

УДК 631.4

Винокурова Н. В.*здобувачка вищої освіти поза аспірантурою,
науковий співробітник лабораторії інструментальних методів досліджень ґрунтів,
стандартизації і метрології,**Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О. Н. Соколовського»**Харків, Україна***E-mail:** *mega_nadi1980@ukr.net***ORCID:** 0000-0003-3876-480X**Солоха М. О.***доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник, завідувач лабораторії інструментальних методів досліджень ґрунтів,
стандартизації і метрології,**Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О. Н. Соколовського»**Харків, Україна***E-mail:** *solomax@ukr.net***ORCID:** 0000-0002-1860-0819

АПРОКСИМАЦІЯ ДАНИХ, ВИЗНАЧЕНИХ МЕТОДОМ СЕДИМЕНТАЦІЇ ЗА ДСТУ ISO 11277:2005 І МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЇ ДИФРАКЦІЇ

Анотація

Метод лазерної дифракції активно використовується у світовій практиці для аналізу текстурних характеристик ґрунтів. Але на сьогодні в Україні, на відміну від розвинених країн, дослідження з використання методу лазерної дифракції для визначення гранулометричного складу ґрунтів знаходяться на початковому етапі, потребують подальшого дослідження й адаптації в умовах України.

Метою статті є висвітлення аспектів вимірювання гранулометричного складу при апроксимації даних, визначених методом седиментації за ДСТУ ISO 11277:2005 і методом лазерної дифракції, на прикладі лазерного аналізатора частинок Mastersizer 3000E фірми Malvern Instruments із рідинним модулем диспергування Hydro EV.

У статті наведено оптимальні налаштування лазерного аналізатора частинок при вимірюванні гранулометричного складу ґрунту, удосконалено спосіб пробопідготовки перед вимірюванням на приладі та спосіб вибору оптимальних індексів рефракції зразків, за яким індекс рефракції приймається за найменшою сумарною різницею. Установлено, що оптимальним індексом рефракції при апроксимації даних методом лазерної дифракції та даних за ДСТУ ISO 11277:2005 для ґрунтів акумулятивного ряду (чорнозем типовий, чорнозем звичайний і темно-каштановий солонцюватий) є 1,41, для опідзоленого ряду (чорнозем опідзолений, сірий лісовий) – 1,42, для підзолистого ряду (дерновий середньоопідзолений) – 1,43. При цьому різниця по фракціях між методами для ґрунтів акумулятивного ряду не перевищує 3,5%, для опідзоленого ряду – 5,6%, для підзолистого ряду – до 6,5%. Установлено, що при підготовці ґрунтової проби подібно до ДСТУ ISO 11277:2005 і при запропонованих оптимальних індексах рефракції за даними, визначеними за методом лазерної дифракції, текстура ґрунту така сама, як і за даними ДСТУ ISO 11277:2005. Тобто метод лазерної дифракції може слугувати альтернативою класичному седиментаційному методу.

Ключові слова: ґрунт, гранулометричний склад, текстура ґрунту, лазерна дифракція, седиментація, підготовка проб, розмір частинок.

Вступ. Гранулометричний склад є одним із основних фізичних показників ґрунту, що визначається при встановленні родючості, якісного стану, деградації, екологічно безпечного зрошення тощо. Розроблення й удосконалення методики визначення гранулометричного складу ґрунту методом лазерної дифракції спрямовано на покращення методичної бази за рахунок оперативності, відтворюваності та імплементацію з міжнародною, це підтримує виконання цілей сталого розвитку України (Указ Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» від 30.09.2019 № 722/2019). Метод лазерної дифракції активно використовується у світовій практиці для аналізу текстурних характеристик ґрунтів. Згідно з нормативним документом ISO 13320:2020 [7], який регламентує вимірювання методом лазерної дифракції, «метод лазерної дифракції розвинувся настільки, що зараз він є домінуючим методом визначення розподілу розміру частинок (PSD)». Але на сьогодні в Україні, на відміну від розвинених країн, дослідження з використання методу лазерної дифракції для визначення гранулометричного складу ґрунтів знаходяться на початковому етапі й потребують подальшого дослідження й адаптації в умовах України.

