

МЕЛІОРАЦІЯ, ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО

УДК 631.4: 631.6 (477.7)

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.15.1>

АГРОМЕЛІОРАТИВНА ОЦІНКА СТАНУ ТЕМНО-КАШТАНОВОГО ҐРУНТУ В СЕМИПІЛЬНІЙ СІВОЗМІНІ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ КУЛЬТУР ПРИ ЗРОШЕННІ МІНЕРАЛІЗОВАНОЮ ВОДОЮ

БІДНИНА І.О. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0001-8351-2519

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік
Національної академії аграрних наук України, в.о. директора
orcid.org/0000-0002-3895-5633

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ЛИХОВИД П.В. – кандидат сільськогосподарських наук, докторант
orcid.org/0000-0002-0314-7644

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Збереження родючості ґрунтів в умовах інтенсифікації землеробства на тлі стрімких змін клімату та удосконалення техніко-технологічного оснащення агропромислового комплексу поряд зі зростаючими вимогами до токсико-екологічної якості продукції рослинництва є одним із найбільш складних викликів сьогодення для аграрної науки та практики, що вимагає комплексного підходу до вирішення.

Ґрунт є одним із основних незамінних засобів сільськогосподарського виробництва, є дуже вразливим до негативного впливу природних і антропогенних факторів і, хоча і здатний до самовідтворення, останній процес є надзвичайно тривалим у часі, а під тиском ірраціонального господарювання інколи він стає взагалі неможливим, внаслідок чого спостерігається всесвітня деградація ґрунтових ресурсів, додатково посилена негативним впливом природних чинників, особливо, змінами клімату [1]. Ґрунти втрачають родючість і цінні господарські властивості внаслідок дії на них цілої низки факторів абіотичного та біотичного походження, які викликають втрати гумусу та зниження біологічної доступності поживних речовин для рослин, зниження біологічної активності корисної ґрунтової мікрофлори, переущільнення, запливання, підтоплення, підлуження, тощо. Одним із вагомих факторів втрати родючості ґрунтів та зниження продуктивності сільськогосподарських угідь є вторинне (пов'язане з антропогенною активністю, зокрема, зі зрошенням) засолення та осолонцювання, комбінований вплив погіршення агроеліоративного стану ґрунтів і несприятливих погодних умов вегетаційного періоду внаслідок глобального потепління можуть перетворитися для низки чутливих культур на летальний, результуючи в практично повній втраті врожаю [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За окремими підрахунками, на сьогодні близько 10% площі земної поверхні, або 950 млн га земель, є засоленими в тій

чи іншій мірі [3; 4]. Протидія подальшому соленакопиченню в ґрунтах планети для збереження їх родючості є важливим завданням сучасної аграрної науки, вирішення якого можливе лише за раціонального агроеліоративного моніторингу земель.

Агроеліоративний моніторинг є невід'ємною складовою раціонального ведення землеробства на зрошуваних і неполивних землях, особливо в умовах змін клімату та посилення антропогенного навантаження на природні агроєкосистеми. Його результати є основою для розробки та вживання відповідних науково обґрунтованих заходів щодо рекультивативної, захисту та попередження розвитку деградаційних процесів у ґрунтах.

Доведено, що клімат має одне з вирішальних значень у процесі акумуляції солей у верхніх шарах ґрунту. Наразі клімат-орієнтовані математичні моделі прогнозування меліоративного стану ґрунтів на тлі глобального потепління є суперечливими, але жодна з них не відкидає метеорологічні умови як основний фактор соленакопичення [5]. Невтішними є прогнози Уєо (1999), який, окрім безпосереднього негативного впливу зростання глобальної температури повітря на акумуляцію солей, вбачає додатковий негативний вплив у розширенні площ зрошуваних земель як вимушеного кроку подолання продовольчої кризи на тлі аридизації [6]. Подібну ідею висловили Eid et al. (1993) [7]. Втім, не варто спиратися тільки на негативні прогнози, оскільки, за окремими даними, сучасні тенденції до наростання середньорічної температури повітря в умовах дефіциту природного зволоження становлять найбільшу загрозу для гідроморфних ґрунтів, що знаходяться у посушливих регіонах планети, у той час як інші земельні масиви менше потерпають від індукованої кліматичними змінами детеріорації меліоративного стану [8]. Крім того, значну роль відіграватиме топографічна конфігурація ґрунтових масивів, а також особливості динаміки та кругово-

роту вологи в річному циклі. Варто мати на увазі різні підходи до математичного моделювання процесів засолення у зв'язку з кліматичними змінами, різні набори та якість вхідних даних у таких моделях, різні індикатори оцінки засоленості ґрунтів, тощо, що неминуче відобразиться на неоднорідності та несе певну невизначеність прогнозованих розрахунків [9].

Крім того, сучасна наука має в арсеналі низку ефективних шляхів подолання та мінімізації негативного впливу акумуляції солей у поверхневому шарі ґрунту, наприклад, екологічно безпечним і економічно вигідним способом є фітомеліорація за рахунок впровадження у сівозміни культур-розсолювачів [10]. Ще одним методом поліпшення меліоративного стану та зменшення акумуляції солей у поверхневому шарі ґрунту є зрошення, втім, лише за умови високої якості поливної води [8]. Так звані «опріснюючі поливи» відомі вже багато десятиліть, і вони довели свою ефективність [11]. Проте у випадку проведення поливів мінералізованою водою ефект є прямо протилежним, оскільки це створює додатковий субстрат для розвитку вторинного засолення та осолонцювання, накопичення токсичних солей та погіршення фізико-хімічних, механічних і біологічних властивостей ґрунту, особливо у разі комбінації такого зрошення з ірраціональною агротехнологією, насамперед, обробітком ґрунту та удобренням [8, 12].

