

УДК 631.4:631.427.22

ВИКОРИСТАННЯ КАЛЬЦІЄВО-ЗАЛІЗОВІСНИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ОКУЛЬТУРЮВАННЯ ЗРОШУВАНИХ МІНЕРАЛІЗОВАНИМИ ВОДАМИ І ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ

Л.І. Воротинцева

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

(oroshenie@ukr.net)

Метою роботи було визначення ефективності використання кальцієво-залізовмісного шламу для окультурювання чорнозему звичайного, зрошуваного мінералізованою водою і техногенно забрудненого свинцем і кадмієм, оцінка змін агрофізичних, фізико-хімічних властивостей та продуктивної функції меліорованого ґрунту. Дослідження проводили впродовж 2009-2014 рр. у польовому дрібноділянковому досліді у дослідному господарстві ДП «ДГ «Донецьке» ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» (с. Суха Балка, Ясинуватський район Донецької обл.) на чорноземі звичайному середньогумусному легкоглинистому на лесоподібному суглинку. Встановлено позитивну дію меліоранту на якісний склад солей водної витяжки, склад увібраних катіонів, зниження ступеню солонцюватості ґрунту. Внесення у ґрунт кальцієво-залізовмісного шламу (КЗШ) сприяло поліпшенню мікроструктури ґрунту, забезпечувало підвищення вмісту агрономічно корисної фракції агрегатів розміром 10-0,25 мм до 6,6 % і зростання кількості водостійких агрегатів розміром більше 0,25 мм на 7,5 %. Виявлено дію шламу як детоксиканта важких металів (ВМ), що полягає у зниженні категорії забруднення ґрунту до допустимої та зменшенні вмісту рухомих форм свинцю і кадмію у ґрунті і зерні гречки.

Ключові слова: зрошення; зрошувальна вода; кальцієво-залізовмісний шлам (КЗШ); меліорація; осолонцювання; увібрані катіони.

Вступ. Через значний дефіцит якісної поливної води для зрошення використовують мінералізовані води, які характеризуються високим вмістом водорозчинних солей та токсичних ВМ, що своєю чергою призводить до зниження екологічної стійкості ґрунту, погіршення еколого-агромеліоративного стану, розвитку деградаційних процесів і зниження продуктивності земель [1]. Тому, як у теоретичному, так і в практичному аспектах, актуальним і нагальним є питання щодо окультурювання й підвищення родючості осолонцьованих і забруднених зрошуваних ґрунтів. На сьогодні хімічна меліорація повинна базуватися на нових концептуальних положеннях, інноваційних нормативно-методичних, організаційно-правових засадах і принципах, основою яких є ресурсощадні технології та прийоми, комплексний агроландшафтний підхід для досягнення високого еколого-економічного і соціального ефектів, адаптація до сучасних умов землекористування [2].

Ще в 60-70-ті роки минулого сторіччя на Донбасі були проведені дослідження ефективності прийомів хімічної меліорації іригаційно осолонцьованих ґрунтів, зрошуваних мінералізованими лужними водами. Як меліоранти випробовували переважно природний сиромелений гіпс і фосфогіпс [3]. І хоча рекомендувалися дуже високі норми цих меліорантів, розраховані як на фактичний ступінь солонцюватості ґрунту, так і на якість води, вони повністю не усували хімічну й агрофізичну деградацію ґрунтів. Тому необхідним є пошук нових методологічних і технологічних рішень, які б одночасно вирішували дві проблеми – зниження солонцюватості й усунення забруднення ґрунтів, яка є актуальною для даного регіону.

Альтернативою відомим прийомам є використання місцевих сировинних ресурсів – кальцієвих і залізо-кальцієвих сірчаноокислих промислових відходів як меліорантів (за умови відповідності їх санітарно-екологічним вимогам). На підприємствах Донецької області таких відходів накопичено близько 640 млн тонн.

Мета досліджень – визначення ефективності використання кальцієво-залізовмісного шламу для окультурювання чорнозему звичайного, зрошуваного мінералізованою водою і техногенно забрудненого свинцем і кадмієм, оцінка змін

агрофізичних, фізико-хімічних властивостей та продуктивних функцій меліорованого ґрунту.

