

**Lyudmila Vorotyntseva, Cand. Sci. (Agric.), Senior Researcher**

*NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research  
named after O.N.Sokolovsky», e-mail chief\_chief@mail.ru*

## **THE DIRECTION OF THE SOIL PROCESSES AND REGIMES OF CHERNOZEMS ORDINARY IN THE NORTHERN STEPPE UNDER IRRIGATION AND OUTPUTTED FROM IRRIGATION**

**Purpose.** Study the orientation of soil processes and regimes, evolution properties chernozem ordinary of northern Steppe of Ukraine under long-term impact of irrigation and outputted from irrigation for recommendations for the resuming of irrigation for sustainable land use in this area. **Methods.** Field, analytical, statistical. **Results.** It was defined the direction of the soil processes and regimes and evolution of the physical, physico-chemical properties of chernozem ordinary by irrigation of unsuitable waters in the feed and vegetable crop rotation.

It was found that irrigation has led to salinization and alkalization of the soil profile (up to a low degree), higher migration capacity and content of mobile heavy metals, the development process clayization. Mineralization of water was 2.5 g/dm<sup>3</sup>, pH 8.0, the composition of salts is chloride-sulfate magnesium-sodium type. The mobilization of soluble salts, activation of halohimical were determined. This processes led to the transformation of the quality of the water-soluble salts, increase in concentration of toxic ions compared to the unirrigated analogue. The content of toxic salts increased from 0,04% to 0,13-0,15% on the soil profile (150 cm) with increasing the concentration of chlorides and sulfates of magnesium and sodium. The soil is classified as mild salted. The ratio of soluble Ca<sup>2+</sup>: Na<sup>+</sup> in the the soil profile (0-150 cm) narrowed significantly - from 5-14: 1 and 0.4-0.6: 1.

In the conditions of outputted from irrigation (for 4 years) observed a tendency of rend of gradual renaturalization, restoring properties of chernozem ordinary in the direction of unirrigated soils, but with preservation of higher concentrations of sodium salts in lower horizons.

During the intensive irrigation the composition of absorbed soil cations was eaten changed. The soil is classified as weakly alkalization. The content of absorbed cations Na + K was 5.3% and 4.8%. After outputted from irrigation the the content of absorbed sodium decreased, the tendency of gradual displacement of calcium and sodium eaten up the development process dealkalinization.

Intensive irrigation has led to the increase of silt fraction from 46-47% to 53-58% and fractions medium and fine dust dispersion due to weathering and coarse fraction of sand and dust. Grain size distribution has become heavier. For 4-year of outputted from irrigation substantial changes in grain size did not take place.

The irrigation increased the migration of heavy metals in the soil. Priority pollutants are the cadmium, lead, nickel, cobalt. Their concentration

*in the 0-50 cm layer exceeds background content respectively in 6-8, 13-16, 3-7, 6-8 times.*

**Keywords:** *heavy metals, outputted from irrigation soil, salinization, irrigation, alkalinization, ordinary chernozem.*

УДК 631.4:631.6

**Л. И. Воротынцева, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотрудник**

*Национальный научный центр  
«Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского»  
e-mail chief\_chief@mail.ru*

### **НАПРАВЛЕННОСТЬ ПОЧВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И РЕЖИМОВ В ЧЕРНОЗЕМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ СЕВЕРНОЙ СТЕПИ ПРИ ОРОШЕНИЯ И ВЫВЕДЕНИИ ИЗ ОРОШЕНИЯ**

*Приведены результаты мониторинговых исследований по изучению направленности почвенных процессов и режимов, эволюции свойств чернозема обыкновенного Северной Степи при длительном влиянии орошения непригодными водами в условиях кормо-овощного севооборота и после прекращения орошения. Установлено, что орошение привело к засолению и осолонцеванию почвенного профиля (до слабой степени), повышению миграционной способности и содержания подвижных соединений тяжелых металлов, развитию процессов оглинивания.*

*После прекращения орошения почвы (в течение четырех лет) происходит постепенная его ренатурализации и восстановление параметров показателей, присущих неорошаемым аналогам, однако скорость этих процессов разная.*