Варто зауважити, що вивчення меліоративного стану зрошуваних ґрунтів у часовій динаміці за окремими масивами, які характеризуються специфічним набором природних і технологічних умов ведення землеробства, є конче необхідним для кращого розуміння теорії процесів вторинного засолення та осолонцювання, а також для розробки та впровадження науково обґрунтованих заходів поліпшення меліоративного стану ґрунтів за конкретними зонами поширення деградаційних процесів, беручи до уваги їх інтенсивність та особливості в кожному окремому випадку [13]. До того ж, в теперішній час недостатньою мірою досліджено наукові й практичні аспекти динаміки формування агро-меліоративного стану земель за умов довготривалого зрошення поливною водою різних класів якості. Тому дослідження багаторічної динаміки агро-меліоративного стану зрошуваних темно-каштанових ґрунтів у зоні дії Інгулецької зрошувальної системи, де якість поливної води впродовж усіх років її існування є стабільно низькою, є актуальним і відкриває нові можливості для впровадження раціональних ґрунтоохоронних заходів на даному земельному масиві з метою зниження темпів деградації земельного покриву та збереження родючості та продуктивності ґрунтів.

Мета. Дослідження агро-меліоративного стану зрошуваного темно-каштанового ґрунту в зоні дії Інгулецької

зрошувальної системи для розробки заходів зі збереження його родючості та попередження розвитку деградаційних процесів в умовах змін клімату.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проведені впродовж 2006–2020 рр. на дослідному полі Інституту зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук України у стаціонарному польовому досліді, який було закладено в 1971 р. на темно-каштановому середньо-суглинковому ґрунті. При розробці схеми досліді дотримувались принципу єдиної різниці, діапазону градацій факторів, який дозволяє визначити оптимальні параметри дії кожного фактору, та рекомендацій науково-дослідних установ України. Закладка польового досліді та його виконання проводились відповідно до методики польового досліді на зрошуваних землях Інституту зрошувального землеробства НААН, а також різних Державних стандартів.

Дослід проводився у семипільній сівозміні з наступним чергуванням культур: люцерна 3-х років використання, пшениця озима, кукурудза на зерно, кукурудза на силос, пшениця озима за схемою, що наведена у таблиці 1.

Площа посівної ділянки 240 м², повторність – триразова.

Агротехніка вирощування культур сівозміни загальноприйнята для даної агрокліматичної зони. Мінеральні добрива (аміачна селітра, суперфосфат) вносяться під основний обробіток ґрунту. Поливи проводили машиною ДДА-100 МА водами Інгулецького зрошувального каналу.

Аналіз іонно-сольового складу водної витяжки ґрунту визначали за методом Гедройця; гранулометричний склад – за Качинським; вміст гумусу – за методом Тюріна; агрегатний склад – за Н.І. Саввінова в модифікації К.Е. Бурзі.

Результати досліджень. Мінералізація зрошувальної води впродовж 2006-2020 рр. коливалась у межах 1,147-1,808 г/дм³, за хімічним складом вони відносилися до сульфатно-хлоридних магнієво-натрієвих за участю соди. У середньому за досліджувани роки вміст токсичних солей в еквівалентах хлору, що характеризує якість води за загрозою вторинного засолення ґрунту, становив 11,40-20,10 мекв/дм³ та відноситься до II класу (обмежено придатна для зрошення). За безпекою підлучення ґрунту, осолонцювання та токсичного впливу на рослини поливна вода також відноситься до цього ж класу якості. Величина рН води змінювалася в межах від 7,8 до 8,6. Відношення вмісту кальцію до натрію в іригаційній воді, що використовувалася у досліді, коливалась в межах 0,20-0,45, що вказує на активність катіонів натрію. Відповідно ДСТУ 2730:2015 зрошувальна вода за безпекою засолення, підлучення та осолонцювання належала до II-го класу якості – обмежено придатна для зрошення (Табл. 2).

Таблиця 1

Схема досліді

№ вар.	Варіант	Пшениця озима	Люцерна	Пшениця озима	Кукурудза на зерно	Кукурудза на силос
1	Без зрошення (без добрив) – контроль	-	-	-	-	-
2	Зрошення (без добрив)	-	-	-	-	-
3	Зрошення + добрива	N ₁₂₀ P ₉₀	N ₆₀ P ₁₀₀ K ₃₀	N ₁₂₀ P ₉₀	N ₁₅₀ P ₉₀	N ₁₅₀ P ₉₀

В умовах Інгулецької зрошувальної системи проведення поливів слабомінералізованими водами з несприятливим співвідношенням одно- і двовалентних катіонів стало причиною значних змін абіотичних факторів і, як наслідок, порушення природного функціонування дернового процесу ґрунтоутворення, на який накладалися елементи солонцевого процесу за одночасного негативного впливу солей хлоридів, сульфатів натрію та магнію, які надходили зі зрошувальною водою.

Додаткова кількість вологи та солей викликали трансформацію водного і сольового режимів, унаслідок чого відбувалася зміна вмісту солей та їх іонного складу в ґрунтовому розчині зрошуваного ґрунту. Дослідження засвідчили, що тривале зрошення водами підвищеної мінералізації вело до акумуляції легкорозчинних солей у ґрунтовому розчині та детеріорації агроеліоративного стану досліджуваного темно-каштанового ґрунту.

