

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-238>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/238>

УДК 631.67:330

## ПЕРЕРОЗПОДІЛ ГРАНУЛОМЕТРИЧНИХ ФРАКЦІЙ В ЧОРНОЗЕМІ ЗВИЧАЙНОМУ ПІД ВПЛИВОМ ТРИВАЛОГО ЗРОШЕННЯ ТА ХІМІЧНОЇ МЕЛІОРАЦІЇ ФОСФОГІПСОМ

Т.К. Макарова<sup>1</sup>, канд. с.-г. наук; Н.М. Максимова<sup>2</sup>, канд. техн. наук; Г.В. Гапіч<sup>3</sup>, канд. техн. наук; І.В. Чушкіна<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна; <https://orcid.org/0000-0002-7150-6143>; e-mail: Shvydenkotk@i.ua;

<sup>2</sup> Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна; <https://orcid.org/0000-0003-1684-7479>; e-mail: natashannnnnn@gmail.com;

<sup>3</sup> Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна; <https://orcid.org/0000-0001-5617-3566>; e-mail: gapichennadii@gmail.com;

<sup>4</sup> Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна; <https://orcid.org/0000-0003-1251-6664>; e-mail: zalomiy80@gmail.com

**Анотація.** Стаття розкриває питання перерозподілу гранулометричних фракцій в чорноземі звичайному малогумусному вилугуваному на суглинковому лесі в умовах Північного Степу України під впливом зрошення водою II класу якості та хімічної меліорації фосфогіпсом. Тривале використання води для зрошення з водосховища на р. Самара Дніпровського району Дніпропетровської області погіршило властивості ґрунту через розвиток у ньому процесів осолонцювання, що обумовило використання фосфогіпсу. Розраховані норми внесення фосфогіпсу 1,4 т/га, 3 т/га і 6 т/га вносили на фоні зрошення і без нього. Досліджено вплив хімічної меліорації та зрошення на еколого-меліоративний стан ґрунту, що позначилося на змінах його гранулометричного складу, щільності складення та структурно-агрегатного складу. Встановлено, що поливи ґрунту середньою нормою зрошення 1500 м<sup>3</sup>/га знижують вміст фізичної глини на 0,12–0,06% порівняно з варіантами без зрошення. При внесенні фосфогіпсу при зрошенні відбуваються незначні зміни в перерозподілі гранулометричних фракцій: збільшення фракцій фізичного піску та зменшення фракцій фізичної глини. Встановлено, що гранулометричний склад ґрунту є більш стійким до дії фосфогіпсу, ніж до зрошення. На незрошуваних варіантах із хімічною меліорацією фосфогіпсом порівняно з контролем на 0,54–0,91% збільшується вміст фізичного піску та на 0,87–1,13% зменшується вміст фізичної глини. З підвищенням норми внесення фосфогіпсу вміст фізичного піску збільшується. Ефект покращення структурності та розуцільнення ґрунту спостерігається на варіантах із внесенням фосфогіпсу нормою 6 т/га під основний обробіток та нормою 3 т/га під весняну культивуацію.

**Ключові слова:** хімічна меліорація, фосфогіпс, чорнозем звичайний, гранулометричний склад, структура ґрунту, щільність складення ґрунту.

Постановка проблеми. Гранулометричний склад, а саме вміст і співвідношення його гранулометричних фракцій, є головним критерієм, який визначає екологічні та продуктивні функції ґрунту. Він показує відповідне співвідношення в ґрунті механічних елементів різних розмірів (гранулометричних фракцій) у відсотках і впливає практично на всі його властивості [1; 2]. Ґрунти за гранулометричним складом поділяють на фізичний пісок (частки > 0,01 мм) та фізичну глину (частки < 0,01 мм). Такий розподіл базується на генезисі ґрунту, до того ж однаковий відсотковий вміст фізичної глини буде відігравати різну роль у підзолистих ґрунтах, чорноземах та солонцях, оскільки має різні діапазони значень [3].