Мета роботи – висвітлення аспектів вимірювання при апроксимації даних, визначених методом седиментації за ДСТУ ISO 11277:2005 [1] і методом лазерної дифракції.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводилося на лазерно-дифракційному аналізаторі розміру частинок Mastersizer 3000E фірми Malvern Instruments із рідинним модулем диспергування Hydro EV. Прилад має оптичний блок із джерелом світла з довжиною хвиль 632,8 нм і 86 детекторів, що дає змогу вимірювати частинки в діапазоні 0,1–1000 мкм. Під час роботи з приладом оператор повинен визначитися й установити такі параметри: дисперсійне середовище, час вимірювання, швидкість насоса та мішалки, модель розрахунку (модель наближення Фраунгофера, модель розсіювання Мі) тощо.

Аналіз публікацій різних авторів (П. Фішер [5], Д. Ігаз [6], К.С. Касмерчака [8], А. Мако [10], К. Полаковскі [12] та інші) показав різноманітність підходів до роботи на лазерному дифрактометрі. На вибір підходу впливали конструктивні особливості приладу (об'єм і спосіб диспергування в модулі), методики підготовки проб для стандартизованих методів, з якими порівнювалися результати вимірювання, мети вимірювання (класифікації ґрунту, визначення впливу ультразвуку на частинки, стійкість агрегатів тощо).

За попередніми дослідженнями встановлено, що для Mastersizer 3000E фірми Malvern Instruments із рідинним модулем диспергування низька швидкість мішалки, інтегрованої з насосом (менше 1750 об/хв), призводить до осідання великих частинок на дно резервуару, диспергування та непотрапляння їх до вимірювальної кювети, а висока (більше ніж 2500 об/хв) – створює бульбашки, що спотворюють результати вимірювання. Установлено, що при використанні лазерного аналізатора частинок Mastersizer 3000E для визначення гранулометричного складу ґрунту оптимальними параметрами є такі: диспергатор – дистильована вода з коефіцієнтом заломлення 1,33, форма частинок – несферичні, тривалості вимірювання зразка й фону – 15 с, серія – 6, діапазон коректного вимірювання – 10–20%, швидкість мішалки з насосом для Hydro EV 2250–2500 об/хв. Для ґрунтових зразків бажано використовувати для обчислення даних модель розсіювання Мі. Складність розрахунку теорією Мі полягає в тому, що необхідно знати оптичні властивості як дисперсної системи, так і частинок, а саме індекс рефракції та індекс абсорбції. При визначенні гранулометричного складу встановлені оптичні показники (індекс рефракції й індекс абсорбції) ґрунту впливають на отриманий розподіл по фракціях, при цьому збільшення як індексу рефракції, так й індексу абсорбції призводять до зниження даних по фракції фізичної глини (< 0,001 мм) і мулу (< 0,001 мм). Ці показники для ґрунтових проб установлюються імперично, адже встановлення індексу рефракції з довідника призводить до отримання хибних значень [3].

Індекс абсорбції – це фізична величина, що є мірою кількості світла, яке поглинає частинка. Згідно з ISO13320:2020 [7], «ці дані можуть бути недоступними, особливо уявна (поглинаюча) частина. Ця уявна частина часто сильно залежить від довжини хвилі світла й часто отримує кінцеве значення для врахування специфічної структури поверхні частинок, наприклад, шорсткість поверхні. Позитивна уявна (поглинальна) частина показника заломлення частинки має типові значення від 0,001 до 0,1. Там, де очікується шорстка поверхня частинок, як у подрібненого повністю прозорого скла, можна застосувати значення від 0,01 до 0,03». Абсолютно чорних, білих і прозорих тіл у природі немає; у застосуванні до природних тіл ці поняття умовні. Ґрунтові зразки не є чистим мінералом, можуть мати домішки й шорсткість, тому приймаємо значення коефіцієнта поглинання 0,01.