Так, у 2006 р. сума солей в орному (0-30 см) шарі зрошуваних варіантів зростала на 0,011-0,013%, а в метровому – на 0,016-0,019% порівняно з незрошуваним ґрунтом; у 2010 р. – відповідно на 0,012-0,017% та 0,007-0,009%; 2015 р. – відповідно на 0,012-0,021 та 0,009-0,012%; 2020 р. – відповідно на 0,023- 0,025 та 0,011- 0,014% (Табл. 3).

Паралельно збільшенню загального вмісту солей зростав і вміст токсичних солей: в орному шарі – в 1,4-1,8 та в метровому – в 1,2-1,6 рази, відповідно. Спостереження за динамікою загальної суми солей показали, що їх уміст у метровому шарі зрошуваного ґрунту є стабільним (0,095-0,104%), характерними є сезонно-оборотні зміни, які обумовлені надходженням солей з поливною водою та їх подальшим вилуговуванням опадами в осінньо-зимовий період. Не зважаючи на встановлення псевдо рівноважного сольового режиму зрошуваного темно-каштанового ґрунту в ньому, порівняно з незрошуваним, в яких уміст загальної суми солей у метровому шарі коливався в межах 0,085-0,088%, спостерігалась трансформація якісного складу ґрунтового розчину, що визначалося іонно-сольовим складом зрошувальних вод, в яких містилося 40-65% іонів натрію від загальної суми катіонів.

Вміст кальцію в ґрунтовому розчині зрошуваних ґрунтів у роки досліджень зменшився на 0,04-0,20 мекв/100 г в орному шарі та на 0,07-0,13 мекв/100 г у метровому, що призвело до звуження відношення водорозчинних кальцію до натрію (показник інтенсивності процесу осолонцювання) в орному шарі; в 2006 р. з 2,08 до 0,52-0,77, 2010 р. – з 1,81 до 0,62-0,64 одиниць, 2015 р. – з 1,70 до 0,60-0,70 і в 2020 р. – з 1,84 до 0,72-0,78 одиниць, а в метровому шарі відповідно: в 2006 р. – з 1,04 до 0,43-0,71, 2010 р. – з 0,98 до 0,51-0,60, 2015 р. – з 1,10 до 0,50-0,60, в 2020 р. – з 1,27 до 0,51-0,60.

Таблиця 2

Оцінка якості поливної води Інгулецької зрошувальної системи за агрономічними критеріями (період 2006-2020 рр.)

Середнє	Мінералізація, г/дм ³	рН	Концентрація токсичних іонів в еквівалентах Cl ⁻ , мекв/дм ³	100 Na ⁺ Ca ²⁺ + Mg ²⁺ + Na ⁺	Mg ²⁺ Ca ²⁺	Ca ²⁺ Na ⁺	Вміст іонів, мекв/дм ³				Клас води за небезпечкою (ДСТУ 2730:2015)			
							CO ₃	HCO ₃	Cl ⁻	засолення	осолонцювання	підлужність	токсичного впливу на рослини	
2006	1,425	8,6	17,74	54,8	1,8	0,29	0,19	2,59	9,40	II	II	II	III	
2007	1,147	8,3	18,20	51,6	1,8	0,35	0,11	2,29	6,94	II	II	II	II	
2008	1,580	8,2	20,10	63,7	1,8	0,20	1,16	2,86	10,34	II	II	II	II	
2009	1,526	8,0	13,14	50,0	2,1	0,32	0,00	2,81	11,11	II	II	III	III	
2010	1,775	8,1	14,05	50,1	2,1	0,32	0,00	2,32	11,56	II	II	II	II	
2011	1,808	8,3	18,91	54,4	3,1	0,31	0,09	1,16	12,53	II	II	II	II	
2012	1,599	7,9	14,08	49,0	2,6	0,29	0,00	1,08	12,01	II	II	II	II	
2013	1,528	8,1	11,40	51,8	1,6	0,45	0,00	3,20	9,20	II	II	II	II	
2014	1,565	8,3	13,76	58,2	1,8	0,35	0,13	3,17	10,24	II	II	II	II	
2015	1,633	8,0	13,69	49,7	2,2	0,31	0,00	2,07	11,56	II	II	II	II	
2016	1,596	8,2	15,46	51,2	1,9	0,33	0,15	2,99	10,27	II	II	II	II	
2017	1,432	7,8	11,48	49,6	1,8	0,36	0,003	2,94	9,47	II	II	II	II	
2018	1,661	7,9	13,36	49,6	1,7	0,38	0,00	3,59	10,98	II	II	II	II	
2019	1,581	8,1	13,99	51,0	1,9	0,33	0,00	2,62	11,72	II	II	II	II	
2020	1,489	8,0	12,90	52,2	1,6	0,37	0,00	2,96	11,05	II	II	II	II	

Примітка: I клас – придатна для зрошення; II клас – обмежено придатна для зрошення; III клас – непридатна для зрошення