Родючість ґрунту залежить від його гранулометричного складу, який своєю чергою

впливає на теплові, повітряні, водно-фізичні, фізичні та фізико-хімічні властивості ґрунтів. В умовах, де розвиваються процеси осолонцювання, гранулометричний склад ґрунтів змінюється залежно від складу ґрунтового поглинального комплексу, а саме від вмісту поглиненого натрію, кальцію і магнію, що позначається на процесах ущільнення, агрегації, фільтрації, вологоутримання, вологоперенесення, гумусоутворення та ін. Відомо, що легкі ґрунти за гранулометричним складом легко обробляються, швидко прогріваються, мають гарний повітряний та водний режим, але погано утримують вологу, мають малу ємність поглинання, низький рівень гумусу та елементів живлення. Важкі ґрунти, навпаки, дуже добре утримують вологу, мають високу ємність поглинання, більш насичені гумусом

та елементами живлення. Водночас важко-суглинкові та глинисті ґрунти мають помірну водопроникність, здатність запливати, утворювати кірку, злипатись. За цими критеріями кращими вважають суглинкові ґрунти [3].

Отже, актуальним є вивчення тривалої дії зрошення та внесення фосфогіпсу у якості хімічного меліоранту на зміни у перерозподілі фракцій гранулометричного складу у ґрунтах, де розвиваються процеси осолонцювання.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Питанням зміни меліоративних властивостей ґрунту під впливом зрошення і хімічної меліорації присвячені роботи вітчизняних та зарубіжних науковців: Ромащенко М.І., Балюк С.А., Андреев Г.І., Козлечков Г.А., Золотун В.П., Моргун М.М., Жуков В.А., Онопрієнко Д.М., Papastefanou С., Stoulos S., Gharaibeh M.A., Eltaif N.I. та ін.

Найактивнішою агрономічною складовою ґрунту є фракція мулу ( $< 0,001$  мм) [1]. Саме вона найбільш насичена колоїдним комплексом, яким визначається поглинальна здатність ґрунту та водостійкість його структури. Сприятлива водотривка структура формується в умовах відповідного поєднання глинистих частинок, гумусу і кальцію. Водночас, ситуація змінюється при проведенні зрошення водою II класу якості, за якого відбуваються зміни у ґрунтовому поглинальному комплексі (підвищується вміст поглиненого натрію), змінюється фракційний склад ґрунту, збільшується щільність складення та знижується водостійкість структури ґрунту.

У результаті проведених раніше досліджень в умовах Північного Степу України на чорноземах [4; 5] встановлено, що при зрошенні гранулометричний склад ґрунтів вниз по профілю збільшує відсоток мулу та дрібного пилу. Це пояснюється деагрегацією крупних частинок поливною водою та подрібнення їх у пил і мул [3; 6; 7]. Зрошення також переносить мілку мулисту фракцію з верхніх шарів ґрунту у нижні. Дослідження на чорноземі південному після 17 років зрошення показали результати зі зменшенням фізичної глини в орному шарі з 40,32 до 38,99% [8]. Відмічалось також поважчання шару 20–40 см. Під час іригаційного осолонцювання не так стрімко, але спостерігаються ті ж самі процеси, що призводять до знеструктурування ґрунтів та утворення у нижніх горизонтах ущільненого шару.

Інші дослідження в умовах Ростовської та Волгоградської областей на чорноземах звичайних доводять полегшення грануло-

метричного складу у верхніх горизонтах та поважчання у нижчих при зрошенні [9]. Спостерігалась тенденція до збільшення пилуватої фракції у верхніх горизонтах при поливі.

Ґрунти класифікують ще за такою генетичною ознакою як структура. З'єднані між собою механічні елементи агрегатів утворюють структуру ґрунту. Якісний склад, форма, розміри в одного типу ґрунту будуть різні залежно від місця відбору, горизонту та пори року. Ґрунти бувають структурні та безструктурні. Структурна форма розділена на різні частинки з відповідною формою та величиною – грудки. Безструктурний стан містить окремі механічні елементи, які не з'єднані між собою або мають вигляд суцільної зцементованої маси. Основна характеристика структурних частинок не форма, а їх властивості (розмір, водостійкість, пористість та ін.).