Об'єкти і методи досліджень. Особливості впливу кальцієво-залізовмісного меліоранту на властивості чорнозему звичайного, продуктивність сільськогосподарських культур та якість продукції досліджували упродовж 2009-2014 рр. у дрібноділянковому польовому досліді, закладеному на території дослідного господарства ДП «ДГ «Донецьке» ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» (с. Суха Балка, Ясинуватський район Донецької обл.). Ґрунт – чорнозем звичайний середньогумусний легкоглинистий на лесоподібному суглинку, який за п'ять років зрошення набув ознак слабого ступеню солонцюватості. Площа ділянки – 2,25 м², повторність – чотирикратна.

Як меліорант випробовували сірчаноокислий КЗШ – відхід сталє-дротяного виробництва ВАТ «Силур» (м. Харцизьк, Донецька обл.), який утворюється після нейтралізації вапном сірчаноокислих розчинів у цехах травлення чорного металу. За хімічним складом він відповідав встановленим вимогам [7]. Вміст меліоруючих ґрунт сульфатних і карбонатних сполук заліза й кальцію становив 60-70 % відносно маси сухого шламу (табл. 1). У складі водорозчинних солей переважали сульфати кальцію і заліза, концентрація токсичних солей (хлоридів і сульфатів натрію, калію і магнію) становила 1,5 % від маси шламу, що не перевищує допустимих норм. рН водний коливався в межах 7,8-8,3. Із біофільних елементів меліорант містить калій (1,5 %), фосфор (0,2 %), цинк (0,2 %), марганець (0,1 %) і мідь (0,028 %), що підвищує його удобрявальну дію.

1. Вміст сполук заліза і кальцію у КЗШ

Вміст хімічних складових, %					
CaSO ₄	CaCO ₃	Ca(OH) ₂	FeSO ₄	Fe ₂ (SO ₄) ₃	Fe(OH) ₃
14,4	17,4	7,1	5,0	21,3	1,8

Ефективність КЗШ досліджували на фоні зрошення мінералізованою водою та забруднення чорнозему звичайного свинцем і кадмієм. Варіанти дослідів такі:

№ 1. Контроль (без зрошення);

№ 3. Зрошення мінералізованою водою;

№ 4. Вар. № 3 + забруднення ґрунту свинцем (Pb - 50 фонів або 25 мг/кг) і кадмієм (Cd - 25 фонів або 2,5 мг/кг);

№ 6. Вар. №4 + КЗШ.

Свинець і кадмій вносили у ґрунт у формі солей – оцтовокислого свинцю і сульфату кадмію, дози яких становили 28,69 г/ділянку та 4,17 г/ділянку відповідно. Дозу меліоранту (5,9 т/га) розраховували залежно від зрошувальної норми для вирощуваної культури та солонцюючої дії води на ґрунт [4]. Для підвищення розчинності та посилення меліоративної дії шлам вносили у ґрунт у формі стабільної водної суспензії.

Для поливів використовували мінералізовану воду зі ставка в с. Суха Балка, вміст солей в якій за роками досліджень коливався в межах 1,7-2,2 г/л. Тип засолення – сульфатний або хлоридно-сульфатний натрієвий або кальцієво-натрієвий, рН – 7,7-7,9 (табл. 2). Воду оцінено як обмежено придатну для зрошення за агрономічними (небезпека засолення й осолонцювання ґрунту) [5] та екологічними (вміст ВМ) критеріями [6].

Упродовж проведення дослідів вирощували такі культури: озима пшениця, кукурудза, картопля, кормові буряки і гречка. У 2013 р. тест-культурою була гречка.

2. Хімічний склад зрошувальної води, 2013 р.

Сума солей, г/дм ³	рН	Вміст іонів, мекв/дм ³						Іригаційна оцінка за безпекою [5]		
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	засолення	осолоцювання	підлуження
1,8	7,9	3,8	8,0	15,6	9,0	7,0	11,4	2 клас	2 клас	1 клас
Вміст важких металів, мг/дм ³										Іригаційна оцінка за екологічними критеріями [6]
Zn	Mn	Fe	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Сума	
0,017	0,006	0,022	0,007	0,004	0,003	0,007	0,009	0,001	0,068	2 клас за вмістом Cd

Проби ґрунту відбирали до початку поливів і після закінчення вегетаційно-поливного сезону. У них визначали сольовий склад за методом водної витяжки (ГОСТ 26424-85 – ГОСТ 26428-85), вміст увібраних катіонів – за методом Тюринна, рухомих форм ВМ, що вилучаються ацетатно-амонійним буферним розчином з рН-4,8 – за ДСТУ 4770.1:2007-4770.9:2007, карбонатів кальцію – за методом В.Є. Соколовича в модифікації ННЦ ІГА імені О.Н. Соколовського (МВВ 31-497058-021), гранулометричний і мікроагрегатний склад – методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського (ДСТУ 4730:2007, ДСТУ 4728:2007), структурно-агрегатний склад – за методом Саввінова – фракціонування ґрунту на ситах у повітряно-сухому стані та у воді (ДСТУ 4744:2007). У пробах води визначали сольовий склад і вміст ВМ, у рослинній продукції – якісний склад і вміст ВМ.