Таблиця 3

Рік досліджень	Шар ґрунту, см	Вміст іонів, мекв/100 г ґрунту					Na ⁺	Сума солей, %		Ca ²⁺ Na ⁺	
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺		Mg ²⁺	загальна		токсична
Незрошуваний ґрунт без добрив											
2001	0-30	0,00	0,52	0,16	0,40	0,50	0,20	0,38	0,078	0,039	1,30
	0-100	0,00	0,68	0,20	0,40	0,49	0,29	0,50	0,091	0,051	1,00
2006	0-30	0,00	0,28	0,16	0,50	0,50	0,20	0,24	0,065	0,029	2,08
	0-100	0,00	0,52	0,16	0,50	0,50	0,20	0,48	0,085	0,045	1,04
2010	0-30	0,00	0,22	0,20	0,50	0,40	0,30	0,22	0,061	0,035	1,81
	0-100	0,00	0,44	0,24	0,57	0,48	0,28	0,49	0,088	0,051	0,98
2015	0-30	0,00	0,22	0,20	0,50	0,39	0,30	0,23	0,061	0,035	1,70
	0-100	0,00	0,47	0,27	0,57	0,50	0,28	0,47	0,087	0,050	1,10
2020	0-30	0,00	0,19	0,19	0,52	0,35	0,32	0,19	0,059	0,034	1,84
	0-100	0,00	0,43	0,29	0,59	0,52	0,29	0,41	0,088	0,049	1,27
Зрошуваний ґрунт без добрив											
2001	0-30	0,00	0,64	0,16	0,50	0,30	0,40	0,60	0,094	0,067	0,50
	0-100	0,00	0,76	0,21	0,64	0,30	0,26	1,05	0,121	0,087	0,30
2006	0-30	0,00	0,32	0,16	0,60	0,30	0,20	0,58	0,076	0,052	0,52
	0-100	0,00	0,63	0,16	0,65	0,37	0,20	0,87	0,104	0,071	0,43
2010	0-30	0,00	0,32	0,20	0,55	0,30	0,30	0,47	0,073	0,051	0,64
	0-100	0,00	0,54	0,24	0,57	0,36	0,29	0,70	0,095	0,066	0,51
2015	0-30	0,00	0,32	0,20	0,55	0,32	0,30	0,45	0,073	0,050	0,70
	0-100	0,00	0,54	0,24	0,57	0,37	0,29	0,69	0,096	0,065	0,50
2020	0-30	0,00	0,33	0,21	0,51	0,31	0,27	0,43	0,071	0,058	0,72
	0-100	0,00	0,56	0,25	0,55	0,33	0,32	0,65	0,095	0,073	0,51
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зрошуваний ґрунт + добрива											
2001	0-30	0,00	0,66	0,16	0,50	0,40	0,30	0,62	0,096	0,061	0,60
	0-100	0,00	0,71	0,16	0,58	0,35	0,27	0,83	0,106	0,073	0,40
2006	0-30	0,00	0,32	0,20	0,60	0,40	0,20	0,52	0,078	0,048	0,77
	0-100	0,00	0,54	0,21	0,67	0,43	0,26	0,73	0,101	0,063	0,71
2010	0-30	0,00	0,24	0,24	0,70	0,30	0,40	0,48	0,078	0,059	0,62
	0-100	0,00	0,46	0,26	0,68	0,40	0,33	0,67	0,097	0,067	0,60
2015	0-30	0,00	0,28	0,24	0,70	0,32	0,40	0,50	0,082	0,060	0,60
	0-100	0,00	0,48	0,26	0,68	0,41	0,33	0,68	0,099	0,067	0,60
2020	0-30	0,00	0,36	0,25	0,64	0,38	0,32	0,49	0,084	0,061	0,78
	0-100	0,00	0,49	0,28	0,73	0,39	0,30	0,65	0,101	0,059	0,60

Вплив тривалого зрошення і добрив на запаси солей в темно-каштановому ґрунті (період 2001–2020 рр.)

Рік досліджень	Шар ґрунту,	Запаси солей, т/га	
	см	загальних	токсичних
Не зрошуваний ґрунт без добрив			
2001	0-30	2,949	1,470
	0-100	12,740	7,140
2006	0-30	2,574	1,148
	0-100	11,900	6,300
2010	0-30	2,306	1,319
	0-100	12,320	7,140
2015	0-30	2,416	1,386
	0-100	12,180	7,000
2020	0-30	2,231	1,282
	0-100	12,320	6,860
Зрошуваний ґрунт без добрив			
2001	0-30	3,920	2,850
	0-100	16,848	12,700
2006	0-30	3,192	2,184
	0-100	15,600	10,650
2010	0-30	3,044	2,169
	0-100	13,228	9,634
2015	0-30	3,066	2,100
	0-100	14,400	9,750
2020	0-30	2,961	2,467
	0-100	13,228	10,656
Зрошуваний ґрунт + добрива			
2001	0-30	4,004	2,540
	0-100	15,268	10,51
2006	0-30	3,182	1,958
	0-100	14,544	9,072
2010	0-30	3,253	2,457
	0-100	13,972	9,646
2015	0-30	3,345	2,448
	0-100	14,256	9,648
2020	0-30	3,504	2,540
	0-100	14,548	8,494

Загальні запаси солей також збільшуються в зрошуваних ґрунтах, порівняно з незрошуваними, в орному шарі неудобренних варіантів збільшення в роки досліджень коливались в межах 0,618-0,971 т/га, в метровому шарі – 0,980-4,108 т/га, а в удобрених – відповідно 0,608-1,273 та 1,652-2,644 т/га. Паралельно збільшенню загального вмісту солей зростає вміст токсичних солей: в неудобренних варіантах – 0,714-1,380 та 2,494-5,560 т/га, в удобрених – відповідно 0,810-1,258 та 1,634-3,370 т/га за досліджуваними шарами темно-каштанового ґрунту (Табл. 4).