**Ключевые слова:** *тяжелые металлы, выведенная из орошения почва, засоление, орошение, осолонцевание, чернозем обыкновенный.*

УДК 631.4:631.6

**Л. І. Воротинцева, канд. с.-г. наук, ст. наук. співробітник**

*Національний науковий центр  
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»  
e-mail chief\_chief@mail.ru*

### **НАПРАВЛЕНІСТЬ ҐРУНТОВИХ ПРОЦЕСІВ І РЕЖИМІВ У ЧОРНОЗЕМАХ ЗВИЧАЙНИХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ ЗА ЗРОШЕННЯ ТА ВИЛУЧЕННЯ ЗІ ЗРОШЕННЯ**

*Наведено результати моніторингових досліджень з вивчення направленості ґрунтових процесів і режимів, еволюції властивостей чорнозему звичайного Північного Степу за довготривалого впливу зрошення непридатними водами в умовах кормо-овочевої сівозміни та*

після припинення зрошення. Встановлено, що зрошення призвело до засолення й осолонювання ґрунтового профілю (до слабого ступеня), підвищення міграційної здатності та вмісту рухомих сполук важких металів, розвитку процесів оглинювання.

Після припинення зрошення ґрунту (протягом чотирьох років) та богарного землекористування відбувається поступова його ренатуралізація та відновлення параметрів показників, притаманних незрошуваним аналогам, однак, зворотність ґрунтових процесів має різну швидкість.

**Ключові слова:** важкі метали, вилучений зі зрошення ґрунт, засолення, зрошення, осолонювання, чорнозем звичайний.

**Вступ.** Для зони Степу одним із лімітуючих факторів ефективного використання агроресурсного потенціалу та сталого розвитку сільськогосподарського виробництва є рівень природного вологозабезпечення. На початку 90-х років минулого століття площа зрошуваних земель в Україні досягала 2,6 млн/га, і меліоровані землі виконували роль страхового фонду у продовольчому забезпеченні у роки з несприятливими кліматичними умовами.

Але погіршення економічної ситуації в Україні ускладнило ефективність функціонування водогосподарського комплексу, що призвело до скорочення площ зрошуваних земель (Наукові основи..., 2009). Однією із вагомих причин є зміна форми власності і пов'язане з цим розпаювання землі, яке призвело до порушення цілісності раніше побудованих меліоративних систем. Так, за даними Держводагенства України, у 2014 р. було полито 476,6 тис. га із наявних 1768,9 тис. га (дані наведено без врахування АР Крим), тобто лише 27 % від наявної площі, решта земель є фактично вилученими зі зрошення.

Але в останні роки у зв'язку зі зростанням залежності ведення землеробства від кліматичних умов, для забезпечення продовольчої безпеки країни нагальним є питання щодо відновлення ефективного використання наявного потенціалу зрошуваних земель (Концепція..., 2014). Резервним фондом при цьому можуть слугувати вилучені зі зрошення землі.

**Мета досліджень** – вивчення направленості ґрунтових процесів і режимів, еволюції властивостей чорнозему звичайного Північного Степу за довготривалого впливу зрошення та після його припинення (за богарного землекористування) з метою розробки рекомендацій щодо можливості відновлення зрошення для забезпечення сталого землекористування в цій зоні.

**Об'єкти та методи досліджень.** Об'єкт досліджень – чорнозем звичайний малогумусний легкоглинистий на лесовидному суглинку. Динаміку змін його властивостей та спрямованість ґрунтових процесів і режимів за довготривалого впливу зрошення та після його припинення вивчали впродовж 2002–2013 рр. у Первомайському стаціонарі (Північний Степ) – на стаціонарних моніторингових площадках, закладених у виробничих умовах на землях ДП «Ілліч-Агро Донбас» (раніше ТОВ «Авдіївський») Ясинуватського р-ну Донецької обл. (с. Первомайське) з використанням методу ключів-аналогів (Інструкція..., 2002). Зрошувана площадка закладена на одному з полів кормо-овочевої сівозміни, іригація проводилася протягом 50 років водою із місцевого ставка дощувальною

технікою ДДА-100, а з 2009 р. поливи припинено. Сівозміна містила чергування культур: 1. озима пшениця, 2. столовий буряк, 3. капуста, перець. 4. цибуля; 5. ячмінь; 6. помідори, огірки; 7. кукурудза МВС.

