	1,37	20-40
2,473	0,864	0,246	0,672	0,239	0,078	0,374	1,4	40-60
2,599	0,889	0,264	0,719	0,223	0,087	0,417	1,44	60-80
3,255	1,051	0,407	0,876	0,283	0,114	0,524	1,52	80-100
3,518	1,077	0,442	0,999	0,308	0,122	0,570	1,53	100-120
3,687	1,103	0,466	1,065	0,310	0,126	0,616	1,54	120-140
3,738	1,088	0,471	1,110	0,318	0,128	0,622	1,52	140-160
3,601	1,093	0,423	1,066	0,320	0,127	0,573	1,5	160-180
3,752	1,111	0,444	1,124	0,326	0,119	0,628	1,5	180-200
12,956	4,139	1,476	3,691	1,153	0,451	2,046	1,398	0-100
18,296	5,471	2,245	5,364	1,582	0,623	3,010	1,518	100-200
31,252	9,611	3,721	9,056	2,736	1,073	5,056	1,458	0-200
Після 50 років зрошення								
2,212	0,533	0,286	0,781	0,197	0,123	0,292	1,27	0-20
2,007	0,545	0,194	0,716	0,214	0,083	0,254	1,38	20-40
2,712	1,017	0,360	0,627	0,275	0,171	0,261	1,42	40-60
2,638	1,045	0,247	0,645	0,255	0,123	0,322	1,46	60-80
3,829	1,179	0,293	1,361	0,269	0,260	0,468	1,54	80-100
4,522	1,141	0,260	1,923	0,287	0,316	0,595	1,54	100-120
5,140	1,110	0,306	2,353	0,336	0,337	0,699	1,55	120-140
5,374	1,051	0,353	2,555	0,353	0,403	0,657	1,52	140-160
5,782	0,778	0,465	3,012	0,436	0,471	0,621	1,5	160-180

Вміст водорозчинних солей у шарі ґрунту, т/га							Щільність складення ґрунту, т/м ³	Шар ґрунту, см
Сума	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺		
6,295	0,778	0,423	3,458	0,465	0,550	0,621	1,5	180-200
13,398	4,319	1,38	4,13	1,21	0,76	1,597	1,414	0-100
27,113	4,858	1,807	13,301	1,877	2,077	3,193	1,522	100-200
40,509	9,176	3,187	17,431	3,087	2,837	4,791	1,468	0-200
Богара, після 40 років досліджень								
1,130	0,556	0,026	0,276	0,160	0,060	0,052	1,25	0-20
1,386	0,467	0,029	0,519	0,209	0,033	0,130	1,35	20-40
2,088	0,927	0,029	0,588	0,216	0,067	0,262	1,39	40-60
1,584	1,034	0,030	0,164	0,220	0,103	0,033	1,42	60-80
1,718	1,085	0,031	0,215	0,231	0,108	0,048	1,49	80-100
2,004	1,130	0,063	0,331	0,233	0,109	0,138	1,5	100-120
2,149	1,167	0,095	0,360	0,233	0,109	0,186	1,5	120-140
2,317	1,204	0,137	0,389	0,244	0,101	0,242	1,5	140-160
2,621	1,269	0,241	0,415	0,248	0,097	0,350	1,49	160-180
2,615	1,334	0,188	0,412	0,258	0,096	0,327	1,48	180-200
7,907	4,069	0,146	1,761	1,036	0,371	0,525	1,38	0-100
11,706	6,103	0,725	1,908	1,216	0,512	1,242	1,494	100-200
19,613	10,172	0,870	3,669	2,252	0,883	1,767	1,437	0-200

Виявлені закономірності зміни засоленості зрошуваних ґрунтів в умовах глибокого залягання рівня ґрунтових вод мають тенденцію, подібну до умов з близьким заляганням рівня ґрунтової води у Снігурівському районі, але з меншим ступенем засолення й накопичення солей у верхньому 0-100 см шарі. Зменшення ступеня засолення зрошуваних ґрунтів при більш глибокому рівні ґрунтових вод пояснюється промиванням слабозасолених зрошуваних ґрунтів осінньо-зимовими опадами на більш значну глибину і значно меншим впливом ґрунтових вод на процеси вторинного засолення в зоні аерації або їх відсутністю у порівнянні з ділянками, які мають близьке заляганням рівня ґрунтових вод. При цьому тип водного режиму зрошуваних чорноземів південних Миколаївської сільськогоспо-дарської станції залишався автоморфним промиваним після 35 років зрошення.