Додатково встановлено залежність співвідношення кальцію і натрію в поливній воді і ґрунтовому розчині (Табл. 5).

Під впливом тривалого зрошення хімічний склад ґрунтового розчину темно-каштанового ґрунту змінився з гідрокарбонатно-сульфатного натрієво-кальцієвого на гідрокарбонатно-сульфатний кальцієво-натрієвий.

Вміст солей у ґрунті не перевищує класифікаційно значущих величин і відповідно до класифікації засо-

леності ґрунтів за ступенем і хімізмом засолення він є незасоленим. Внесення мінеральних добрив істотно не впливало на хімізм засолення ґрунтового розчину метрового шару ґрунту порівняно зі зрошуваним варіантом без добрив.

Внаслідок трансформації якісного складу ґрунтового розчину відбулися зміни в ґрунтово-поглинальному комплексі темно-каштанового ґрунту. Під впливом 40-річного зрошення в 0-30 см шарі, в порівнянні з незрошуваним, вміст обмінного кальцію зменшувався на 0,20-0,40 мекв/100 г ґрунту, під впливом 45-річного зрошення – відповідно на 0,10-0,30 мекв/100 г, 50-річного – відповідно на 0,12-0,20 мекв/100 г. Вміст магнію і натрію зростає під впливом 40-річного зрошення на 0,80 та 0,17-0,26 мекв/100 г, під впливом 45-річного – відповідно на 0,70-0,90 та 0,13-0,23 мекв/100 г, під впливом 50-річного зрошення – відповідно на 1,18-1,30 та 0,16-0,23 мекв/100 г, що обумовило зростання солонцюватості ґрунту (Табл. 6).

Спостереження за багаторічною динамікою рівня солонцюватості 0-30 см шару ґрунту показали, що

Таблиця 5

Динамічний ряд відношень кальцію до натрію в зрошуваній воді та ґрунтовому розчині (період 2006–2020 рр.)

Об'єкт досліджень	Шар ґрунту, см	Відношення $Ca^{2+}:Na^+$ по роках досліджень														
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Зрошувальна вода	-	0,29 0,26-0,64	0,35 0,19-0,66	0,20 0,20-0,31	0,32 0,22-0,40	0,32 0,31-0,65	0,31 0,19-0,39	0,29 0,18-0,41	0,45 0,18-0,89	0,35 0,20-0,48	0,31 0,22-0,54	0,33 0,20-0,40	0,36 0,32-0,38	0,38 0,31-0,45	0,33 0,30-0,35	0,37 0,27-0,41
	0-30	0,52	0,61	0,35	0,71	0,62	0,68	0,33	0,31	0,50	0,65	0,61	0,74	0,63	0,72	0,75
Зрошуваний ґрунт	0-100	0,43	0,49	0,36	0,51	0,60	0,57	0,30	0,30	0,24	0,30	0,52	0,63	0,54	0,61	0,55

Примітка: чисельник – середне за поливний сезон; знаменник – відхилення від середнього.

Таблиця 6

Динаміка обмінних катіонів темно-каштанового ґрунту залежно від тривалості зрошення

Варіант	Рік досліджень, тривалість зрошення	Шар ґрунту, см	Вміст обмінних катіонів, мекв/100 г ґрунту			Сума обмінних катіонів, мекв/100 г ґрунту	% від суми катіонів		
			Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
Не зрошуваний ґрунт без добрив	2001 (31 рік)	0-30	13,80	4,80	0,30	18,90	73,02	25,40	1,59
	2006 (36 років)	0-30	13,20	4,80	0,30	18,30	72,13	26,23	1,64
	2010 (40 років)	0-30	12,40	4,60	0,30	17,30	71,68	26,59	1,73
	2015 (45 років)	0-30	12,20	4,60	0,35	17,15	71,14	26,82	2,04
	2020 (50 років)	0-30	12,50	4,70	0,38	17,58	71,10	26,73	2,16
Зрошуваний ґрунт без добрив	2001 (31 рік)	0-30	11,80	5,60	0,65	18,05	65,37	31,02	3,60
	2006 (36 років)	0-30	12,00	5,20	0,50	17,70	67,80	29,38	2,82
	2010 (40 років)	0-30	12,00	5,40	0,56	17,96	66,82	30,07	3,12
	2015 (45 років)	0-30	11,90	5,50	0,58	17,98	66,18	30,59	3,23
	2020 (50 років)	0-30	12,30	6,00	0,61	18,91	65,04	31,73	3,23
Зрошуваний ґрунт + добрива	2001 (31 рік)	0-30	12,20	5,20	0,65	18,05	67,59	28,81	3,60
	2006 (36 років)	0-30	12,40	4,80	0,45	17,65	70,25	27,20	2,55
	2010 (40 років)	0-30	12,20	5,40	0,47	18,07	67,52	29,88	2,60
	2015 (45 років)	0-30	12,10	5,30	0,48	17,88	67,67	29,64	2,68
	2020 (50 років)	0-30	12,38	5,88	0,54	18,80	65,85	31,28	2,87

Таблиця 7

Багаторічна динаміка рівня солонцюватості шару 0-30 ґрунту на кінець вегетації культур сівозміни (період 2011–2020 рр.)