У результаті численних досліджень на чорноземних та каштанових ґрунтах доведено, що зрошення та механічний обробіток порушують структуру ґрунту [3, 9, 10]. Надмірний обробіток призводить до зменшення структурності через механічний розпад частинок. При зрошенні, як зазначалось раніше, руйнуються водостійкі агрегати, що викликано безпосередньо фізичною дією води на частинки та зміною хімічних властивостей ґрунту під дією води. Це спричиняє до утворення поверхневої кірки та збільшення щільності складення ґрунту. Для усунення негативних явищ зрошення пропонується проведення хімічної меліорації для поліпшення фізичних властивостей солонцюватих ґрунтів [11, 12].

Проведеними раніше дослідженнями Інституту овочівництва і баштанництва НААН встановлено, що ґрунт за механічним складом змінюється в бік поважчання при віддалені від р. Дніпро з легкосуглинкового до важкосуглинкового і легкоглинистого з переважанням в його фракціях часток пилу (від 0,05 до 0,001 мм). Найбільш поширені в цьому районі чорноземи пилувато-важкосуглинкові, в гранулометричному складі яких (при орному шарі 0–20 см) міститься фізичної глини (часток менших за 0,01 мм) від 45 до 55%, а часток мулу (менших за 0,001 мм) від 27 до 35%.

Неоднозначність результатів досліджень викликає зацікавленість. Можливо це пояснюється конкретними умовами проведення зрошення, особливістю ґрунтів, рельєфу місцевості та ін.

**Мета досліджень** полягає у встановленні на дослідній ділянці відповідних закономірностей зміни гранулометричного складу ґрунту під дією довготривалого зрошення водою II класу придатності та перерозподіл фракцій ґрунту при проведенні хімічної меліорації фосфогіпсом для усунення процесів осолонцювання.

**Методи та об'єкт дослідження.** Для вирішення наукових завдань використовували теоретичні методи, що базувалися на системному підході до розглянутої проблеми, з використанням методів аналізу та синтезу для вивчення способів боротьби із засоленням; експериментальні дослідження, що передбачають проведення польових та лабораторних дослідів. Польові досліді проводили для вивчення впливу хімічної меліорації на фізичні властивості ґрунту; лабораторні – для визначення фізичних та хімічних властивостей ґрунту; статистичний метод – для оцінки вірогідності отриманих результатів досліджень.

Під час виконання роботи було закладено польовий дослід, який включав 8 варіантів та два фактори: 1 – без внесення фосфогіпсу без зрошення (контроль); 2 – без внесення фосфогіпсу зі зрошенням водою II класу якості «Обмежено придатна» за ДСТУ 2730:2015 з середньою зрошувальною нормою 1500 м<sup>3</sup>/га (контроль); 3 – внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га на глибину 12 см без зрошення; 4 – внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га на глибину 12 см без зрошення; 5 – внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту на глибину 20 см нормою 6 т/га без зрошення; 6 – внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га на глибину 12 см зі зрошенням з середньою зрошувальною нормою 1500 м<sup>3</sup>/га; 7 – внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га на глибину 12 см зі зрошенням з середньою зрошувальною нормою 1500 м<sup>3</sup>/га; 8 – внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту на глибину 20 см нормою 6 т/га зі зрошенням з середньою зрошувальною нормою 1500 м<sup>3</sup>/га. Площа облікової ділянки становить 50 м<sup>2</sup>. Повторюваність дослідів чотириразова з розщепленим розміщенням ділянок. Фосфогіпс вносили розрахунковими дозами в запас на три роки. Меліоративну дозу внесення фосфогіпсу визначали за витісненням обмінного натрію з ґрунтового вбирного комплексу, за попередження осолонцювання ґрунту мінералізованими водами (за вмістом натрію у поливній воді),

за коагуляційно-пептизаційним методом та допоглинанням ґрунтом кальцію. Під час проведення досліджень чергування сільськогосподарських культур було таким: ячмінь ярий, пшениця озима, пшениця озима.