За ступенем засолення ґрунти після 25 років зрошення у шарі 0-50 см класифікувалися як незасолені, а в шарі 50-200 см – слабо-засолені із хлоридно-сульфатним хімізмом аніонного засолення у всьому 0-200 см шарі. За катіонним хімізмом засолення вони відносилися до кальцієво-натрієвого у шарі ґрунту 0-120 см і до магнієво-натрієвого – у глибших шарах 120-200 см.

Відмічена тенденція квазівстановленого накопичення водорозчинних солей у профілі зрошуваних ґрунтів спостерігалася і в наступний період. При обстеженні зрошуваних ґрунтів через 35 років

після початку зрошення спостерігали майже стабільне, у порівнянні з попереднім періодом, накопичення солей, як у шарі 0-100 см, так і в шарі 100-200 см. Тип засолення залишався хлоридно-сульфатним у всьому 0-200 см шарі. У шарі 0-80 см ґрунти були незасоленими, а в шарі 80-200 см – були слабозасолені.

Після 35 років зрошення на Інгулецькій зрошувальній системі через економічну й політичну нестабільність значно скоротилися поливні й зрошувальні норми. Тип водного режиму змінився з автоморфного промивного на автоморфний іригаційно-випотний. Це сприяло більш значній концентрації у 0-200 см шарі ґрунтів солей. Так, після 40 років зрошення концентрація солей в орному шарі зросла до 0,097%, а на глибині 120-140 см – 0,198%. Серед солей продовжували накопичуватися сульфати магнію та кальцію, у значно меншій мірі – сульфати натрію (табл. 1).

Якщо порівняти ці дані засолення ґрунтів з аналогічними даними, отриманими при близькому заляганні рівня ґрунтових вод (Снігурівський р-н), то стає очевидним, що рівень ґрунтових вод впливає не тільки на загальну величину засолення, як верхнього метрового шару, так і всієї зони аерації, а й на глибину максимального піку засолення в зоні аерації. Так, при глибокому заляганні рівня ґрунтових вод пік максимального засолення припадає на глибину 120-140 см, а при близькому – 60-80 см, ступінь засолення відповідно 0,198 та 0,448 %.

Після 40 років зрошення концентрація сульфатів у шарі 100-200 см досягла 1,3-2,4 мг-екв/100 г ґрунту, магнію – 0,85-1,52, а натрію – 0,84-0,98 мг-екв/100 г ґрунту. У цьому ж шарі ґрунту знизилася концентрація хлоридів з 0,49-0,44 мг-екв/100 г ґрунту до 0,24-0,4 мг-екв/100 г ґрунту. Знизилася також концентрація гідрокарбонатів у шарі ґрунту 120-200 см з 0,58 до 0,47 мг-екв/100 г ґрунту. Отже, 40-літнє зрошення чорноземів південних слабо мінералізованими хлоридно-сульфатними натрієвими водами р. Інгулець призвело до значної зміни хімічного складу ґрунтів, а також до збільшення загального вмісту солей у водній витяжці в порівнянні з вихідним станом.

Тип аніонного засолення ґрунтів після 40 років зрошення в шарі 0-100 см залишався хлоридно-сульфатним, а в шарі 100-200 см змінився з хлоридно-сульфатного на сульфатний. За катіонним складом хімізм засолення був натрієвим у шарах ґрунту 0-40 та 60-80 см, кальцієво-магнієвим – у шарі 40-60 см, натрієво-магнієвим – у шарах 80-120 та 140-200 см і магнієво-натрієвим – у шарі ґрунту 120-140 см. За ступенем засолення зрошувані 40-років чорноземи південні з глибоким заляганням рівня ґрунтової води класифікувалися як незасолені у всьому 0-200 см профілі.

Величина водневого показника рН зросла в орному шарі з 7,0 до

7,2, та знизилася в інших горизонтах з 7,5-8,4 до 7,2-7,5, тобто реакція розчину ґрунту характеризується як слабо лужна (див. табл. 1).