Рік	Варіант															
	Не зрошуваний ґрунт без добрив					Зрошуваний ґрунт без добрив					Зрошуваний ґрунт + добрива					
	Na ⁺ мекв/100 г ґрунту	K ⁺ мекв/100 г ґрунту	Na ⁺ + K ⁺ % від суми основ	Ступінь солонцюва- тості*	Na ⁺ мекв/100 г ґрунту	K ⁺ мекв/100 г ґрунту	Na ⁺ + K ⁺ % від суми основ	Ступінь солонцюва- тості*	Na ⁺ мекв/100 г ґрунту	K ⁺ мекв/100 г ґрунту	Na ⁺ + K ⁺ % від суми основ	Ступінь солонцюва- тості*	Na ⁺ мекв/100 г ґрунту	K ⁺ мекв/100 г ґрунту	Na ⁺ + K ⁺ % від суми основ	Ступінь солонцюва- тості*
2001	0,3	0,4	3,6	слабкий	0,65	0,6	6,7	середній	0,65	0,6	6,7	середній	0,65	0,6	6,7	середній
2006	0,3	0,5	4,2	слабкий	0,5	0,7	6,5	середній	0,45	0,7	6,5	середній	0,45	0,7	6,3	середній
2007	0,3	0,5	4,2	слабкий	0,45	0,7	6,1	середній	0,4	0,7	6,1	середній	0,4	0,7	6,1	середній
2008	0,3	0,6	4,4	слабкий	0,5	0,6	5,8	слабкий	0,65	0,6	6,7	середній	0,65	0,6	5,3	слабкий
2009	0,28	0,6	4,5	слабкий	0,65	0,6	6,7	середній	0,46	0,6	5,3	слабкий	0,46	0,6	5,3	слабкий
2010	0,30	0,5	4,5	слабкий	0,56	0,6	6,2	середній	0,47	0,7	6,2	середній	0,47	0,7	6,2	середній
2011	0,35	0,5	4,5	слабкий	0,58	0,6	6,2	середній	0,48	0,7	6,2	середній	0,48	0,7	6,2	середній
2015	0,35	0,5	4,5	слабкий	0,58	0,6	6,2	середній	0,48	0,7	6,2	середній	0,48	0,7	6,2	середній
2020	0,38	0,6	4,8	слабкий	0,61	0,7	6,7	середній	0,54	0,7	6,4	середній	0,54	0,7	6,4	середній

* Примітка: згідно класифікації ДСТУ 3866-99.

Таблиця 8

Вплив тривалого зрошення на структурний склад орного шару темно-каштанового ґрунту (середнє за період 2006–2020 рр.)

	Розмір агрегатів, мм (вміст, %)																
	Не зрошуваний ґрунт без добрив					Зрошуваний ґрунт без добрив											
	>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25								
30,98	8,58	5,96 0,38	9,23 4,16	9,8 2,96	14,16 3,66	9,2 5,0	7,07 17,86	5,07 65,98									
34,97	10,0	7,21 0,84	7,87 1,06	6,58 0,62	11,48 1,20	6,38 6,34	7,80 18,0	7,71 71,94									
32,27	9,10	7,15 0,72	8,20 1,30	8,75 0,86	13,79 1,30	6,84 7,36	6,98 19,12	6,92 69,34									

Таблиця 9

Вплив тривалого зрошення на якісний склад структури орного шару темно-каштанового ґрунту, % (середнє за період 2006–2020 рр.)

Агрегованість ґрунту, сума агрегатів >0,25 мм	Дисперсність (розпиленість), сума агрегатів >0,25 мм	Брилуватість ґрунту, сума агрегатів		Мілі фракції ґрунту, 0,25-1 мм	Агрономічно цінні фракції, 0,25-10, мм	Найбільш цінні фракції		Коефіцієнт структурності	Коефіцієнт водостійкості
		>10 мм	>5 мм			1-5 мм	1-3 мм		
94,93 34,02	5,07 65,98	30,98	45,52	16,27 22,86	64,95 34,02	33,19 10,78	23,96 6,62	1,80	0,36
92,29 28,06	7,71 71,94	34,97	52,18	14,18 24,34	57,32 28,06	25,93 2,86	18,06 1,82	1,34	0,30
93,08 30,66	6,92 69,34	32,27	48,52	13,82 26,48	60,81 30,66	30,74 3,46	22,54 2,16	1,55	0,33

Примітка: чисельник – сухе просіювання, знаменник – мокре просіювання.

в останні десять років (Табл. 7) процес вторинного осолонцювання знаходився у псевдо рівноважному стані. Сума обмінних натрію і калію коливалася в межах 5,8-6,7% від суми основ, тобто на рівні слабкого і середнього ступеня.

Встановлено, що не зважаючи на установлення псевдо рівноважного стану солонцевого процесу в орному шарі розвиток іригаційного осолонцювання поширювався й на підорний шар, де кількість обмінного натрію зросла на 1,0-1,1% від суми катіонів порівняно з незрошуваним варіантом.

Зрошення та інтенсивне сільськогосподарське використання темно-каштанового ґрунту позначилося на його структурно-агрегатному складі, співвідношенні мезоагрегатів різних розмірів, їх водостійкості (Табл. 8-9).

Дослідження показали, що після 50-річного зрошення кількість агрономічно цінних агрегатів зменшилася у варіанті без добрив на 7,63%, найбільш агрономічно цінних розміром 1-5 мм – на 7,26% при зростанні брилуватості на 3,99%. Коефіцієнт структурності під впливом зрошення зменшився з 1,80 до 1,34. За шкалою оцінки структурно-агрегатного складу зрошуваний ґрунт характеризується як незадовільний. Добрива незначною мірою впливали на покращення структурного складу ґрунту.