Дослідження проводили на базі державного підприємства «Дослідне господарство Дніпровської дослідної станції Інституту овочівництва і баштанництва НААН», що знаходиться в с. Олександрівка Дніпровського району Дніпропетровської області. Ведення сільського господарства на дослідній ділянці проводили та проводять в умовах зрошення водою з водосховища на р. Самара. На початку проведення зрошення у дослідному господарстві ґрунт мав дрібногрудкувату структуру. Проведення обробітку у вологому стані та надмірне зволоження призвело до його ущільнення, незадовільного проникнення води і повітря у нижні горизонти.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Ґрунтовий покрив ділянки представлено чорноземом звичайним малогумусним вилугованим легкосуглинковим на лесі, профіль якого на момент досліджень складався з таких горизонтів:

Nk0-30 см – гумусовий, темно-сірий, орний шар – порохуватий, в сухому стані брилистий і тріщинуватий, легкосуглинковий; підорний шар – грудкувато-зернистий сухий, перехід у наступний горизонт поступовий за складенням і кольором

Hrks30-45 см – верхній перехідний, гумусований, темно-сірий, з глибиною змінюється на бурий, легкосуглинковий, горіхувато-грудкуватий, злегка ущільнений, сухий, засолений, перехід у наступний горизонт поступовий за кольором

HP(i)ks45-50 см – нижній перехідний, гумусовий, ілювіюваний, темно-бурувато-сірий, вологий, легкосуглинковий, горіхуватий, карбонатний, наявне скипання від 10%-соляної кислоти, карбонати у вигляді «білозірки», засолений

Ph(i)k50-110 см – верхня частина ґрунотворної породи, темно-бурій, свіжий, легкосуглинковий, структура змінюється з горіхуватої на грудкувату, ущільнений, перехід у наступний горизонт поступовий за кольором

Pk110-150 см – ґрунотворна порода – лес, палевий, ущільнений, легкосуглинковий, горіхувато-грудкуватий, карбонатний, карбонати у вигляді прожилок.

Дані гранулометричного складу ґрунту за середніми показниками по роках досліджень наведено у таблиці 1.

## 1. Гранулометричний склад ґрунту дослідної ділянки (середнє за 3 роки досліджень)

Варіант досліджу*	Шар ґрунту, см	Розмір часток (мм), значення (%)						Вміст, %	
		1,000–0,250	0,250–0,050	0,050–0,010	0,0100–0,005	0,005–0,001	<0,001	фізична глина	фізичний пісок
1	0–30	4,07	34,89	33,55	2,08	8,96	16,44	27,48	72,51
	30–60	5,16	29,46	35,82	3,69	7,56	18,28	29,53	70,44
2	0–30	3,81	35,73	33,87	1,96	8,9	16,24	27,1	73,41
	30–60	5,21	31,38	34,98	2,2	7,48	18,07	27,75	71,57
3	0–30	4,42	35,48	34,24	1,56	8,14	14,39	24,09	74,14
	30–60	5,2	30,61	36	3,34	7	16,57	26,91	71,81
4	0–30	4,49	35,76	34,57	1,62	8,25	14,68	24,55	74,82
	30–60	5,27	30,87	36,4	3,4	7,1	16,75	27,25	72,54
5	0–30	4,51	35,9	34,85	1,67	8,37	14,83	24,87	75,26
	30–60	5,3	31	36,48	3,42	7,18	16,78	27,38	72,78
6	0–30	4,0	36,1	34,25	1,58	8,31	14,1	23,99	74,35
	30–60	5,38	31,54	35,0	2,05	7,1	16,0	25,15	71,92
7	0–30	4,21	36,28	34,53	1,6	8,43	14,14	24,17	75,02
	30–60	5,42	31,61	35,1	2,1	7,14	16,23	25,47	72,13
8	0–30	4,37	36,37	34,64	1,68	8,4	14,36	24,44	75,38
	30–60	5,51	31,75	35,5	2,1	7,16	16,3	25,56	72,76

**Примітка:** \*1 – без внесення фосфогіпсу, без зрошення (контроль); 2 – без внесення фосфогіпсу зі зрошенням водою II класу якості «Обмежено придатна» за ДСТУ 2730:2015 з середньою нормою зрошення 1500 м<sup>3</sup>/га (контроль); 3 – внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га на глибину 12 см, без зрошення; 4 – внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га на глибину 12 см, без зрошення; 5 – внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту на глибину 20 см нормою 6 т/га без зрошення; 6 – внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га на глибину 12 см зі зрошенням водою II класу якості з середньою зрошувальною нормою 1500 м<sup>3</sup>/га; 7 – внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га на глибину 12 см зі зрошенням водою II класу якості з середньою нормою зрошення 1500 м<sup>3</sup>/га; 8 – внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту на глибину 20 см нормою 6 т/га зі зрошенням водою II класу якості з середньою нормою зрошення 1500 м<sup>3</sup>/га.