За 40 років зрошення на кожен гектар земель було вилито близько 130 тис. м³ води. Разом із поливною водою на поверхню зрошуваних ґрунтів було внесено біля 135 т/га солей: CO₃²⁻ – 0,45 т/га, HCO₃⁻ – 22,66, SO₄²⁻ – 42,43, Cl⁻ – 28,33, Ca²⁺ – 9,63, Mg²⁺ – 6,28, Na⁺ – 21,95, K⁺ – 1,04, NO₂ – 0,010, NO₃⁻ – 1,599, NH₄⁺ – 0,091, P₂O₅ – 0,234 т/га.

Запаси солей для кожного горизонту ґрунту розраховано за формулою:

$$S = s \cdot d \cdot l \cdot 100, \quad (1)$$

де: S - запаси солей в інтервалі визначення, в т/га для шару в м;

s – вміст солей у ґрунтах розрахункового шару, %;

d – щільність ґрунту, т/м³;

l – товщина розрахункового шару ґрунту, м;

100 – коефіцієнт перерахунку в т/га.

Необхідно відмітити зростання щільності складення зрошуваного ґрунту, особливо у верхньому метровому шарі: з 1,24 т/м³ у 1957 р. до 1,362 – у 1982 р. та до 1,414 т/м³ після 40 років зрошення.

Запаси солей у метровому шарі зрошуваних ґрунтів протягом усього вегетаційного періоду досліджень зростали й на кінець вегетації коливалися від 4,963 т/га в 1957 році до 13,40 т/га за 40 років зрошення.

Отже, запаси солей у верхньому метровому шарі зрошуваних ґрунтів стабільно підвищувалися і за 40 років зрошення зросли у 2,7 рази у порівнянні з періодом до початку зрошення. з внесених із поливною водою 136 т/га солей, у верхньому метровому шарі зрошуваного ґрунту акумулювалось 8,44 т/га, тобто лише 6,15%. При цьому вміст сульфатів за весь період зрошення у цьому шарі підвищився з 0,934 до 4,13 т/га, хлоридів - із 0,412 до 1,38, гідрокарбонатів - із 2,355 до 4,32, кальцію - із 0,784 до 1,88, магнію - із 0,188 до 0,76 і натрію - із 0,299 до 1,60 т/га (див. табл. 2).

У шарі зрошуваного ґрунту 100-200 см накопичення солей за період зрошення складає 16,866 т/га, або 13 %, а в шарі 0-200 см – 25,299 т/га або 19,2 % від суми внесених із поливною водою. Найбільш значно за цей період у 0-200 см шарі ґрунту накопичувалися сульфати, потім магній, натрій, хлориди, гідрокарбонати. Якщо підрахувати відсоток накопичених іонів у ґрунтах від суми того, що було внесено з поливною водою за 40 років, отримаємо такі значення: HCO₃⁻ - 8,5%; Cl⁻ – 7,8%; SO₄²⁻ - 34,9%, Ca²⁺ – 11%, Mg²⁺ - 37%, Na⁺ - 16,4%. Отже, підсумовуючи вище приведені результати, необхідно зробити висновок, що

інгредієнти найбільш розчинних у воді солей найменше накопичуються у профілі зрошуваних слабо мінералізованою водою ґрунтів.

Додаткова кількість вологи та солей, які надходять зі зрошувальними водами Інгулецького каналу, викликає трансформацію водного та сольового режимів, внаслідок чого відбувається зміна вмісту солей та їх іонного складу в ґрунтового розчині зрошуваних темно-каштанових ґрунтів.

Нашими дослідженнями встановлено, що під впливом зрошення в першу чергу змінюється іонно-сольовий склад водної витяжки ґрунту. Так, у зрошуваних темно-каштанових ґрунтах впродовж всієї ротації семипільної сівозміни (2001-2007 рр.) спостерігається збільшення вмісту водорозчинних солей на незрошуваних ділянках з 0,047-0,078% (шар 0-30 см) та 0,076-0,091 (шар 0-100 см) до 0,060-0,094 і 0,090-0,121% у зрошуваному варіанті без добрив, і, відповідно до 0,061-0,096 і 0,090-0,106% у варіанті з внесенням добрив (табл. 3).

