

2. Полупан М.І., Ковальов В.Г. Теоретичні основи нагромадження гумусу в природних умовах, його еволюція та управління ним в агроценозах. *Вісник аграрної науки*. 1997. № 9. С. 21–26.
3. Лактіонов М.І., Дегтярьов В.В., Крохін С.В. Тривалість антропогенної дії та темпи дегуміфікації чорноземів України. *Вісник ХДАУ. Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство*. 1999. № 1. С. 18–21.
4. Скрильник Є.В., Бацула О.О., Зіменко В.В. Вплив різних форм факторів на процеси трансформації органічних речовин під час створення комплексних органічно-мінеральних добрив. *Вісник ХДАУ. Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство*. 2004. № 6. С. 45–50.
5. Носко Б.С. Антропогенна еволюція чорноземів. Харків: 13 типографія, 2006. 239 с.
6. Дегтярьов В.В. Гумус чорноземів лівобережного Лісостепу і Степу України: монографія. Харків: Майдан, 2011. 360 с.
7. Медведєв В. В. Структура почви (методи, генезис, класифікація, еволюція, географія, моніторинг, охорона). Харків: 13 типографія, 2008. 406 с.
8. Полупана Н.І., Носко Б.С., Кузьмичева В.П. Полевой определитель почв. Київ: Урожай, 1981. 320 с.
9. ДСТУ 4289:2004 Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини. Київ, 2005. 18 с.

УДК 631.4:631.37

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.46>

## ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ СТАНУ ЗРОШУВАНОВОГО ЧОРНОЗЕМУ ЗВИЧАЙНОГО СТЕПУ ПІВНІЧНОГО ТА НАДАННЯ НИМ ЕКΟΣИСТЕМНИХ ПОСЛУГ

**Воротинцева Л.І.** – д.с.-г.н., с.н.с.,

провідний науковий співробітник лабораторії родючості зрошуваних  
і солонцевих ґрунтів,

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії  
імені О.Н. Соколовського»

**Панарін Р.В.** – аспірант лабораторії родючості зрошуваних і солонцевих ґрунтів,

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії  
імені О.Н. Соколовського»

Наведено результати узагальнення даних моніторингових досліджень та фондових матеріалів щодо еколого-агромеліоративного стану зрошуваних чорноземів звичайних Степу Північного, на прикладі Донецької області. Наведено аналіз хімічного складу та якості води основних джерел зрошення регіону за агрономічними та екологічними критеріями. Води області є, переважно, мінералізованими з вмістом солей від 1,1 до 4,4 г/дм<sup>3</sup>, а якість їх оцінюється як обмежено придатні та непридатні для зрошення за небезпекою засолення, осолонцювання, підлуження та забруднення ґрунту важкими металами. Залежно від якості води, що використовується для зрошення, меліоративного навантаження відбуваються зміни спрямованості елементарних ґрунтових процесів, режимів, структурна

реорганізація чорноземів звичайних, яка обумовлює ступінь їх агрогенної трансформації, якісний стан, родючість та рівень надання екосистемних послуг.

За довгострокового зрошення мінералізованою водою в чорноземах звичайних Степу Північного відбувається активізація галохімічних процесів, насичення вбирного комплексу натрієм і калієм, зміни фракційного складу гумусу, зменшення вмісту агрономічно цінних агрегатів, а також чисельності основних груп мікроорганізмів. У ґрунтах накопичуються сполуки важких металів у кількостях, що перевищують їх фоновий вміст та гранично допустимі концентрації.

Для комплексного оцінювання стану зрошуваних чорноземів звичайних запропоновано використовувати екосистемний підхід. Рівень надання постачальної та підтримувальної екосистемних послуг незрошуваним чорноземом звичайним всіх стаціонарів, а також зрошуваного придатною водою ґрунту оцінювався як високий (8,9–9,4 бали), а за зрошення обмежено придатною і непридатною водою – відповідно як задовільний (6,5 балів) та незадовільний (4,0 бали).