З наведених даних видно, що зрошення і хімічна меліорація фосфогіпсом призводять до змін у співвідношеннях між фракціями гранулометричного складу ґрунту, основними з яких є збільшення частинок фізичного піску по відношенню до контролю. Суттєво відрізняються значення розміру гранулометричних частинок зі зрошуваним та незрошуваним варіантами. Завдяки зрошенню вміст фізичної глини в орному шарі ґрунту (0–30 см) зменшився на 0,38%, за цього на 0,94% збільшився вміст поглиненого натрію і на 0,15 г/см<sup>3</sup> підвищилася щільність складення ґрунту порівняно з контролем. Зміни в складі ґрунтового поглинального комплексу позначилися на поглинальній здатності ґрунту та структурно-агрегатному складі. Під дією зрошення вміст агрономічно-цінних агрегатів ґрунту (10,0–0,25 мм) в орному шарі зменшився до 68,5%, тоді як у підорному шарі (30–60 см) залишався стабільним. Вміст фізичного піску збільшувався за відношенням до контрольного незрошеного варіанту в середньому на 1,02% в орному та підорному шарах ґрунтового профілю.

Хімічна меліорація фосфогіпсом без зрошення позитивно вплинула на кількість фракцій фізичного піску. Відбулося укрупнення цих фракцій на 0,54–0,91% порівняно з контрольним незрошуваним варіантом. Значення відсотка вмісту фракцій збільшувалось із підвищенням норми внесення меліоранту. Так, при нормі 1,4 т/га це значення було 4,42%, а при нормах 3 та 6 т/га – 4,49 та 4,51% відповідно. Більш суттєве підвищення значень фізичного піску саме в орному шарі ґрунту на 0,35–0,44%, тоді як у підорному шарі ця різниця складає 0,4–0,11%. Вміст фізичної глини навпаки зменшився на 0,87–1,13%. Така ж тенденція спостерігається у зміні кількості обмінного натрію: на контролі без зрошення він становив 4,24%. За збільшення норми внесення значення обмінного натрію змінювались із 2,58% за норми 1,4 т/га до 2,08% за норми внесення фосфогіпсу 6 т/га. Щільність складення ґрунту орного шару при цьому змінювалась у незначних діапазонах – 1,25–1,21 г/см<sup>3</sup> по варіантах внесення меліоранту, а при порівнянні з контрольним (1,35 г/см<sup>3</sup>) ця

зміна була більш суттєва. Підорний шар при незначній зміні вмісту фізичної глини в середньому на 2,35% характеризувався ущільненням до 1,41 г/см<sup>3</sup>. За проведення хімічної меліорації структурно-агрегатний стан ґрунту характеризувався підвищенням вмісту агрономічної цінної структури до 71,2%.

У варіантах зі зрошенням спостерігали також збільшення фракцій фізичного піску та зменшення фракцій фізичної глини зі збільшенням норми внесення меліоранту. В орному шарі ґрунту відбулося збільшення фракцій фізичного піску на 0,31–0,35% порівняно з контрольним зрошуваним варіантом, що на 0,23–0,56% менше варіантів без зрошення. Вміст фізичної глини навпаки зменшився на 0,89–1,04%. Значення відсотка вмісту фракцій (1,000–0,2500 мм) збільшувалось зі збільшенням норми внесення меліоранту. Величина вмісту фракцій розміром 1,00–0,25 мм підвищувалася із збільшенням норми внесення меліоранту. Так за норми 1,4 т/га це значення було 4,00%, за норм 3 та 6 т/га – 4,21 та 4,37 відповідно, що на 0,42–0,14% менше порівняно з незрошуваними варіантами. Це вказує на вищу стабільність ґрунту до дії фосфогіпсу, ніж до зрошення. У структурно-агрегатному складі відбувається втрата агрономічно цінних агрегатів до 69,4%, але це більше на 1% порівняно з контролем. За цього відбувається значне зменшення обмінного натрію до 1,27–1,72% з 5,13% на контролі при зрошенні, що пояснюємо значним зменшенням вмісту фізичної глини в середньому на 2,3%. Щільність складення ґрунту у цьому разі становила 1,26–1,28 г/см<sup>3</sup> (на контролі – 1,4 г/см<sup>3</sup>).