Таблиця 3 – Динаміка іонно-сольового складу темно-каштанового ґрунту в залежності від тривалості зрошення

Рік досліджень / тривалість зрошення	Шар ґрунту см	Вміст мг-екв на 100 г ґрунту						Сума солей, %		Ca ²⁺ / Na ⁺ (водорозчин.)
		HC O ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	загал ьна	токсичних	
Незрошуваний ґрунт										
2001	0-30	0,52	0,16	0,40	0,50	0,20	0,38	0,078	0,039	1,30
	0-100	0,68	0,20	0,40	0,49	0,29	0,50	0,091	0,051	1,00
2002	0-30	0,40	0,20	0,35	0,50	0,20	0,25	0,066	0,030	2,00
	0-100	0,57	0,20	0,31	0,45	0,20	0,43	0,078	0,042	1,05
2005	0-30	0,32	0,16	0,20	0,30	0,20	0,18	0,047	0,025	1,67
	0-100	0,54	0,19	0,35	0,43	0,23	0,42	0,079	0,043	0,79
2006	0-30	0,28	0,16	0,50	0,50	0,20	0,24	0,065	0,029	2,08
	0-100	0,52	0,16	0,50	0,50	0,20	0,48	0,085	0,045	1,04
2007	0-30	0,28	0,24	0,50	0,55	0,20	0,27	0,058	0,031	2,03
	0-100	0,46	0,20	0,50	0,53	0,20	0,43	0,076	0,042	1,23
Зрошуваний ґрунт без добрив										
31 рік	0-30	0,64	0,16	0,50	0,30	0,40	0,60	0,094	0,067	0,50
	0-100	0,76	0,21	0,64	0,30	0,26	1,05	0,121	0,087	0,30
32 роки	0-30	0,62	0,22	0,51	0,35	0,35	0,65	0,095	0,070	0,54
	0-100	0,67	0,25	0,74	0,30	0,40	0,96	0,119	0,091	0,31
35 років	0-30	0,24	0,24	0,40	0,20	0,20	0,48	0,060	0,045	0,42
	0-100	0,48	0,21	0,57	0,28	0,15	0,83	0,090	0,065	0,34
37	0-30	0,32	0,20	0,60	0,35	0,20	0,57	0,077	0,051	0,61
	0-100	0,55	0,20	0,57	0,37	0,20	0,75	0,094	0,063	0,49

Рік досліджень / тривалість зрошення	Шар ґрунту см	Вміст мг-екв на 100 г ґрунту						Сума солей, %		$\frac{Ca^{2+}}{Na^{+}}$ (водорозчин.)
		НС О ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	загал ьна	токсичних	
Зрошуваний ґрунт + NPK (210 кг д. р. на 1 га сівозмінної площі)										
31 рік	0-30	0,66	0,16	0,50	0,40	0,30	0,62	0,096	0,061	0,60
	0-100	0,71	0,16	0,58	0,35	0,27	0,83	0,106	0,073	0,40
32 роки	0-30	0,64	0,20	0,52	0,40	0,36	0,60	0,097	0,064	0,66
	0-100	0,69	0,20	0,59	0,37	0,38	0,73	0,106	0,074	0,51
35 років	0-30	0,20	0,20	0,50	0,20	0,20	0,50	0,061	0,047	0,40
	0-100	0,47	0,25	0,57	0,30	0,20	0,79	0,091	0,066	0,38
36 років	0-30	0,32	0,20	0,60	0,40	0,20	0,52	0,078	0,048	0,77
	0-100	0,54	0,21	0,67	0,43	0,26	0,73	0,101	0,063	0,71
37 років	0-30	0,44	0,20	0,50	0,38	0,20	0,56	0,081	0,051	0,68
	0-100	0,50	0,20	0,60	0,45	0,20	0,65	0,090	0,057	0,69

Загальні запаси солей також збільшувалися в зрошуваних ґрунтах порівняно з неполивними умовами у варіантах без добрив на 0,779-1,712 (шар 0-30 см) та 2,080-6,930 т/га (шар 0-100 см) і відповідно у варіантах з внесенням добрив на 0,704-1,556 і 1,560-4,344 т/га. Адекватно збільшенню загального вмісту солей спостерігається підвищення вмісту токсичних солей у 1,4-2,7 рази.

Проведений статистичний обробіток виявив тісний кореляційний зв'язок між показниками запасів загальних та токсичних солей ($r=0,636-0,959$) (рис. 1). Отримані лінії регресії показують, що у неполивних умовах у шарі 0-30 см співвідношення загальних і токсичних солей майже незмінне. У поливних варіантах зафіксоване наростання питомої ваги токсичних солей при збільшенні загальних запасів солей.