Результати досліджень. За даними сольового складу водної витяжки незрошуваний ґрунт (варіант №1) характеризували як незасолений з умістом водорозчинних солей у 0-25 см шарі ґрунту на рівні 0,12 %, в т.ч. токсичних солей – 0,03 % (табл. 3). Тип солей – переважно гідрокарбонатний кальцієвий і магнієво-кальцієвий, реакція водної витяжки – слаболужна (рН 7,6-8,0). Незрошуваний ґрунт (контрольний варіант) характеризувався незначним вмістом карбонатів кальцію у верхньому 0-25 см шарі (1,2 %) і підвищенням їх концентрації у нижніх горизонтах до 20,0 %.

3. Вплив зрошення та кальцієво-залізовмісного меліоранту на сольовий склад ґрунту, 2013 р.

Ва-ріант	Шар ґрунту, см	Вміст CaCO ₃ , %	Характеристика водної витяжки								
			Загальні солі, %	Токсичні солі, %	рН	Вміст солей, мекв/100 г					
						HCO ₃	Cl	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
№1	0-25	1,2	0,12	0,03	7,6	1,25	0,15	0,14	1,09	0,33	0,08
	25-50	5,8	0,12	0,03	8,0	1,27	0,13	0,15	1,06	0,38	0,10
№ 3	0-25	1,3	0,15	0,08	7,8	1,20	0,40	0,27	0,70	0,62	0,52
	25-50	7,8	0,12	0,05	8,0	1,15	0,25	0,24	0,90	0,45	0,28
№ 4	0-25	1,3	0,12	0,06	7,7	1,18	0,28	0,27	0,75	0,42	0,49
	25-50	7,4	0,13	0,06	7,8	1,30	0,14	0,25	0,83	0,40	0,45
№ 6	0-25	1,7	0,15	0,06	7,6	1,22	0,23	0,47	0,85	0,58	0,40
	25-50	8,3	0,14	0,07	7,8	1,50	0,13	0,24	0,55	0,55	0,76
НІР ₀₅	0-25	0,19	0,02	0,02	-	0,21	0,12	0,21	0,15	0,13	0,12
НІР ₀₅	25-50	0,19	0,02	0,02	-	0,14	0,02	0,22	0,20	0,23	0,19

Унаслідок зрошення мінералізованою водою упродовж п'яти років (варіант №3) у верхньому шарі ґрунту відбулося достовірне збільшення вмісту загальних (до 0,15 %) і токсичних (до 0,08 %) солей, переважно за рахунок хлоридів і сульфатів

натрію й магнію. рН водний незначно зріс у бік підвищення лужності. Тип солей змінився на хлоридно-гідрокарбонатний магнієво-кальцієвий, але ґрунт при цьому класифіковано як незасолений. Відношення водорозчинних Ca:Na в орному шарі зрошуваного ґрунту зменшилося до 1,3, що свідчить про витіснення катіонів кальцію катіонами натрію, і як наслідок, про небезпеку розвитку іригаційного осолонцювання ґрунту.

Застосування кальцієво-залізовмісного меліоранту (варіант №6) сприяло поліпшенню якісного складу солей водної витяжки завдяки зниженню концентрації токсичних солей до 0,06 %, зростанню відношення водорозчинних Ca:Na до 1,9. Відбувся перерозподіл вмісту водорозчинних солей: збільшення концентрації кальцію з 0,70 до 0,85 мекв/100 г та зниження вмісту натрію з 0,52 до 0,40 мекв/100 г. Підвищення концентрації карбонатів кальцію (до 1,7 %) обумовило посилення буферності ґрунту даного варіанту щодо осолонцювання за зрошення мінералізованою водою.