Індекс рефракції – це фізична величина, що характеризує відмінність фазових швидкостей двох середовищ, яка дає змогу передбачити ступінь заломлення променя світла при проходженні з одного середовища в інше. Для видимого світла «майже всі тверді тіла та рідини мають індекс рефракції вище 1,3. Значення зазвичай вимірюються на довжині хвилі 589 нм, що відповідає дублетній D-лінії натрію в жовтій частині спектра» [2]. У більшості довідників наведені дані індексу рефракції саме для цієї довжини хвилі. Довжина хвилі лазерного аналізатора частинок Mastersizer 3000E є інша (632,8 нм), тому й показник заломлення може бути іншим, оскільки він залежить від довжини хвилі та властивостей матеріалу (мінерального складу, щільності, структурності). Для цієї довжини хвилі даних показника індексу рефракції в розповсюджених довідниках по оптичних властивостях мінералів немає. Можливо, через це автори статей із лазерної дифрактометрії Г. Ешель зі співавторами [4], Б.А. Міллер, Р.Дж. Шетт [11] та інші все ж таки використовували саме індекс рефракції мінералів для жовтої лінії спектра з довідників. Натомість Є. Кондрова зі співавторами [9] відзначили, що зниження індексу рефракції призвело до збільшення вмісту глини. Також відомо, що ґрунт – це гетерогенна система, яка може включати різні мінерали, тому ансамбль частинок вірогідніше за все матиме своєрідний коефіцієнт заломлення, притаманний певному типові ґрунту, і відрізнятиметься від довідникового.

Для максимального наближення даних, отриманих методом лазерної дифракції, з даними стандартизованого метода необхідно, щоб була не тільки однакова пробопідготовка ґрунтового зразка, а й оптимальний індекс рефракції, адже він суттєво впливає на розподіл часточок по фракціях.

В Україні при визначенні гранулометричного складу ґрунту, окрім ДСТУ 4730 2007, діє ще міжнародний стандарт ISO, який ратифікований у нашій країні, – це ДСТУ ISO 11277:2005. ДСТУ 4730 2007 і ДСТУ ISO 11277:2005, які хоч й основані на одному фізичному законі седиментації (закон Стокса) і вміст фракції в них визначається шляхом відбирання аліквоти суспензії з певної глибини та її подальшого випарювання та зважування, але мають певні відмінності: видалення органіки, спосіб дезагрегації, об'єм седиментаційної трубки тощо.

Щоб дані за ДСТУ ISO 11277:2005 були порівняльними з даними метода лазерної дифракції, необхідно щоб пробопідготовки були максимально подібними, тобто із застосуванням однакових реагентів і процедур. З огляду на конструктивні особливості лазерного аналізатора частинок Mastersizer 3000E фірми Malvern з рідинним модулем диспергування Hydro EV, у підготовці проби перед аналізуванням на приладі використані деякі зміни в методиці за ДСТУ ISO 11277:2005. Після розкладання органічної речовини перекисом водню й видалення розчинних солей і гіпсу пробу ґрунту фільтруємо, слідкуючи за тим, щоб не було втрат ґрунту. Розгорнувши фільтр, переносимо ґрунтову пробу до випарювальної чашки; випаровуємо з чашки зайву воду до переходу проби ґрунту з текучого стану в пластилиновий, охолоджуємо і створюємо ґрунтову однорідну пасту шляхом ретельного перемішування. Беремо з пасти частину, поміщаємо її в конічну колбу з дистильованою водою, додаємо в суспензію 6–10 мл диспергуючого розчину (33 г гексаметафосфату натрію і 7 г безводного карбонату натрію на 1 дм³) і струшуємо протягом 18 год. Далі проводимо вимірювання на лазерному аналізаторі частинок.

Для дослідження використані державний стандартний зразок складу (агрохімічних показників) чорнозему типового (ДСЗУ 163.5-2015) і галузеві стандартні зразки складу (агрохімічних показників) чорнозему звичайного малогумусного легкосуглинкового (ГСЗУ 163.1-2015), дерново-підзолистого супіщаного (ГСЗУ 163.2-2015), чорнозему опідзоленого важкосуглинкового (ГСЗУ 163.6-2019), сірого лісового важкосуглинкового (ГСЗУ 163.4-2019), темно-каштанового важкосуглинкового солонцюватого (ГСЗУ 163.3-2019) ґрунтів. Стандартні зразки використані, бо вони проходили перевірку на однорідність, що мінімізує похибку у вимірюваннях, пов'язану з неоднорідністю ґрунтової проби.