З початком воєнного конфлікту (з 2014 року) зрошувані землі Донецької області зазнають руйнівного впливу військових дій. Окреслено основні напрями дослідження зрошуваних земель у воєнний та післявоєнний періоди.

**Ключові слова:** властивості, зрошення, екосистемні послуги, чорнозем звичайний, якість ґрунту, якість зрошувальної води.

**Vorotyntseva L.I., Panarin R.V. Changes of indicators of the state of the irrigated chernozem ordinary of Northern Steppe of Ukraine and the provision of ecosystem services**

The results of summarizing the data of monitoring studies and fund materials of the ecology-agroameliorative state of irrigated chernozems ordinary of the Northern Steppe, using the example of the Donetsk region, are presented. An analysis of the chemical composition and water quality of the main irrigation sources of the region according to agronomic and ecological criteria are given. The waters of the region are mainly mineralized with a salt content of 1.1 to 4.4 g/dm<sup>3</sup>. Their quality is assessed as limited suitability and unsuitable for irrigation due to the danger of salinity, alkalinity and heavy metals contamination of the soil.

Depending on the water quality used for irrigation, the reclamation load there are changes in the orientation of elementary soil processes, regimes, structural reorganization of ordinary chernozems. It determines the degree of their agrogenic transformation, quality state, fertility and the level of ecosystem services provision. During long-term irrigation by mineralized water in the chernozems ordinary of the Northern Steppe activation of halochemical processes, saturation of the absorption complex with sodium and potassium, changes in the fractional composition of humus, a decrease of the content of agronomically valuable aggregates and the number of main groups of microorganisms were established. Compounds of heavy metals accumulate in the soil. Their content exceeds the natural content and the maximum permissible concentration.

It is proposed to use an ecosystem approach for the estimation of the irrigated chernozems state. The level of provision of supply and maintenance ecosystem services by non-irrigated chernozem of all stationary plants, as well as irrigated soil with suitable water was assessed as high (8.9-9.4 points). In irrigation by limited suitable and unsuitable water it was characterized as satisfactory (6.0 points) and unsatisfactory respectively (4.0 points).

During the military conflict (since 2014) the irrigated lands of the Donetsk region are subject to the destructive influence of military operations. The main directions of the irrigated lands research in the war and post-war periods are outlined.

**Key words:** irrigation, irrigation water quality, ecosystem services, ordinary chernozem, properties, soil quality.

**Постановка проблеми.** Зрошення є одним із ключових інструментів для вирішення питань продовольчої безпеки країни, забезпечення сталого розвитку сільськогосподарського виробництва, регулювання водного режиму ґрунтів в умовах низького природного вологозабезпечення, що має тенденцію до погіршення в сучасних умовах глобальних змін клімату. В Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року визначено стратегічні напрями державної політики щодо розвитку зрошення в Україні та забезпечення сталого екобалансованого розвитку землеробства. Але при цьому актуальним є питання щодо збереження родючості, підтримання здоров'я ґрунту, забезпечення оптимальних параметрів показників властивостей ґрунтів і виконання ними екосистемних послуг, попередження

та усунення розвитку деградаційних процесів, особливо за використання для зрошення мінералізованої води, та сталого управління ґрунтовими ресурсами задля досягнення Цілей сталого розвитку України [1, с. 10]. В умовах воєнного стану екологічна ситуація на зрошуваних землях значно загострилася, що значно впливає на властивості та стан ґрунтів, обмежує їх використання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Зрошення є основним засобом підвищення продуктивності гідродefіцитних ґрунтів та забезпечення продовольчої безпеки країни. За період з 1900 по 2010 роки темпи збільшення площ зрошуваних земель перевищили темпи росту населення планети [2, с. 1522]. Але при цьому однією з гострих проблем є нестача прісної води, що спонукає до використання наявних запасів мінералізованої води, впливаючи на властивості та якісний стан ґрунту. Тому впродовж останніх років активно проводяться дослідження з вивчення використання для зрошення знесоленої морської води та вторинно очищеної річкової води [3, с. 627]. За дефіциту прісних вод вкрай актуальним є перехід до «розумного» зрошення, що ґрунтується на подачі рослинам води саме в той період, коли це найбільш необхідно та в потрібній кількості.