Зміни іонно-сольового складу ґрунтового розчину призвели до перебудови складу ґрунтового поглинального комплексу (табл. 4). Так, незрошуваний ґрунт у шарі 0-25 см характеризувався як несолонцюватий з умістом суми натрію і калію від загальної суми катіонів на рівні 2,2 %, при цьому слід відмітити дещо підвищений вміст увібраного калію. Упродовж п'ятирічного зрошення мінералізованою водою (вар. № 3) відбулася трансформація складу увібраних катіонів у бік підвищення концентрації увібраного натрію і зниження концентрації увібраного кальцію, внаслідок чого ступінь вторинної солонцюватості досяг слабкого рівня (3,1%). Внесення у ґрунт кальцієво-залізовмісного меліоранту сприяло поліпшенню якісного складу ґрунтового поглинального комплексу завдяки витісненню катіонів натрію і магнію та підвищенню насиченості ґрунту кальцієм. Ступінь солонцюватості чорнозему звичайного при цьому знизився до рівня несолонцюватого ґрунту (2,8 % Na+K від суми увібраних катіонів).

4. Зміна складу увібраних катіонів під впливом зрошення мінералізованою водою і внесення у ґрунт КЗШ, 2013 р.

Варіант	Шар ґрунту, см	Вміст увібраних катіонів, мекв/100 г				Na+K, % від суми увібраних катіонів
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	
№ 1	0-25	44,0	13,5	0,13	1,19	2,2
	25-50	51,3	7,5	0,23	0,32	0,9
№ 3	0-25	39,0	13,0	0,50	1,19	3,1
	25-50	42,1	15,0	0,43	0,45	1,5
№ 4	0-25	38,2	12,3	0,53	1,10	3,1
	25-50	43,7	14,0	0,46	0,50	1,6
№ 6	0-25	41,5	8,5	0,40	1,05	2,8
	25-50	45,0	11,5	0,58	0,40	1,7
HIP ₀₅	0-25	3,2	4,6	0,10	0,46	-
HIP ₀₅	25-50	4,1	2,7	0,11	0,14	-

Важливим аспектом досліджень було вивчення можливості використання КЗШ одночасно і як детоксиканту забрудненого ґрунту. Ґрунт контрольного варіанту (шар 0-25 см) за вмістом рухомих форм (ацетатно-амонійна витяжка) дев'яти металів характеризувався допустимою категорією забруднення (сумарний показник забруднення становив Z_c=2,8), лише вміст кадмію, нікелю і хрому був на рівні фонових значень або незначно їх перевищував. Внаслідок штучного забруднення ґрунту свинцем і кадмієм категорія забруднення зросла до помірно небезпечної, а концентрація цих металів, навіть на п'ятий рік проведення дослідів, перевищувала фонові значення у 9-10 разів.

Внесення у забруднений ґрунт КЗШ сприяло адсорбції та зв'язуванню рухомих форм металів і, як наслідок, зниженню транслокації токсикантів у зерно та солону

гreckи, що, на нашу думку, пов'язано з хімічними властивостями даної речовини та здатністю заліза утворювати комплексні сполуки з ВМ. На досліджуваному варіанті концентрація рухомих форм свинцю і кадмію у ґрунті зменшилася у 1,5-1,7 раза (рис. 1), а категорія забруднення знизилася до допустимої. В результаті знизилася транслокації ВМ у рослини та поліпшилася якість продукції: вміст свинцю у зерні гречки зменшився на 21 %, у соломі – на 35 %, а кадмію відповідно на 17 і 28 %.