Проби ґрунту для аналізування відбирали у весняний період до проведення поливів та восени після закінчення вегетаційного періоду. У ґрунті визначали сольовий склад методом водної витяжки (за ГОСТ 26424-85–26428-85); уміст увібраних катіонів – методом Тюриня; рухомих форм важких металів (ВМ), що вилучаються ацетатно-амонійним буферним розчином з рН-4,8 (ДСТУ 4770.1:2007-4770.9:2007) та 1н НСІ, гранулометричний і мікроагрегатний склад – методом піпетки в модифікації Н. А. Качинського (ДСТУ 4730:2007, ДСТУ 4728:2007). У зрошувальній воді визначали сольовий склад, уміст ВМ; у рослинній продукції – вміст ВМ. Для обробки даних використовували дисперсійний та статистичний аналізи, методи синтезу й аналізу.

**Результати та обговорення.** Зрошувальна вода з місцевого ставка за агрономічними критеріями (ДСТУ 2730-94) оцінювалася як обмежено придатна за небезпекою іригаційного засолення, підлуження, токсичного впливу на рослини та непридатна за небезпекою осолонцювання ґрунту (табл. 1). За екологічними критеріями (за ДСТУ 7286:2012) вона є обмежено придатною за вмістом кадмію і непридатна за вмістом свинцю і кобальту. Мінералізація води становила 2,5 г/дм<sup>3</sup>, реакція її слаболужна – рН 8,0, склад солей хлоридно-сульфатного магнієво-натрієвого типу. Вода забруднена токсичними металами - свинцем, кадмієм і кобальтом.