Моніторинг та діагностика властивостей зрошуваних ґрунтів є основою для комплексного оцінювання їх стану, визначення напрямів агрогенної трансформації, сезонної та багаторічної динаміки ґрунтових процесів, визначення екосистемних послуг, які ґрунти надають суспільству та розроблення управлінських рішень для збереження ґрунту та його родючості [4, с. 171; 5, с. 7; 6, с. 43]. Аналіз закордонних публікацій свідчить, що значна увага приділяється вивченню впливу води різної якості на стан і здоров'я ґрунтів [7, с. 660; 8, с. 400], використання засолених земель та способів їх ремедіації [9, с. 1630; 10, с. 630], сталому управлінню та розробці заходів боротьби з деградаційними процесами [11, с. 4; 12, с. 80], оцінці надання ґрунтами екосистемних послуг [13, с. 191; 14, с. 9].

З 2014 року зрошувані землі Донецької області, які є об'єктом наших досліджень, зазнають руйнівного впливу військових дій, який з початком повномасштабного вторгнення росії посилюється. Тому за таких умов конче необхідними є ведення кризового моніторингу для оцінювання якісного стану ґрунтів меліорованих земель, визначення спрямованості змін ґрунтових процесів, оцінювання площ пошкоджень і забруднення, визначення розміру шкоди, завданої ґрунтам, та розроблення заходів з їх рекультивації.

**Мета** – оцінювання впливу зрошення за використання води різної якості на показники властивостей, якісний стан, родючість чорнозему звичайного Степу Північного та виконання ним екосистемних послуг.

**Матеріали і методи досліджень.** У дослідженні використано такі методи: загальнонауковий (теоретичне узагальнення та системний аналіз фондів матеріалів), статистичний, розрахунково-аналітичний. Проведено узагальнення та аналіз даних комплексних моніторингових досліджень зрошуваних земель Донецької області, які зазнають різного за інтенсивністю антропогенного та меліоративного впливу. Ґрунтовий покрив представлений чорноземами звичайними мало- і середньогумусними переважно важкосуглинкового і легкоглинистого гранулометричного складу. Моніторингові дослідження проводили згідно чинних нормативних документів [15, с. 3] і методик сольових зйомок та еколого-агромеліоративного обстеження стану зрошуваних земель з дослідженням єдиної системи «зрошувальні води – ґрунт – сільськогосподарська культура».

Виконано параметризоване оцінювання двох екосистемних послуг досліджуваних ґрунтів – постачальної (продукційної – біопродуктивність) та підтримувальної

(середовищеутворювальної – середовище існування рослин і мікроорганізмів) за 10 оціночними показниками, керуючись методикою, викладеною в [16, с. 18–19]. Параметри показників цих послуг включали три градації, з огляду на стан земель за відповідним показником та рівень надання екосистемних послуг: добрий стан/високий рівень (10 балів), задовільний стан/середній рівень (5 балів), незадовільний стан/низький рівень (0 балів).

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Степ Північний, зокрема Донецька область, є регіоном підвищеного антропогенного навантаження, складним за соціально-економічними, екологічними, ґрунтово-меліоративними умовами, що впливає на стан навколишнього середовища, якість води природних джерел, властивості та еколого-агроекологічний стан зрошуваних ґрунтів. На меліорованих землях додатковим чинником, що визначає якісний стан ґрунту, є зрошувальна вода. Для регіону характерним є багаточисленність дрібних джерел поливної води, склад яких формується за рахунок природних вод і, значною мірою, недоочищених стічних вод промислових підприємств, вугільних шахт, побутових вод населених пунктів, що призводить до підвищення її мінералізації та забруднення токсичними сполуками.