Дослідженнями з'ясовано, що вміст солей у зрошуваних ґрунтах не перевищує класифікаційно-значущих величин і відповідно до класифікації засоленості ґрунтів за ступенем і хімізмом засолення вони є незасоленими. Проте, під впливом тривалого зрошення хімічний склад темно-каштанових ґрунтів змінився в кінці V ротації сівозміни з сульфатно-гідрокарбонатного натрієво-кальцієвого на гідрокарбонат-но-сульфатний кальцієво-натрієвий.

Таким чином, встановлено, що впродовж 2001-2007 рр. щорічно вміст солей в ґрунтового розчині зрошуваних ґрунтів, порівняно з богарними, хоча і має підвищені показники, але відмічена тенденція до стабілізації їх кількості, особливо, на ділянках з внесенням мінеральних добрив, що обумовлюється стабілізацією параметрів на одному рівні внаслідок сезонно-зворотних змін, які обумовлені надходженням солей з іригаційними водами та їх вилугованням опадами холодного періоду.

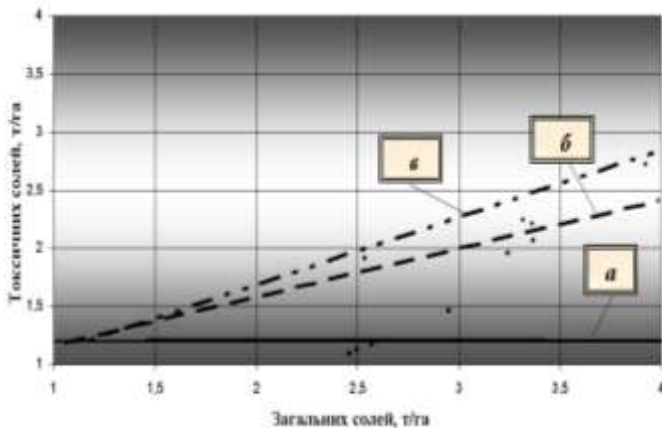


Рис. 1. Кореляційно-регресійна залежність між вмістом загальних та токсичних солей в ґрунті за варіантами дослідів:

а) без зрошення, без добрив ($y = -0,0002x + 1,248$; $r = 0,636$; $R^2 = 0,405$);

б) зрошення, без добрив ($y = 0,693x - 0,0699$; $r = 0,959$; $R^2 = 0,920$);

в) зрошення + добрива ($y = 0,478x - 0,613$; $r = 0,914$; $R^2 = 0,835$)

Незважаючи на встановлення квазірівноважного режиму засоленості зрошуваних ґрунтів, у них, порівняно з незрошуваними, спостерігається трансформація якісного складу ґрунтового розчину, що пояснюється впливом іонно-сольового складу поливної води, в якій міститься 40-65% іонів натрію від суми катіонів.

Вміст кальцію в ґрунтовому розчині зрошуваних ґрунтів зменшується на 0,1-0,23 м-екв/100 г, що призводить до зростання співвідношення водорозчинних кальцію до натрію в орному шарі зрошуваних ґрунтів у варіантах без внесення добрив до 0,42-0,61, на ділянках з їх застосуванням – до 0,40-0,77 одиниць, при цьому цей показник у незрошуваному ґрунті знаходиться в межах 1,30-2,08.

Зменшення в зрошуваних ґрунтах співвідношення водорозчинних кальцію до натрію вказує на збільшення інтенсивності солонцевого процесу.

При зрошенні темно-каштанових ґрунтів одночасно зі зменшенням кількості солей у ґрунтовому профілі спостерігається також зміна їх якісного складу. Метаморфізація солей відбувається в результаті утворення вторинних солей за рахунок обмінних реакцій між різними солями, а також за рахунок іонно-обмінних реакцій ґрунтового розчину з ґрунтово-поглинальним комплексом.

Метаморфізм солей, коливання їх абсолютних і відносних кількостей в товщі ґрунту залежить від кількостей солей, які обумовлюють вихідне засолення ґрунту і їх склад, а також від мінералізації і якісного складу зрошувальних вод.

Відмічена пряма залежність між вмістом іонів натрію, сульфат-іонів, співвідношення кальцію до натрію в зрошувальній воді та ґрунтовому розчині зрошуваних ґрунтів (табл. 4).