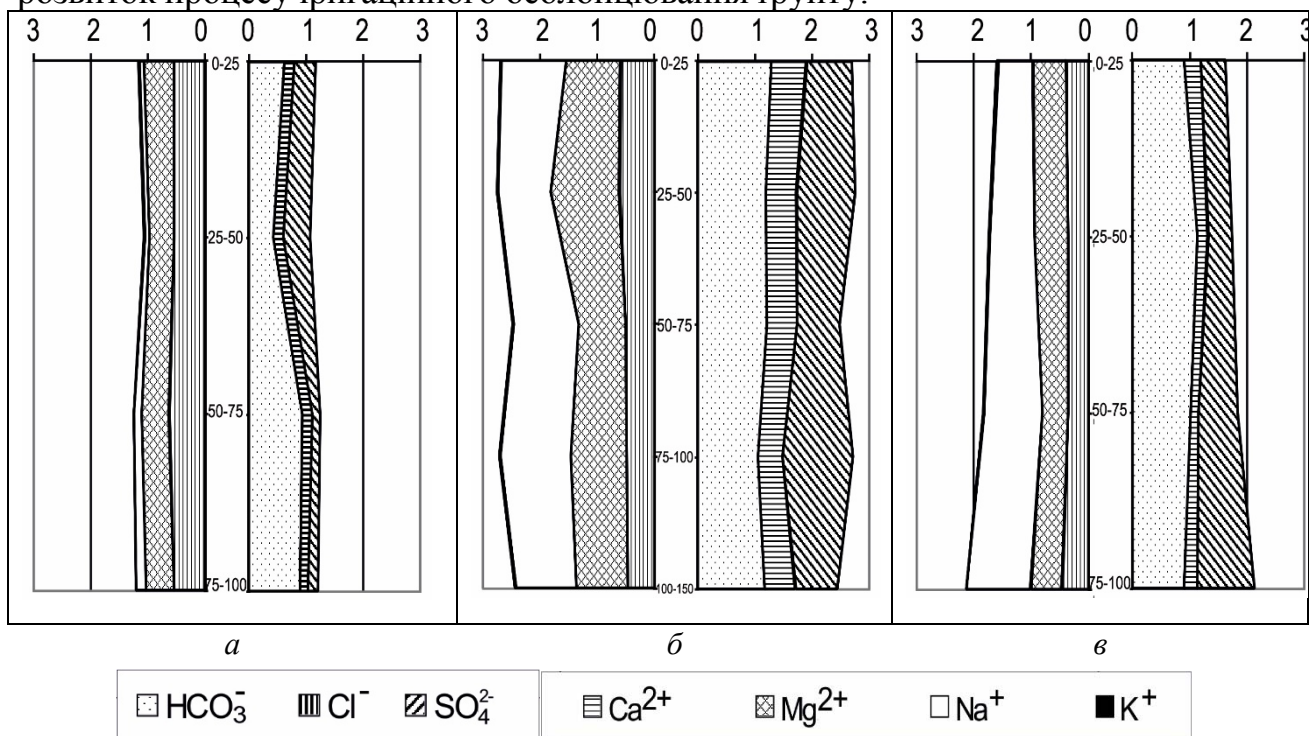
### 1. Хімічний склад зрошувальної води

Вміст солей, г/дм <sup>3</sup>	рН	Вміст іонів, мекв/дм <sup>3</sup>						Іригаційна оцінка за небезпекою			
		НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup>	СІ <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	засолення	осолонцювання	підлуження	токсична дія на рослини
2,5	8,0	6,0	9,0	22,9	7,5	12,2	18,2	2 кл.	3 кл.	2 кл.	2 кл.
Вміст важких металів, мг/дм <sup>3</sup>										іригаційна оцінка за екологічними критеріями	
Zn	Mn	Fe	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Сума		
0,023	0,450	0,138	0,006	0,039	0,045	0,130	0,007	0,010	0,85	2 клас за вмістом Cd 3 клас за вмістом Pb, Co;	

Узагальнення та аналіз даних багаторічних досліджень засвідчили «чутливість» чорнозему звичайного до дії зрошувальної води підвищеної мінералізації, що проявляється у зміні ландшафтно-екологічної ситуації, розвитку нових, невластивих незрошуваним ґрунтам (як швидкоплинних, так і довготривалих), процесів, що призвело до трансформації його фізичних, фізико-хімічних властивостей, які визначають екологічні та продуктивності функції ґрунту.

Зміна водного режиму ґрунтового-підґрунтової товщі за інтенсивного систематичного зрошення непридатною водою сприяла мобілізації легкорозчинних солей (рис. 1), активізації галохімічних процесів, що призвело до трансформації якісного складу водорозчинних солей у бік зростання концентрації токсичних іонів

порівняно із незрошуваним аналогом, що також підтверджується нашими дослідженнями на інших об'єктах (Найдьонова О. Є., 2015). Так, вміст токсичних солей зріс з 0,04 % до 0,13-0,15 % по всьому профілю ґрунту (до 150 см) за рахунок підвищення концентрації хлоридів і сульфатів магнію і натрію з формуванням горизонту сольових акумуляцій на глибині 75–100 см, що за означеного типу засолення характеризує ґрунт як слабозасолений. У результаті зрошення відбулося підвищення лужності ґрунтового розчину – рН зріс з 7,0–7,2 до 7,8–7,9. У сезонній та багаторічній динаміці характерним є сезонно-зворотний тип накопичення солей з тенденцією до зростання їх концентрації. Внаслідок активного вимивання кальцію за тривалого зрошення відбулося значне звуження співвідношення водорозчинних  $\text{Ca}^{2+}$ :  $\text{Na}^{+}$  по всьому профілю (0–150 см) – з 5–14:1 до 0,4–0,6:1, що свідчить про розвиток процесу іригаційного осолонцювання ґрунту.