При апроксимації даних бажано, щоб дані вмісту гранулометричних фракцій, визначених методом лазерної дифракції, мали мінімальну різницю зі стандартизованим методом за ДСТУ ISO 11277:2005, тому запропоновано вибирати індекс рефракції за мінімальною сумарною різницею між методами. Для встановлення індексу рефракції для різних типів ґрунту проаналізовані зразки проб при різних індексах рефракції, наприклад, як для стандартних зразків ґрунту в таблиці 1, і визначена сума різниць по фракціях між методами для кожного зі зразків за формулою:

$$C = \sum_{i=n} |A_i - B_i|,$$

де С – сума різниць по фракціях між методами;

A_i – значення і-тої фракції, визначене за методом лазерної дифракції;

B_i – значення і-тої фракції, визначене за ДСТУ 4730:2007.

За даними таблиці 1, якщо як опорне значення використовуються дані ДСТУ ISO 11277:2005, при різних індексах рефракції найменша сумарна різниця для чорнозему типового становить 3,45% при індексі рефракції 1,41, для чорнозему звичайного – 6,35% при індексі рефракції 1,41, для темно-каштанового важкосуглинкового солонцюватого – 4,17% при індексі рефракції 1,41, для чорнозему опідзоленого – 11,14% при індексі рефракції 1,42, для сірого лісового – 9,91 при індексі рефракції 1,42, для дернового середньоопідзоленого – 12,61% при індексі рефракції 1,43. Тобто оптимальним індексом рефракції при апроксимації даних метода лазерної дифракції та даних за ДСТУ ISO 11277:2005 для ґрунтів акумулятивного ряду (чорнозем типовий, чорнозем звичайний і темно-каштановий солонцюватий) є 1,41, для опідзоленого ряду (чорнозем опідзолений, сірий лісовий) – 1,42, для підзолистого ряду (дерновий середньоопідзолений) – 1,43.

Аналіз по фракціях показує, що для ґрунтів акумулятивного ряду різниця по кожній із фракцій не перевищує 3,5%, для опідзоленого ряду – не перевищує 5,6%, для підзолистого ряду – не перевищує до 6,5% (див. таблицю 2). При цьому текстура ґрунту за трикутником Ферре встановлювався для двох методів однакова.

Таблиця 1. Уміст гранулометричних фракцій ґрунтових зразків

Назва зразка	За методом ЛД (індекс рефракції/індекс абсорбції)/за ДСТУ ISO 11277:2005	Уміст фракцій, %			Сумарна різниця між методами
		2–0,05 мм	0,05–0,002 мм	<0,002 мм	
1	2	3	4	5	6
Чорнозем типовий	1,39/0,01	3,29	41,34	55,36	34,50
	1,40/0,01	4,37	48,45	47,18	18,13
	1,41/0,01	5,03	55,13	39,84	3,45
	1,42/0,01	5,45	61,05	33,49	9,24
	1,43/0,01	6,06	65,93	28,01	20,21
	За ДСТУ ISO 11277:2005	5,07	56,82	38,12	
Чорнозем звичайний	1,38	8,14	32,51	59,35	47,64
	1,39	10,47	38,56	50,97	30,88
	1,4	10,39	45,3	44,31	17,56
	1,41	11,76	51,01	37,22	6,35
	1,42	12,84	55,95	31,22	12,84
	1,43	13,48	60,34	26,19	21,62
	За ДСТУ ISO 11277:2005	14,94	49,53	35,53	