У підорному шарі вміст фізичного піску збільшився на 0,12–0,4%, а вміст фізичної глини зменшився на 0,73–0,87% порівняно з

контрольним зрошуваним варіантом. Як і у варіантах без зрошення, так і під час поливу відбувається ущільнення підорного шару ґрунту до 1,55 г/см<sup>3</sup>.

**Висновки.** Проведені дослідження показали, що у ґрунті відбувається перерозподіл фракцій гранулометричного складу, а саме зменшення вмісту фізичної глини на 0,12–0,06% при зрошенні порівняно з неполивним варіантом. За проведення хімічної меліорації фосфогіпсом у варіантах зі зрошенням спостерігали збільшення фракцій фізичного піску та зменшення фракцій фізичної глини. Встановили, що при поливі фракційний склад ґрунту більш стійкий до внесення фосфогіпсу, аніж до зрошення.

Під впливом хімічної меліорації фосфогіпсом без зрошення відбувається збільшення фракцій фізичного піску на 0,54–0,91% порівняно з контрольним незрошуваним варіантом за рахунок кращої агрегованості в мікроагрегатах; вміст фізичної глини навпаки зменшився на 0,87–1,13%. Значення відсотка вмісту фракцій фізичного піску збільшувалось зі збільшенням норми внесення меліоранту. В усіх варіантах досліджується ущільнення підорного шару ґрунту; зменшення кількості обмінного натрію; у варіантах зі зрошенням відбувається втрата агрономічно цінних грудкувато-зернистих частинок ґрунту.

За результатами досліджень встановлено, що фосфогіпс покращив гранулометричний склад ґрунту дослідної ділянки, хоча відбулося деяке ущільнення підорного шару ґрунту. На показники фракційності гранулометричного складу та щільності складення найкраще вплинуло внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га та внесення під культивування навесні нормою 3 т/га.

### Бібліографія

1. Золотун В.П. и др. Изменение мелиоративных свойств почв юга Украины в условиях орошения и их мелиорация. Агрохимия и плодородие почв: тез. докл. III съезда почвоведов и агрохимиков (10–14 сентября 1990 г.). Харьков, 1990. С. 41–45.
2. Papastefanou C., Stoulos S., Ioannidou A., Manolopoulou M. The application of phosphogypsum in agriculture and the radiological impact. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2006. № 89. Pp. 188–198.
3. Шикун Н.К., Назаренко Г.В. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия. Москва: Агропромиздат, 1990. 320 с.
4. Онопрієнко Д.М., Шепель А.В., Макарова Т.К. Вплив фосфогіпсу на хімічний склад водної витяжки ґрунту // *Агрологія*. 2019. №2(3). С. 151–155. doi:10.32819/019022
5. Онопрієнко Д.М., Макарова Т.К. Вплив хімічної меліорації на сольовий режим ґрунтів (на прикладі Дніпропетровської області) // *Вісник ДДАЕУ*. 2015. № 3(37). С. 53–57.
6. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв: учебное пособие / Под ред. Д.С. Орлова, В.Д. Васильевской. Москва: Изд-во МГУ, 1994. 272 с.

7. Ромащенко М.І., Балюк С.А. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення. Київ: Видавництво «Світ», 2000. 114 с.
8. Остапов В.Н., Сафронова Е.П. Влияние орошения на плодородие почв в степной зоне Украины // Гидротехника и мелиорация. 1986. № 5. С. 54–58.
9. Андреев Г.И., Козлечков Г.А., Андреев А.Г. Экологическое состояние орошаемых почв на Нижнем Дону: монография, 2007. 262 с.
10. Gharaibeh M.A., Eltaif N.I., Shra'ah S.H. Reclamation of a calcareous saline-sodic soil using phosphoric acid and by-product gypsum. Soil Use and Management. 2010. Vol. 26. Issue 2. Pp. 141–148.
11. Лозовицький П.С. Водні та хімічні меліорації ґрунтів. Київ, 2010. 187 с.
12. Хімічна меліорація ґрунтів (концепція інноваційного розвитку) / за ред. С.А. Балюка, Р.С. Трускавецького, Ю.Л. Цапка. Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2012. 129 с.