Таблиця 4. – Взаємозв'язок між іонним складом зрошувальної води і ґрунту

Рік досліджень	Шар ґрунту, См	Вміст іонів, % від суми солей							$\frac{Ca^{2+}}{Na^+}$ (водорозчин.)
		CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl ⁻	SO_4^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	
Зрошувальна вода									
2001		<u>1,5-</u> <u>6,9</u> 4,1	<u>8,7-</u> <u>27,5</u> 16,3	<u>23,5-</u> <u>55,2</u> 38,8	<u>30,6-</u> <u>53,0</u> 40,8	<u>13,1-</u> <u>19,7</u> 18,0	<u>29,6-</u> <u>62,1</u> 39,8	<u>13,1-</u> <u>54,6</u> 42,4	<u>0,28-0,54</u> 0,55
	Зрошуваний ґрунт								
2001	0-30		49,2	12,3	38,5	23,1	30,8	46,1	0,5
	0-100		47,2	13,0	39,8	18,6	16,1	65,3	0,3
Зрошувальна вода									
2002		<u>1,3-</u> <u>8,5</u> 4,3	<u>16,7-</u> <u>40,1</u> 28	<u>25,1-</u> <u>52,1</u> 37,9	<u>12,3-</u> <u>48,2</u> 29,8	<u>13,3-</u> <u>35,9</u> 24,7	<u>24,0-</u> <u>40,6</u> 31,8	<u>35,9-</u> <u>49,3</u> 43,5	<u>0,32-0,89</u> 0,58
	Зрошувальний ґрунт								
2002	0-30		45,9	16,3	37,8	25,9	25,9	48,2	0,54
	0-100		40,4	15,1	44,5	18,1	24,1	57,8	0,31
Зрошувальна вода									
2005		<u>4,0-</u> <u>7,7</u> 5,8	<u>14,0-</u> <u>19,3</u> 16,2	<u>29,3-</u> <u>45,4</u> 36,8	<u>35,9-</u> <u>50,0</u> 41,2	<u>10,0-</u> <u>23,1</u> 17,1	<u>31,9-</u> <u>43,3</u> 35,9	<u>42,2-</u> <u>52,7</u> 47,0	<u>0,23-0,55</u> 0,38
	Зрошувальний ґрунт								
2005	0-30		27,3	27,3	45,4	22,7	31,4	54,5	0,42
	0-100		38,1	16,7	45,2	22,5	11,9	65,9	0,34
Зрошувальна вода									
2006		<u>3,0-</u> <u>5,9</u> 4,2	<u>5,7-</u> <u>30,5</u> 14,5	<u>32,2-</u> <u>72,2</u> 40,5	<u>19,1-</u> <u>52,5</u> 40,8	<u>14,8-</u> <u>28,0</u> 19,8	<u>20,0-</u> <u>38,2</u> 29,7	<u>41,6-</u> <u>62,9</u> 50,5	<u>0,26-0,64</u> 0,50
	Зрошувальний ґрунт								
2006	0-30		20,6	14,8	55,6	27,8	18,5	53,7	0,52
	0-100		43,8	11,1	45,1	25,7	13,9	60,4	0,43
Зрошувальна вода									
2007		<u>2,5-</u> <u>5,6</u> 4,4	<u>9,9-</u> <u>15,3</u> 12	<u>31,3-</u> <u>48,9</u> 40,6	<u>31,3-</u> <u>56</u> 43	<u>12,0-</u> <u>28,9</u> 17	<u>23,3-</u> <u>37,4</u> 30,3	<u>43,5-</u> <u>64,7</u> 52,7	<u>0,19-0,66</u> 0,59
	Зрошувальний ґрунт								
2007	0-30		28,6	17,8	53,6	31,3	17,8	50,9	0,61
	0-100		41,7	15,1	43,2	28,1	15,1	56,8	0,49

Примітка. Чисельник – діапазон вмісту; знаменник – середнє за рік досліджень

Статистичним аналізом доведено наявність взаємозв'язків співвідношення водорозчинних іонів кальцію до натрію ($\text{Ca}^{2+} : \text{Na}^+$) в ґрунтовому розчині удобрених поливних ділянок та зрошувальній воді. Виявлено тісний кореляційний зв'язок в шарі ґрунту 0-30 см ($r=0,713$) та середній ($r=0,439$) – в шарі 0-100 см (рис. 2).

Побудовані лінії тренду свідчать про стійкі тенденції збільшення цього показника протягом років досліджень. Моделювання співвідношення кальцію до натрію у 2010 р. за розрахованими рівняннями регресії дозволило отримати наступні результати: в шарі ґрунту 0-30 см цей показник збільшиться до 0,85; у 0-100 см – до 0,69.