а – незрошуваний ґрунт, б - зрошення 50 років, в – вилучений зі зрошення ґрунт (4 роки)

**Рис. 1. Сольові профілі чорнозему звичайного**

В умовах припинення зрошення (протягом 4 років) відмічається тенденція щодо поступової ренатуралізації, відновлення властивостей чорнозему звичайного у бік незрошуваних аналогів, але зі збереженням підвищеного вмісту натрієвих солей у нижніх горизонтах (50–75, 75–100 см). Відбувається активізація швидкооборотних процесів розсолонення ґрунтового профілю, насамперед верхньої півметрової товщі, за рахунок вимивання легкорозчинних солей атмосферними опадами та міграції їх вглиб. Наслідком цього є зниження концентрації токсичних солей до 0,04 %, вмісту увібраного натрію – у 1,9 рази, особливо у верхньому шарі, розширення співвідношення  $\text{Ca}^{2+}$ :  $\text{Na}^{+}$  до 0,8–1,0:1 зниження рН на 0,2–0,4 одиниці. Загалом можна констатувати, що чотирирічного постіригаційного періоду недостатньо для відновлення сольових характеристик чорнозему звичайного, що поливався водою 3 класу до значень, притаманних незрошуваним аналогам.

Нашими дослідженнями встановлено, що за інтенсивного зрошення впродовж 42–50 – річного періоду суттєво змінився склад увібраних основ у ґрунтовому вбирному комплексі чорнозему звичайного, і ґрунт набув ознак слабого ступеня солонцюватості (рис. 2). Уміст увібраних Na+K від суми катіонів становив 5,3 і 4,8 %. Концентрація увібраного кальцію за зрошення знизилася до 28–30 мекв/100 г, а магнію навпаки зросла у 1,2–1,3 раза, що свідчить про розвиток магнієвої солонцюватості нарівні з натрієвою. Тому за зрошення непридатною водою слід обов'язково проводити меліорацію ґрунту із застосуванням комплексу агро меліоративних заходів.

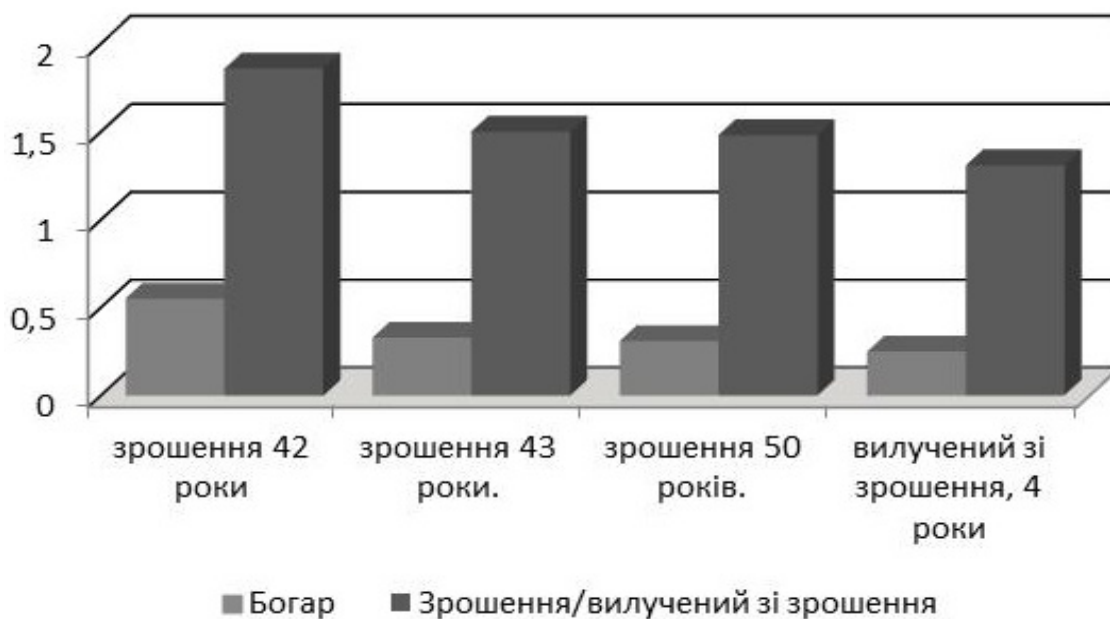


Рис. 2. Уміст увібраного натрію у ґрунті, мекв/100 г ґрунту

Після припинення зрошення ґрунту відмічається тенденція щодо поступового витіснення увібраного натрію кальцієм і розвиток процесу розсолонцювання, хоча цей процес є повільнозворотним. Слід відмітити, що чотирирічного постіригаційного періоду недостатньо для відновлення складу увібраних катіонів до значень незрошеного ґрунту. Хоча вміст увібраних Na+K поступово і зменшився до 4,0 %, ступінь солонцюватості ґрунту все ж таки зберігався на рівні слабого.