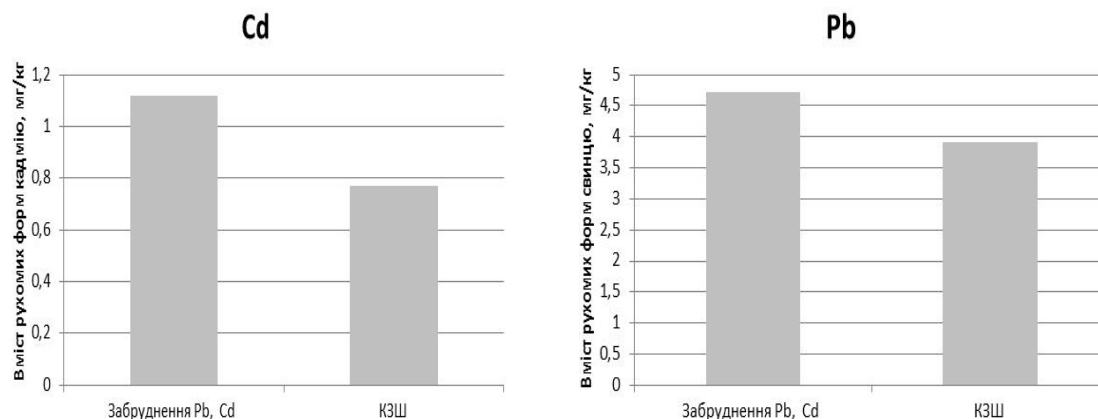


Рис. 1. Вплив КЗШ на вміст рухомих форм свинцю і кадмію у ґрунті

Одним із важливих аспектів є вивчення впливу прийомів окультурювання ґрунту на його агрофізичні показники. Дослідженнями встановлено зміни мікроагрегатного і структурно-агрегатного складу чорнозему звичайного під впливом зрошення мінералізованою водою та внесення кальцієво-залізовмісного меліоранту. Найбільш стабільною, консервативною ознакою ґрунту є гранулометричний склад, який характеризується тривалою стійкістю до дії антропогенних чинників [8]. Так, за п'ятирічний період впливу досліджуваних факторів не встановлено істотних змін гранулометричного показника структурності (за О.Ф. Вадюніною), який характеризує потенційну здатність ґрунту до оструктурення. Даний показник в середньому за варіантами становив 43,0 %.

Визначення фактора дисперсності за Н.А. Качинським, який характеризує стійкість мікроструктури ґрунту та ступінь руйнування мікроагрегатів у воді, показало підвищення даного показника на 0,8 одиниць на варіанті зі зрошенням мінералізованою водою (табл. 5), що свідчить про зниження здатності ґрунту до агрегування і погіршення його мікроагрегатного складу. Внесення у ґрунт кальцієво-залізовмісного меліоранту сприяло підвищенню стійкості мікроструктури (фактор дисперсності достовірно знизився на 0,7 одиниць).

5. Вплив зрошення і кальцієво-залізовмісного меліоранту на структурно-агрегатний склад чорнозему звичайного

Варіант	Фактор дисперсності за Качинським	Повітряно сухі агрегати (10-0,25 мм), %	Водостійкі агрегати (> 0,25 мм), %
№ 1	7,0	88,7	69,2
№ 3	7,8	82,3	60,4
№ 6	7,1	88,9	67,9
НІР 05	0,7	4,5	4,8

Аналіз структурно-агрегатного стану чорнозему звичайного за зрошення мінералізованою водою свідчить про зниження вмісту агрономічно цінних агрегатів розміром 10-0,25 мм на 6,4 %, а застосування КЗШ сприяло підвищенню вмісту даної фракції агрегатів на 6,6 %. Позитивний вплив меліоранту на оструктуреність ґрунту підтверджується також підвищенням коефіцієнта структурності до 8,3, тоді як на

варіанті зі зрошенням та незрошуваному контролі він становив відповідно 5,1 та 7,9. На варіанті з окультурюванням ґрунту зросла кількість водостійких агрегатів на 7,5 %, що підтверджується аналогічними дослідженнями [9].

Завдяки поліпшенню агрофізичних, фізико-хімічних властивостей а також збільшенню вмісту мікроелементів живлення у ґрунті за застосування кальцієво-залізовмісного меліоранту, урожаї вирощуваних культур зросли на 7-33 % (рис. 2).

Висновки. Встановлено ефективність застосування КЗШ для окультурювання осолонцюваного й техногенного забрудненого чорнозему звичайного за зрошення мінералізованою водою. Підвищення насиченості ґрунту кальцієм, зростання таким чином протиосолонцювальної здатності ґрунту сприяло зниженню ступеню солонцюватості чорнозему звичайного до несолонцюватого (2,8 % Na+K від суми увібраних катіонів).