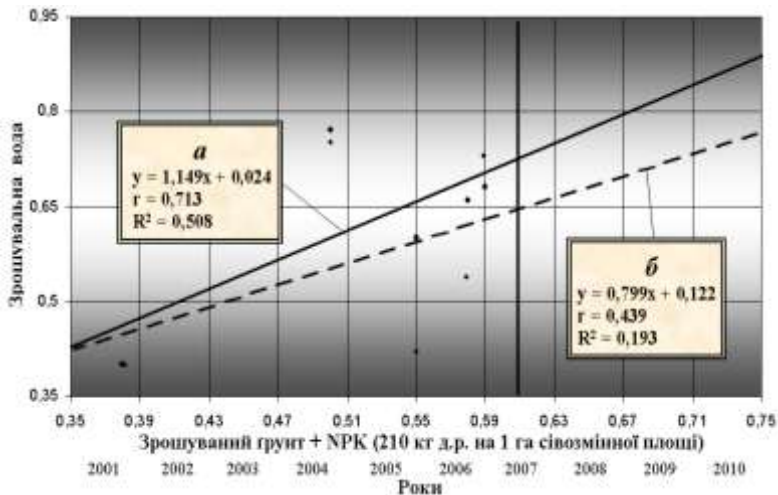


Рис. 2. Модель взаємозв'язку співвідношення водорозчинних іонів кальцію до натрію ($\text{Ca}^{2+} : \text{Na}^+$) в ґрунтовому розчині в 0-30 (а) та 0-100 см (б) шарах ґрунту й зрошувальній воді

Таким чином, тривале зрошення водами Інгулецького каналу приводить до погіршення іонно-сольового складу чорноземів південних та темно-каштанових ґрунтів, що потребує розробки та впровадження щодо збереження їх ресурсно-екологічного потенціалу. Тому слід провести заходи по захисту р. Інгулець від впливу скидних вод гірничозбагачувальних комбінатів підприємств Кривбасу.

Висновки. Зрошувальні води Інгулецького каналу підвищеної мінералізації з несприятливим відношенням натрію до кальцію впливає на ситему «ґрунтовий розчин - ґрунтовий поглинальний комплекс» змінює рівновагу обмінних процесів,

яка склалась, і формує новий якісний стан іонно-солевого комплексу.

Під впливом тривалого зрошення вміст солей в ґрунтовому розчині зрошуваних ґрунтів, порівняно з богарним, хоча і має підвищенні показники, але відмічена стабілізація їх параметрів на одному рівні внаслідок сезонно-зворотних змін, які обумовлені надходженням солей з іригаційними водами та їх вилуговуванням опадами холодного періоду.

При встановленні квазірівноважного режиму засоленості зрошуваних ґрунтів у них відбувається метаморфізація солей за рахунок іонно-обмінних реакцій ґрунтового розчину з ґрунтово-поглинальним комплексом.

Зменшення в зрошуваних ґрунтах співвідношення водорозчинних кальцію до натрію вказує на збільшення інтенсивності солонцевого процесу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гринь Г.С. Галогенез лессових почво-ґрунтів України. – К.: Урожай, 1969. – 218 с.
2. Ґрунтознавства: Підручник / Д.Р. Тихоненко, М.О. Горін, М.І. Лактінов та інш. // За редакцією Д.Г. Тихоненка. – К.: Вища освіта, 2005. – 703 с.
3. Лозовіцький П.С. Вплив тривалого зрошення слабомінералізованою водою на показники родючості чорноземів південних / Вісник аграрної науки. – 1996. - № 3. – С. 21-26.
4. Муромцев Н.Н., Блохина Н.Н., Драчинская Э.С. Оценка гидрогеолого-мелиоративного состояния орошаемых земель. – К.: Урожай. – 1991. – 120 с.
5. Полупан Н.Ы., Ковалев В.Г. Теоретичні основи формування процесу галоморфізації на зрошуваних ґрунтах України / Вісник аграрної науки. – 1994. - № 7. – С. 52-66.
6. Чесняк Г.Я. Изменение водно-солевого режима темно-каштановых почв юга УССР в условиях орошения / Материали по изучению почв юга УССР и их плодородия // Труды Укр НИИ почвоведения. – Харьков, 1988. – Т. 3. – С. 209-254.