### References

1. Zolotun, V.P., Zhukov, V.A., & Morgun, M.M. et al. (1990). Izmenenie meliorativnyh svojstv pochv yuga Ukrainy v usloviyah orosheniya i ih melioraciya [Changing the reclamation properties of soils in the south of Ukraine under irrigation and their reclamation]. Agrohimiya i plodorodie pochv: tez. dokl. III sezda pochvovedov i agrohimikov. Harkov, 41–45. [in Russian].
2. Papastefanou, C., Stoulos, S., Ioannidou, A., & Manolopoulou M. (2006). The application of phosphogypsum in agriculture and the radiological impact. Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 89, 188–198.
3. Shikula, N.K., & Nazarenko, G.V. (1990). Minimalnaya obrabotka chernozemov i vosproizvodstvo ih plodorodiya [Minimal processing of chernozems and reproduction of their fertility]. M.: Agropromizdat. [in Russian].
4. Onopriienko, D.M., Shepel', A.V., & Makarova, T.K. (2019). Influence of phosphogypsum on the chemical composition of aqueous extract from soil. Agrology, 2(3), 151–155. doi:10.32819/019022. [in Ukrainian].
5. Onoprienko, D.M., & Makarova, T.K. (2015). Vplyv khimichnoi melioratsii na solovyi rezhym gruntiv (na prykladi Dnipropetrovskoi oblasti) [Influence of chemical reclamation of soil salt regime (of the example of Dnepropetrovsk region)]. Bulletin of the DSAEU, Vol. 3(37), 53–57. [in Ukrainian].
6. Orlova, D.S., & Vasilevskoj, V.D. et al. (1994). Pochvenno-ekologicheskij monitoring i ohrana pochv: uchebnoe posobie [Soil-ecological monitoring and soil protection: a training manual]. Moscow: Izd-vo MGU. [in Russian].
7. Romashenko, M.I., & Balyuk, S.A. (2000). Zroshennya zemel v Ukrayini. Stan ta shlyahi polipshennya [Irrigation of lands in Ukraine. Condition and ways to improve]. Kyiv. [in Ukrainian].
8. Ostapov, V.N., & Safronova, E.P. (1986). Vliyanie orosheniya na plodorodie pochv v stepnoj zone Ukrainy [The impact of irrigation on soil fertility in the steppe zone of Ukraine]. Gidrotehnika i melioraciya, Vol. 5, 54–58. [in Russian].
9. Andreev, G.I., Kozlechkov, G.A. & Andreev, A.G. (2007). Ekologicheskoe sostoyanie oroshaemyh pochv na Nizhnem Donu: monografiya [The ecological state of irrigated soils in the Lower Don: monograph]. Dnepropetrovsk. [in Russian].
10. Gharaibeh, M.A., Eltaif, N.I., & Shra'ah, S.H. (2010). Reclamation of a calcareous saline-sodic soil using phosphoric acid and by-product gypsum. Soil Use and Management, Vol. 26, Iss. 2, 141–148.
11. Lozovitskyi, P.S. (2010). Vodni ta khimichni melioratsii gruntiv [Water and chemical soil reclamation]. Publishing and Printing. [in Ukrainian].
12. Baliuk, S.A. (Ed.). (2012). Suchasna koncepcija himichnoi melioratsii (Informatsiine zabezpechennia zroshuvanoho zemlerobstva kyslyh i soloncevyh gruntiv. Kontseptsii, struktura, orhanizatsiia. [Contemporary concept of chemical melioration of acid and saline soils. Information support. Harkiv. [in Ukrainian].