Одним із важливих показників ґрунту є гранулометричний склад. Так, незрошений чорнозем звичайний характеризувався легкоглинистим крупнопилувато-мулуватим складом з умістом фізичної глини у кореневмісному шарі 0–50 см на рівні 69–71 %. Інтенсивне довгострокове зрошення призвело до збільшення вмісту фракції мулу від 46–47 % до 53–58 % та фракції середнього і дрібного пилу за рахунок процесів внутрішньоґрунтового вивітрювання та диспергації фракції піску і крупного пилу. Оглинення профілю ґрунту супроводжувалося тенденцією до обваження гранулометричного складу. Так, уміст фізичної глини підвищився до 75%, що відповідає верхній межі легкоглинистого складу. Визначення мікроагрегатного складу показало руйнування мікроструктури

грунту та зниження її стійкості, про що свідчить підвищення фактора дисперсності за Качинським від 6,0 до 11,5 %.

За чотирирічний період вилучення чорнозему звичайного зі зрошення суттєвих змін у гранулометричному складі не відбулося, відмічається лише тенденція щодо зменшення вмісту мулистій фракції, що свідчить про слабку зворотність такого процесу.

Важливим аспектом за зрошення непридатними водами є контроль екологічної ситуації за показниками вмісту у ґрунті та рослинницькій продукції ВМ (Заходи..., 2014). Аналіз вмісту у ґрунті (на глибину 0-300 см) рухомих форм металів, що вилучаються 1 н НСІ та ацетатно-амонійним буферним розчином, свідчить про підвищення концентрації та міграційної здатності сполук в умовах зрошення порівняно із незрошуваним аналогом. Для глибокопрофільного розподілу характерним є процес вилуговування рухомих форм ВМ із кореневмісного шару вглиб, більш рівномірний розподіл їх у ґрунтовій товщі та формування двох горизонтів акумуляції на глибині 50–75 см та 150–200 см. Пріоритетними забруднювачами ґрунту виступають кадмій, свинець, нікель, кобальт, концентрація яких у верхньому 0–50 см шарі перевищує фоновий уміст відповідно у 6–8, 13–16, 3–7, 6–8 разів, що вище значень гранично допустимої концентрації (ГДК) за вмістом свинцю в 1,4, нікелю – 1,8 раза. У сезонному та багаторічному циклі слід відмітити коливання значень концентрації металів, що насамперед, пов'язано як із впливом зрошувальної води, так і з аеральним надходженням їх з викидами промислових підприємств та автотранспорту.

Забруднення ґрунту ВМ створює загрозу підвищення транслокації і накопичення токсикантів у вирощуваній овочевій продукції (табл. 2). Аналіз якості продукції свідчить, що вміст токсичних сполук свинцю у буряку, помідорах та огірках перевищував ГДК у 1,4-1,5 рази; кадмію – у помідорах та цибулі – у 1,3 раза, що небезпечно для людини.

У ґрунті, вилученому зі зрошення, за рахунок зміни водно-сольового режиму та відсутності додаткового джерела надходження відмічається зниження рухомості металів та зменшення їх абсолютного вмісту із наближенням до значень незрошеного аналога, за виключенням незначного перевищення концентрації свинцю, кадмію і кобальту.