Води основних джерел зрошення (каналу Сіверський Донець-Донбас, водосховищ, річок і ставків) різняться за мінералізацією, хімічним складом, про що свідчать результати статистичної обробки даних (табл. 1, n=132). Вони є переважно мінералізованими з вмістом солей від 1,1 до 4,4 г/дм<sup>3</sup>, а якість їх оцінюється як обмежено придатні та непридатні для зрошення за небезпекою засолення, осолонцювання та підлучення ґрунту (згідно з ДСТУ 2730:2015). Тип засолення прісних вод – гідрокарбонатно-кальцієвий, а з підвищенням мінералізації змінюється на більш токсичний – хлоридно-сульфатний магнієво-натрієвий або сульфатно-натрієвий.

Якість зрошувальних вод обмежується також через високий вміст забруднюючих речовин (важких металів), переважно свинцю, кадмію, кобальту, нікелю. Води досліджуваних водосховищ, за винятком Курахівського, та річок оцінюються, переважно, як обмежено придатні для зрошення за ДСТУ 7286:2012, а місцевих ставків, як непридатні для зрошення за вмістом свинцю, кадмію і кобальту.

Зрошені землі області знаходяться, переважно, в автоморфних умовах з рівнем підґрунтових вод більше 5 м, що не впливає їх на еколого-агроекологічний стан земель. Дослідженнями встановлено, що на регіональному рівні залежно від меліоративного навантаження, якості поливної води змінюється спрямованість та інтенсивність розвитку елементарних ґрунтових процесів і відбувається структурна реорганізація чорноземів звичайних, яка обумовлює ступінь їх агрогенної трансформації, якісний стан та рівень надання екосистемних послуг.

За тривалого впливу зрошення у ґрунтах відбуваються зміни показників фізичних, фізико-хімічних, біологічних властивостей, що визначають еколого-агроекологічний стан, якість та родючість ґрунту. Аналіз даних свідчить, що за довгострокового використання мінералізованої води у ґрунтах відмічається активізація процесів соленакопичення, насичення ґрунтового вбирного комплексу катіонами натрію і калію, зміни фракційного складу гумусу, зменшення вмісту агрономічно цінних агрегатів, а також чисельності основних груп мікроорганізмів, за винятком грибів. Забруднена поливна вода є додатковим джерелом надходження важких металів (свинцю, кадмію, нікелю) у ґрунт та погіршує його якість. Поширеними деградаційними процесами на зрошуваних чорноземах звичайних є осолонцювання, засолення, забруднення токсичними речовинами, ущільнення, знеструктурування.

Таблиця 1

## Хімічний склад зрошувальних вод Донецької області

Статистичний показник	Вміст солей, г/дм <sup>3</sup>	pH	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>
Мінімальне, мекв/дм <sup>3</sup>	0,6	7,00	2,20	1,70	2,80	3,3	1,1	2,22
Максимальне, мекв/дм <sup>3</sup>	4,4	8,50	9,61	25,4	53,00	21,0	18,0	36,8
Середнє, мекв/дм <sup>3</sup>	2,31	7,90	5,15	7,96	21,36	8,62	8,27	17,68
Стандартне відхилення	0,94	0,32	1,39	5,18	11,02	3,84	4,09	7,83
Дисперсія	0,89	0,52	1,93	26,81	121,49	14,71	16,74	61,31
Коефіцієнт варіації	0,41	0,04	0,27	0,65	0,52	0,44	0,49	0,44

Для комплексного оцінювання стану зрошуваних чорноземів звичайних використано екосистемний підхід, що ґрунтується на визначенні екосистемних послуг, які вони надають суспільству і навколишньому середовищу – це послуги із забезпечення людства природними ресурсами, «здоровим» середовищем існування. Рівень надання постачальної та підтримувальної екосистемних послуг (табл. 2) незрошуваним чорноземом звичайним всіх стаціонарів, а також зрошуваного придатною водою оцінювався як високий (8,9–9,4 бали). За зрошення обмежено придатною і непридатною водою якість ґрунтів погіршувалася, а рівень надання екопослуг характеризувався відповідно як задовільний (6,5 балів) та незадовільний (4,0 бали).