**Т.К. Макарова, Н.Н. Максимова, Г.В. Гапич, И.В. Чушкина**

#### **Перераспределение гранулометрических фракций в черноземе обыкновенном под влиянием длительного орошения и химической мелиорации фосфогипсом**

**Аннотация.** Статья раскрывает вопросы перераспределения гранулометрических фракций в черноземе обычном малогумусном выщелоченном на суглинистом лессе в условиях Северной Степи Украины под влиянием орошения водой II класса качества и химической мелиорации фосфогипсом.

Длительное использование воды для орошения из водохранилища на р. Самара Днепропетровского района Днепропетровской области ухудшило свойства почвы из-за развития в нем процессов осолонцевания, что обусловило использование фосфогипса. Исследовано влияние химической мелиорации и орошения на эколого-мелиоративное состояние почвы, что сказалось на изменениях ее гранулометрического состава, плотности сложения и структурно-агрегатного состава. Установлено, что поливы почвы средней нормой орошения  $1500 \text{ м}^3/\text{га}$  снижают содержание физической глины на  $0,12\text{--}0,06\%$  по сравнению с вариантами без орошения. При внесении фосфогипса при орошении происходят незначительные изменения в перераспределении гранулометрических фракций: увеличение фракций физического песка и уменьшение фракций физической глины. Установлено, что гранулометрический состав почвы является более устойчивым к действию фосфогипса, чем к орошению. На неорошаемых вариантах с химической мелиорацией фосфогипсом по сравнению с контролем на  $0,54\text{--}0,91\%$  увеличивается содержание физического песка и на  $0,87\text{--}1,13\%$  уменьшается содержание физической глины. С повышением нормы внесения фосфогипса содержание физического песка увеличивается. Эффект улучшения структурности и разуплотнения почвы наблюдается на вариантах с внесением фосфогипса нормой  $6 \text{ т}/\text{га}$  под основную обработку и нормой  $3 \text{ т}/\text{га}$  под весеннюю культивацию.

**Ключевые слова:** химическая мелиорация, фосфогипс, чернозем обыкновенный, гранулометрический состав, структура почвы, плотность сложения почвы.

**T.K. Makarova, N.N. Maksymova, G.V. Napich, I.V. Chushkina**

### **Redistribution of particle-size fractions in ordinary chernozem affected by long-term irrigation and chemical melioration with phosphogypsum**

**Abstract.** The article reveals the issue of redistribution of particle-size fractions in ordinary low-humus leached chernozem on loamy loess in the condition of Northern Steppe of Ukraine affected by the irrigation with II class water and chemical melioration with phosphogypsum. Rather long use of water for irrigation from the reservoir on the Samara River in the Dniprovskiy district of the Dnipropetrovsk region deteriorated the soil properties due to salinization development in it, which led to the use of phosphogypsum. The calculated application rates of phosphogypsum  $1,4 \text{ т}/\text{га}$ ,  $3 \text{ т}/\text{га}$  and  $6 \text{ т}/\text{га}$  were applied along with irrigation and without it. The effect of chemical melioration and irrigation on the ecological and ameliorative condition of soil that resulted in the change of its particle-size composition, bulk density and structure was studied. It is established that irrigation of the soil with an average irrigation rate of  $1500 \text{ м}^3/\text{га}$  reduces the content of physical clay by  $0,12\text{--}0,06\%$  compared to the options without irrigation. When applying phosphogypsum along with irrigation there are minor changes in the redistribution of particle-size fractions: an increase in the fractions of physical sand and a decrease in the fractions of physical clay. It was determined that the particle-size composition of soil is more resistant to the effect of phosphogypsum rather than to the effect of irrigation. In non-irrigated variants when applying chemical melioration with phosphogypsum, the content of physical sand increases by  $0,54\text{--}0,91\%$  compared to the reference variant and the content of physical clay decreases by  $0,87\text{--}1,13\%$ . With increasing the rate of phosphogypsum, the content of physical sand also increases. The effect of improving the structure and loosening of the soil is observed in the variants where phosphogypsum at the rate of  $6 \text{ т}/\text{га}$  was applied under the main tillage and at the rate of  $3 \text{ т}/\text{га}$  under spring cultivation.

**Key words:** chemical melioration, phosphogypsum, ordinary chernozem, particle-size composition, soil structure, soil density.