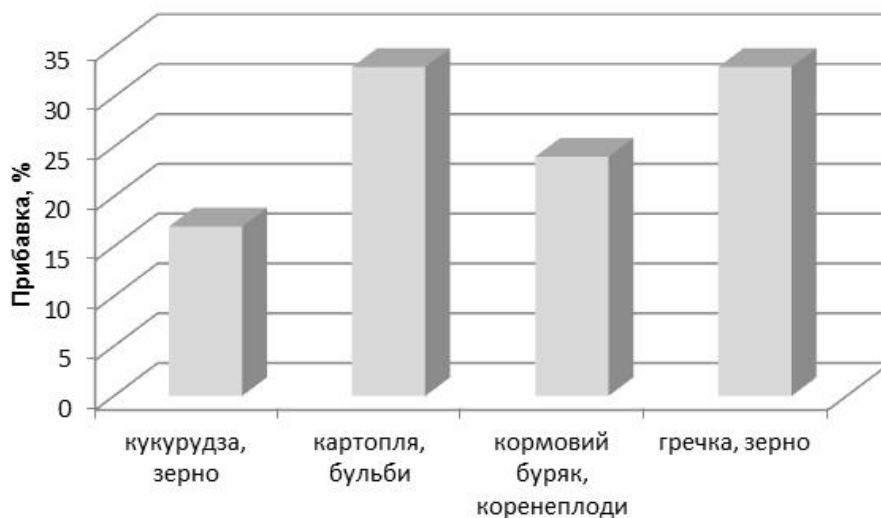


Рис. 2. Прибавки врожаю сільськогосподарських культур від застосування КЗШ

Завдяки утворенню комплексних важкорозчинних сполук із залізом, відбулося зниження категорії забруднення ґрунту до припустимої, зменшення вмісту рухомих форм свинцю і кадмію у ґрунті (у 1,5-1,7 раза) та вирощуваній продукції (на 17-35 %). Прибавки врожаїв сільськогосподарських культур на меліорованому ґрунті становили 7-33 %. КЗШ сприяв підвищенню стійкості мікроструктури, збільшенню вмісту агрономічно цінної фракції агрегатів на 6,6 % і водостійких агрегатів на 7,5 %.

Список використаної літератури

1. *Заходи з поліпшення еколого-агромеліоративного стану зрошуваних і вилучених зі зрошення земель Донецького регіону/ Рекомендації/* За ред. С.А. Балюка. – К.: Аграрна наука, 2005. – 56 с.
2. *Хімічна меліорація ґрунтів (концепція інноваційного розвитку)/* За ред. С.А. Балюка, Р.С. Трускавецького, Ю.Л. Цапка. – Харків, 2012. – 129 с.
3. *Воротник Т.К.* Методические рекомендации по составлению проектно-сметной документации на химическую мелиорацию почв, орошаемых минерализованными водами/ Т.К. Воротник, А.Н. Болдырев, Н.В. Красутская. – К., 1982. – С. 9 – 21.
4. *НТД 0497-055-05-93* Інструкція з хімічної меліорації зрошуваних ґрунтів. – Харків, 1993. – 27 с.
5. *Якість природної води для зрошення.* Агрономічні критерії: ДСТУ 2730-94 – К.: Держстандарт України, 1995. – 14 с.
6. *Якість води для зрошування.* Екологічні критерії: ДСТУ 7286:2012.– К.: Мінекономрозвитку України, 2013. – 14 с.
7. *Рекомендації з використання кальцієво-залізовмісних шламів як хімічних меліорантів солонцевих ґрунтів.* – Харків, 2005. – 34 с.
8. *Медведев В.В.* Структура почвы. – Харьков, 2008. – 405 с.
9. *Можейко А.М.* Взаимодействие гипса с коллоидным комплексом солонцеватых почв /А.М. Можейко// Записки ХСХИ. – Х., 1946. – Т. 5. – С. 199-224.

Стаття надійшла до редколегії 02.07.2015

APPLICATION of CALCIUM-IRON PRODUCTION WASTE FOR IRRIGATED BY MINERAL WATERS AND TECHNOLOGICALLY CONTAMINATED SOILS IMPROVING**L.I. Vorotyntseva****NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky»**
(*Oroshenie@ukr.net*)

The objective was to study the efficiency of resource-saving technologies of cultivation of alkaline and technologically contaminated chernozem ordinary with calcium-iron sludge, assessment of changes in agrophysical, physical-chemical and chemical properties and the productive functions of reclaimed soils. Research were carried out for the period 2009-2014 in field small plot experiment in ISSAR Experimental Field "Donetske" State Enterprise National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky» (p. Sukha Balka, Yasinovatskiy district, Donetsk region.) on chernozem ordinary medium-humus on loessial sandy loams.

The positive effect of the ameliorants on quality composition of the salts of the aqueous extract, the content of absorbed cations was defined, it helped to reduce the degree of soil alkalinity to the weak (2,8% Na + K from the amount of absorbed cations). Application of ameliorant in the soil improved the microstructure of the soil, provided the increase of agronomically valuable aggregates fraction and increased the number of water-resistant aggregates more than 0.25 mm.

Due to the complex formation of sparingly soluble compounds with iron, calcium barrier it was decreased category of soil contamination to permissible, reduced the content of available forms of lead and cadmium (1.5-1.7 times) in the soil and crops. Improving the properties of the soil provides yield increase of crops at the level of 7-33%.

Key words: *irrigation; irrigation water; calcium-iron sludge; melioration; alkanization; absorbed cations.*