## 2. Уміст ВМ у продукції овочевих і зернових культур зрошуваної сівозміни

Культура	Уміст металів, мг/кг (овочеві – на сиру речовину, зернові – на суху речовину)							
	Zn	Mn	Fe	Cu	Ni	Co	Pb	Cd
Буряк столовий	2,21	5,27	23,87	0,71	0,29	0,31	0,71	0,021
Капуста	0,66	0,74	1,60	0,12	0,20	0,21	0,24	0,016
Помідори	5,48	4,03	12,8	0,41	0,25	0,40	0,73	0,038
Огірки	6,36	0,59	5,75	0,63	0,30	0,27	0,69	0,026
Перець солодкий	0,66	0,15	1,12	0,04	0,12	0,14	0,35	0,030
Цибуля	2,95	0,54	0,80	0,34	0,20	0,16	0,38	0,038
Ячмінь, зерно	8,55	2,00	9,25	0,87	0,50	0,40	0,30	0,03
Кукурудза, зерно	8,95	2,75	17,50	1,10	0,75	0,85	0,25	0,02
ГДК овочеві	10,0	20,0	50,0	5,0	0,50	1,0	0,50	0,030
ГДК зернові	50,0	44,0	50,0	10,0	0,50	1,0	0,30	0,030

**Висновки.** У результаті моніторингових досліджень в умовах кормово-овочевої сівозміни встановлено напрямок ґрунтових процесів і режимів, зміни властивостей чорнозему звичайного Північного Степу за довгострокового зрошення непридатною водою, що проявляються в активізації галохімічних процесів, засоленні й осолонцюванні ґрунтового профілю до слабого ступеня, розвитку процесів оглинювання та поважчання гранулометричного складу, підвищенні міграційної здатності та вмісту рухомих сполук ВМ.

Після припинення зрошення (протягом чотирьох років) відбувається поступова ренатуралізація ґрунту та відновлення параметрів показників, притаманних незрошуваним аналогам, однак, цей процес є довготривалим. Найбільш швидкооборотним є розсолонення, зниження рухомості металів, більш повільнооборотними – розсолонцювання та зміни гранулометричного й мікроагрегатного складу. Тому відновлення зрошення на досліджуваному масиві є можливим лише за умов застосування комплексу агроеліоративних заходів з підвищення родючості деградованого ґрунту.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

**Наукові** основи охорони і раціонального використання зрошуваних земель України / за ред. В. А. Сташука, С. А. Балюка, М. І. Ромащенко. – К.: Аграрна наука, 2009. – 624 с.

Stashuka V. A., Baliuka S. A., Romashchenka M. I., 2009, “Scientific basis for the protection and rational use of irrigated land in Ukraine”, Kyiv, Ahrama nauka, 624 p.

**Концепція** відновлення та розвитку зрошення у південному регіоні України / за ред. М. І. Ромащенко. – К.: 2014. – 28 с.

“The concept of rehabilitation and development of irrigation in the South region of Ukraine”, 2014, Edited by Romashchenko, Kyiv, 28 p.

**Інструкція** з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України: ВНД 33-5.5-11-02. – К.: Держводгосп України, 2002. – 40 с.

“VND 33-5.5-11-02. Instructions for soil and salt shooting on irrigated land of Ukraine», 2002, Kyiv, Derzhvodhosp Ukrainy, 40 p.

**Найдьонова** О. Є. Агрогенна трансформація чорнозему звичайного за довготривалого зрошення мінералізованими водами / О. Є. Найдьонова, Л. І. Воротинцева // Агроекологічний журнал. – 2015. – № 2. – С. 47–53.

Naydyonova O. E., Vorotyntseva L. I., 2015, “Agrogenic transformation of ordinary chernozem under long-term irrigation with saline water”, Agroecological journal, № 2, P. 47–53.

**Заходи** з детоксикації забруднених ґрунтів та зменшення транслокації важких металів в сільськогосподарські культури. Рекомендації / С. А. Балюк, Л. І. Воротинцева, В. Я. Ладних. – Харків, 2014. – 56 с.

Baliuk S. A., Vorotyntseva L. I., Ladnykh V. Ja., 2014, “Measures to detoxify contaminated soils and reduce the translocation of heavy metals in agricultural crops”, Recommendations, Kharkiv, LLC “Striped typography”, 56 p.