Висновки. За результатами проведеного багаторічного дослідження щодо якості зрошувальної води Інгулецької зрошувальної системи та агроеліоративного моніторингу зрошеного темно-каштанового ґрунту було встановлено наступні закономірності:

Поливна вода Інгулецької зрошувальної системи за агрономічними критеріями належить до II класу якості та є обмежено придатною для зрошення через високу небезпеку активації процесів вторинного засолення та осолонцювання ґрунту при тривалому зрошенні, зміщуючи катіонно-аніонну рівновагу ґрунтового розчину та сприяючи акумуляції токсичних солей, а також інтенсивному осолонцюванню;

Тривале зрошення темно-каштанового ґрунту водою II класу якості сприяло вищому накопиченню загальних і токсичних солей в орному та метровому шарах ґрунту, інверсії кальцієво-натрієвого відношення в основному за рахунок зниження активності катіонів кальцію та зростання останньої катіонів натрію і калію, росту ризиків вторинного осолонцювання ґрунту та погіршення його структури та фізико-механічних властивостей;

Удобрення не має вирішального впливу на агроеліоративний і структурний стан темно-каштанового ґрунту, не може слугувати надійним засобом поліпшення його властивостей, втім, цілком передбачувано поліпшуватиме продуктивність слабосолонцюватого ґрунту за рахунок покращення живлення культурних рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Gebremedhin M., Coyne M. S., Sistani K. R. How Much Margin Is Left for Degrading Agricultural Soils? The Coming Soil Crises. *Soil Systems*. 2022. Vol. 6(1). P. 22.
2. Lykhover P. Irrigation needs in Ukraine according to current aridity level. *Journal of Ecological Engineering*. 2021. Vol. 22(8). P. 11-18.

3. Szabolcs I. The global problems of salt affected soils. *Acta Agronomica Hungarica*. 1987. Vol. 36(1-2), 159-172.
4. Szabolcs I. Mapping of salt affected soils. *Agrokemia es Talajtan*. 1989. Vol. 4. P. 745-756.
5. Szabolcs I. Impact of climatic change on soil attributes: influence on salinization and alkalization. *Developments in soil science*. 1990. Vol. 20. P. 61-69.
6. Yeo A. Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. *Scientia Horticulturae*. 1998. Vol. 78(1-4). P. 159-174.
7. Eid H. M., Bashir M. I., Ainer N. G., Rady M. A. Climate change crop modelling study of sorghum, *Annals of Agricultural Sciences*. 1993. Vol. 1. P. 219-234.
8. Okur B., Örcen N. Soil salinization and climate change. *Climate change and soil interactions*. 2020. P. 331-350.
9. Schofield R. V., Kirkby M. J. Application of salinization indicators and initial development of potential global soil salinization scenario under climatic change. *Global Biogeochemical Cycles*. 2003. Vol. 17(3). P. 1078.
10. Lavrenko N., Lavrenko S., Revto O., Lykhovyd P. Effect of tillage and humidification conditions on desalination properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Ecological Engineering*. 2018. Vol. 19(5). P. 70-75.
11. Ушкаренко В. О. *Зрошуване землеробство*. К.: Урожай. 1994. 325 с.
12. Lykhovyd P. V., Lavrenko S. O. Influence of tillage and mineral fertilizers on soil biological activity under sweet corn crops. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 7(4), 18-24.
13. Лавриненко Ю. О., Вожегова Р. А., Коковіхін С. В., Писаренко П. В., Найдьонов В. Г., Михаленко І. М. *Кукурудза на зрошуваних землях Півдня України*. Херсон: Айлант. 2011. 468 с.
- on desalination properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Ecological Engineering*, 19(5), 70-75.
11. Ushkarenko, V. O. (1994). *Zroshuvane zemlerobstvo [Irrigated Agriculture]*. Kyiv, Urozhaj. 325 pp. [In Ukrainian]
12. Lykhovyd, P. V., & Lavrenko, S. O. (2017). Influence of tillage and mineral fertilizers on soil biological activity under sweet corn crops. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(4), 18-24.
13. Lavrynenko, Yu. O., Vozhehova, R. A., Kokovikhin, S. V., Pysarenko, P. V., Naidionov, V. H., & Mykhalenko, I. M. (2011). *Kukurudza na zroshuvanykh zemliakh Pivdnia Ukrainy [Corn on the irrigated lands of Southern Ukraine]*. Kherson, Ailant. 468 pp. [In Ukrainian]

**Біднина І.О., Вожегова Р.А., Лиховид П.В.
Агромеліоративна оцінка стану темно-каштанового ґрунту в семипільній сівозміні за різних систем удобрення культур при зрошенні мінералізованою водою**

Мета. Дослідження агрономічного стану зрошуваного темно-каштанового ґрунту семипільної сівозміни в зоні дії Інгулецької зрошувальної системи за різних систем удобрення культур для розробки заходів зі збереження родючості та попередження розвитку деградаційних процесів в умовах змін клімату.

Методи. Польові та лабораторні дослідження, а також камеральна обробка результатів виконувалися відповідно до сучасних вимог і стандартів дослідної справи в агрономії та землеробстві. Зразки води та ґрунту аналізувалися відповідно до чинних стандартів агрохімічного та меліоративного аналізу.