З початком воєнного конфлікту (з 2014 року) зрошувані землі Донецької області зазнають руйнівного впливу військових дій, що призвело до погіршення екологічної ситуації, посилення ступеня прояву існуючих та розвитку нових видів деградації. Після повномасштабного вторгнення росії ситуація ще ускладнилася. За даними Національної ради з відновлення України від наслідків війни, в зоні ведення бойових дій втрати зрошуваних земель становлять близько 70 %. Відбувається забруднення природних джерел токсичними речовинами, порушення структури ґрунтового покриву, руйнування профілю ґрунту. Внаслідок розривів авіабомб, ракет, снарядів зрошувані ґрунти зазнають додаткового забруднення сполуками важких металів, сірки, нафтопродуктами, що впливає на їх фізико-хімічні, біологічні властивості та погіршує здоров'я.

Тому на сьогодні та у післявоєнний період актуальними є дослідження стану зрошуваних та прилеглих незрошуваних ґрунтів Донецької області за такими напрямками, як моніторинг стану ґрунтів з урахуванням посилення строкатості та неоднорідності ґрунтового покриву (внаслідок впливу військової техніки, порушення вибухонебезпечними речовинами), удосконалення методичних підходів до його проведення (відбору проб ґрунту, оціночних показників), оцінка збитків, розміру шкоди, завданої ґрунтам внаслідок бойових дій, оптимізація використання наявних зрошуваних земель, розробка заходів з рекультивації та підвищення родючості порушених ґрунтів.

Через ускладнення проведення польових обстежень, актуальним є використання методу дистанційного зондування Землі для оцінювання стану земель. На

Таблиця 2

**Рівень надання постачальної та підтримувальної екосистемних послуг  
грунтами досліджуваних стаціонарів**

Показник	Рівень надання екосистемних послуг, балів					
	Слов'янський стаціонар		Донецький стаціонар		Мар'їнський стаціонар	
	Без зрошення	Зрошення водою I класу	Без зрошення	Зрошення обмежено придатною водою	Без зрошення	Зрошення непридатною
Клас якості зрошувальної води	–	10	–	5	-	0
Рівень залягання підгрунтових вод, м	10	10	10	10	10	10
Ступінь засолення ґрунту, шар 0-100 см	10	10	10	10	10	5
Ступінь солонцюватості ґрунту, шар 0-50 см	10	10	10	5	10	0
Категорія забруднення ґрунту, шар 0-50 см	10	10	10	5	10	0
Вміст мінерального азоту в ґрунті, шар 0-50 см	5	5	5	0	5	0
Вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті, шар 0-25см	10	10	10	10	5	5
Вміст рухомих сполук калію в ґрунті, шар 0-50 см	10	10	10	10	10	10
Вміст гумусу в ґрунті, шар 0-25 см	10	10	10	10	10	10
Мікробіологічна активність ґрунту. Відхилення показників від фону, %	10	5	10	0	10	0
Загальна оцінка	9,4	9,0	9,4	6,5	8,9	4,0

рис. 1 наведено космічний знімок із зображенням зрошувального поля, на якому розміщена стаціонарна моніторингова площадка в Краматорському районі (Слов'янський стаціонар), яка є об'єктом наших досліджень. За допомогою знімку можемо оцінити пошкодження ґрунтового покриву та розрахувати площу поля, яка зазнала руйнувань, щоб розрахувати економічну вартість завданих збитків.

**Висновки і пропозиції.** Особливості соціально-економічного розвитку Донецької області, складна екологічна ситуація, яка ще більш загострилася внаслідок тривалого ведення воєнних дій впливає на еколого-агроекологічний стан зрошуваних земель, якість водних джерел та сільськогосподарської продукції. Узагальнення даних свідчить, що показники хімічного складу зрошувальних вод характеризуються варіабельністю (коефіцієнт варіації 0,27–0,65). Зрошувальні води



а) 2010 рік

б) 2019 рік

Рис. 1. Космічний знімок зрошуваного масиву (Краматорський р-н Донецької обл.)