Результати. Вода Інгулецької зрошувальної системи за весь період досліджень (2006–2020 рр.) належала до II класу якості за агрономічними критеріями. Внаслідок тривалого зрошення мінералізованою водою з підвищеним вмістом натрію темно-каштановий ґрунт зазнав деградаційних процесів, а саме: зростав вміст солей в орному та метровому шарах, особливо токсичних – в орному шарі в 1,4-1,8 разів, у метровому в 1,2-1,6 рази; відбувалася інверсія кальцієво-натрієвого відношення в ґрунті за рахунок витіснення кальцію натрієм у ґрунтового вбирному комплексі; хімічний склад ґрунтового розчину темно-каштанового ґрунту внаслідок тривалого зрошення водою Інгулецької зрошувальної системи змінився з гідрокарбонатно-сульфатного натрієво-кальцієвого на гідрокарбонатно-сульфатний кальцієво-натрієвий; за 50-річний період внаслідок впливу мінералізованої зрошувальної води зменшилася кількість агрономічно цінних агрегатів за збільшення брилуватості ґрунту на 3,99% та зниження коефіцієнту структурності з 1,80 до 1,34.

Висновки. Тривале зрошення мінералізованою водою Інгулецької зрошувальної системи з несприятливим катіонно-аніонним складом істотно вплинуло на агрономічній стан темно-каштанового ґрунту зрошуваної семипільної сівозміни, що знайшло відображення в деградаційних процесах вторинного засолення, накопичення токсичних солей в ґрунті, зростанні ризику осолонцювання та погіршенні структурних та фізико-механічних властивостей ґрунту. Система удобрення істотно не впливала на досліджувані параметри ґрунту.

Ключові слова: зрошення, закономірності, водорозчинні солі, осолонцювання, меліорація, моніторинг.

REFERENCES:

1. Gebremedhin, M., Coyne, M. S., & Sistani, K. R. (2022). How Much Margin Is Left for Degrading Agricultural Soils? The Coming Soil Crises. *Soil Systems*, 6(1), 22.
2. Lykhovyd, P. (2021). Irrigation needs in Ukraine according to current aridity level. *Journal of Ecological Engineering*, 22(8), 11-18.
3. Szabolcs, I. (1987). The global problems of salt affected soils. *Acta Agronomica Hungarica*, 36(1-2), 159-172.
4. Szabolcs, I. (1989). Mapping of salt affected soils. *Agrokemia es Talajtan*, 4, 745-756.
5. Szabolcs, I. (1990). Impact of climatic change on soil attributes: influence on salinization and alkalization. In *Developments in soil science* (Vol. 20, pp. 61-69). Elsevier.
6. Yeo, A. (1998). Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. *Scientia Horticulturae*, 78(1-4), 159-174.
7. Eid, H. M., Bashir, M. I., Ainer, N. G., & Rady, M. A. (1993). Climate change crop modelling study of sorghum, *Annals of Agricultural Sciences*, 1, 219-234.
8. Okur, B., & Örcen, N. (2020). Soil salinization and climate change. In *Climate change and soil interactions* (pp. 331-350). Elsevier.
9. Schofield, R. V., & Kirkby, M. J. (2003). Application of salinization indicators and initial development of potential global soil salinization scenario under climatic change. *Global Biogeochemical Cycles*, 17(3), 1078.
10. Lavrenko, N., Lavrenko, S., Revto, O., & Lykhovyd, P. (2018). Effect of tillage and humidification conditions

Bidnyna I.O., Vozhehova R.A., Lykhovyd P.V.
Agromeliorative assessment of the conditions of the dark-chestnut soil in the seven-field crop rotation at different fertilization systems under irrigation with mineralized water

Purpose. Studying agromeliorative conditions of the irrigated dark-chestnut soil in the seven-field crop rotation in the zone of the Ingulets irrigation system at different fertilization systems for the development of measures for soil fertility preservation and degradation prevention in the context of climate change.

Methods. Field and laboratorian trials as well as calculation of the data were carried out with accordance to current requirements and standards of scientific research in agronomy and agriculture. Water and soil samples were analyzed with accordance to current standards of agrochemical and meliorative analysis.

Results. The water of the Ingulets irrigation system for the whole period of the study (2006-2020) belonged to the second class of the quality by agronomical criteria. Prolonged irrigation with such a water with increased sodium content resulted in degradation processes, namely: salt content increased in arable and meter soil layers, especially at the expense of toxic ones –1.4-1.8 times

in arable, and 1.2-1.6 times in meter layer; inversion of calcium-sodium relationship in the soil was observed because of replacement of calcium with sodium in the soil absorbing complex; chemical content of the soil solution of the dark-chestnut soil changed because of prolonged irrigation with the Ingulets irrigation water from hydro carbonate-sulphate sodium-calcium type to hydro carbonate-sulphate calcium-sodium type; 50-year period of the mineralized water impact resulted in the decrease in agronomically valuable aggregates, increase in the clogging by 3.99%, and decrease in the coefficient of structure from 1.80 to 1.34.

Conclusions. Prolonged irrigation with the mineralized water of the Ingulets irrigation system with unfavorable cation-anion content significantly affected on the agromeliorative conditions of the dark-chestnut soil in the seven-field irrigated crop rotation that is evident through degradation processes of secondary salinization, accumulation of toxic salts in the soil, increased risks of alkalization and deterioration of structure and physic-mechanical soil properties of the soil. Fertilization system had no significant impact on the studied soil parameters.

Key words: irrigation, regularities, water-soluble salts, alkalization, land reclamation, monitoring.