області оцінюються, переважно, як обмежено придатні та непридатні для зрошення за небезпекою засолення, осолонцювання ґрунту та забруднення важкими металами. Тривале зрошення такою водою призводить до трансформації спрямованості елементарних ґрунтових процесів та зміни показників фізичних, фізико-хімічних, біологічних властивостей, що визначають еколого-агромеліоративний стан, якість ґрунту та рівень надання ним екосистемних послуг. За воєнних дій ґрунтовий покрив зрошуваних земель зазнає додаткового антропогенного впливу, що призводить до посилення ступеня прояву деградаційних процесів та потребує ведення моніторингу з використанням сучасного інструментарію для оцінювання їх стану й розроблення заходів з рекультивачії. Відбувається забруднення природних джерел та ґрунту токсичними речовинами, порушення структури ґрунтового покриву та посилення його неоднорідності, руйнування профілю ґрунту за розриву авіабомб, снарядів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Концепція сталого управління ґрунтовими ресурсами меліорованих земель/ за ред. Л.І. Воротинцевої. Харків: ФОП Бровін О.В., 2020. 48 с.
2. A global data set of the extent of irrigated land from 1900 to 2005/ S. Siebert, M. Kummu, M. Porkka at al. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2015. Vol. 19 (3). P. 1521–1545. doi.org/10.5194/hess-19-1521-2015.
3. Recycled Wastewater and Reverse Osmosis Brine Use for Halophytes Irrigation: Differences in Physiological, Nutritional and Hormonal Responses of *Crithmum maritimum* and *Atriplex halimus* Plants / M.J. Gómez-Bellot, B. Lorente, M.F. Ortuño at al. *Agronomy*. 2021. 11(4), 627. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040627>
4. Vorotyntseva L., Baliuk S., Zakharova M., Effect of irrigation on the exchangeable cations composition in chernozems. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2021. Vol. LXIV, No. 1. P. 171–179.
5. Балюк С.А., Ромашенко М.І., Трускавецький Р.С. Проблеми екологічних ризиків та перспективи розвитку меліорації земель в Україні. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. 2018. Вип. 87. С. 5–10.
6. Воротинцева Л.І. Системний підхід до сталого менеджменту зрошуваних ґрунтів в умовах змін клімату. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. зб. Вип. 89. Харків, 2020. С. 41–50. <https://doi.org/10.31073/acss89-05>
7. Weiping C., Sidan L. Impact of reclaimed water irrigation on soil health in urban green areas. *Chemosphere*. 2015. Vol. 119. P. 654–661. doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.07.035

8. Natsheh, B. Impact of Short Term Irrigation with Different Water Types on Some Chemical and Physical Soil Properties. *Open Journal of Soil Science*. 2021. Vol. 11. P. 389–401. doi: 10.4236/ojss.2021.118020
  9. Tedeschi A. Irrigated Agriculture on Saline Soils: A Perspective. *Agronomy*. 2020. 10 (11). P. 1630. doi:10.3390/agronomy10111630
  10. Zhang A. Effects of a 10-year irrigation with saline water on soil physico-chemical properties and cotton production. *Journal Of Soil And Water Conservation*. 2020. Vol. 75. P. 629–639.
  11. Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management. FAO, 2017. 16 p.
  12. Amelioration of saline soil by the application of gypsum, calcium chloride, rice husk and cow dung/ M.Z. Khan, M.G. Azom, M.T. Sultan at al. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*. 2019. Vol. 8. P. 78–91. <https://doi.org/10.4236/jacen.2019.82007>
  13. A methodological framework to assess the multiple contributions of soils to ecosystem services delivery at regional scale / C. Calzolari, F. Ungaro, N. Filippi et al. *Geoderma*. 2016. Vol. 261. P. 190–203. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07.013>
  14. Pereira P., Bogunovic I., Muñoz-Rojas M., Brevik E. Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 2018. Vol. 5. P. 7–13.
  15. ВНД 33-5.5-11-02. Інструкція з проведенн я ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України. Київ: Держводгосп України, 2002. 40 с.
  16. Воротинцева Л.І., Ніколюк В.І. Агрогенні зміни властивостей темно-каштанового цілинного та орного ґрунту за різного використання та зрошення. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. 2021. Вип. 91. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського». С. 12–21. <https://doi.org/10.31073/acss91-02>
-