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
Темно-каштановий солонцюватий	1,38	11,33	36,64	52,02	45,88
	1,39	13,05	43,20	43,75	29,33
	1,4	14,43	49,14	36,43	14,69
	1,41	15,71	54,26	30,02	4,17
	1,42	16,21	58,97	24,82	11,71
	1,43	16,89	62,73	20,38	19,23
	За ДСТУ ISO 11277:2005	17,80	53,12	29,08	
Чорнозем опідзолений	1,38	8,04	35,37	56,59	55,89
	1,39	9,09	42,49	48,43	41,66
	1,4	9,98	49,09	40,93	28,45
	1,41	11,79	54,42	33,79	17,79
	1,42	12,13	59,62	28,25	11,14
	1,43	12,34	64,20	23,46	13,34
	За ДСТУ ISO 11277:2005	6,56	63,31	30,13	
Сірий лісовий	1,43	12,34	64,20	23,46	13,34
	1,38	7,52	36,77	55,71	57,88
	1,39	8,87	43,82	47,30	41,07
	1,4	9,92	50,48	39,61	25,67
	1,41	10,89	56,20	32,92	12,29
	1,42	11,30	61,47	27,23	9,91
	1,43	12,16	65,40	22,45	16,84
	1,44	11,59	69,48	18,98	24,96
	За ДСТУ ISO 11277:2005	16,26	56,98	26,77	
Дерновий середньоопідзолений	1,39	59,99	20,75	19,26	30,31
	1,4	63,58	21,68	14,74	23,13
	1,41	65,76	22,82	11,42	18,77
	1,42	67,65	23,46	8,88	14,98
	1,43	69,23	23,86	6,92	12,61
	1,44	70,12	24,31	5,57	13,52
	1,45	71,50	24,04	4,46	12,98
	За ДСТУ ISO 11277:2005	75,15	17,55	7,30	

Таблиця 2. Дані порівняння гранулометричних фракцій

Назва зразка	За методом ЛД (індекс рефракції)/за ДСТУ ISO 11277:2005	Уміст фракцій, %			Текстура ґрунту за міжнародною класифікацією
		2–0,05 мм	0,05–0,002 мм	<0,002 мм	
1		3	4	5	6
Чорнозем типовий	За методом ЛД (індекс рефракції – 1,41)	5,05	55,13	39,84	silty clay loam
	За ДСТУ ISO 11277:2005	5,07	56,82	38,12	silty clay loam
	Різниця	0,04	1,69	1,72	
Чорнозем звичайний	За методом ЛД (індекс рефракції – 1,41)	11,76	51,01	37,22	silty clay loam
	За ДСТУ ISO 11277:2005	14,94	49,53	35,53	silty clay loam
	Різниця	3,18	1,48	1,69	
Темно-каштановий солонцюватий	За методом ЛД (індекс рефракції – 1,41)	15,71	54,26	30,02	silty clay loam
	За ДСТУ ISO 11277:2005	17,80	53,12	29,08	silty clay loam
	Різниця	2,09	1,14	0,94	
Чорнозем опідзолений	За методом ЛД (індекс рефракції – 1,42)	12,13	59,62	28,25	silty clay loam
	За ДСТУ ISO 11277:2005	6,56	63,31	30,13	silty clay loam
	Різниця	5,57	3,69	1,88	
Сірий лісовий	За методом ЛД (індекс рефракції – 1,42)	11,30	61,47	27,23	silty clay loam
	За ДСТУ ISO 11277:2005	16,26	56,98	26,77	silty clay loam
	Різниця	4,96	4,49	0,46	

Продовження таблиці 2

1		3	4	5	6
Дерновий середньоопідзолений	За методом ЛД (індекс рефракції – 1,43)	69,23	23,86	6,92	sandy loam
	За ДСТУ ISO 11277:2005	75,15	17,55	7,30	sandy loam
	Різниця	5,92	6,31	0,38	

Отже, при підготовці ґрунтової проби подібно до ДСТУ ISO 11277:2005 та при запропонованому способі встановлення індексу рефракції текстура ґрунту встановлюється для обох методів однаково, а отже, дані, отримані методом лазерної дифракції, суттєво не відрізняються від даних, отриманих ДСТУ ISO 11277:2005.

Висновки. У роботі висвітлено аспекти вимірювання при апроксимації даних, визначених методом седиментації за ДСТУ ISO 11277:2005 і методом лазерної дифракції. Наведено оптимальні налаштування лазерного дифрактометра при вимірюванні гранулометричного складу ґрунту, удосконалено спосіб пробопідготовки перед вимірюванням на приладі, спосіб вибору оптимальних індексів рефракції зразка. Установлено, що при підготовці ґрунтової проби подібно до ДСТУ ISO 11277:2005 і при запропонованих оптимальних індексах рефракції за даними, визначеними за методом лазерної дифракції, текстура ґрунту така сама, як і за даними ДСТУ ISO 11277:2005. Тобто метод лазерної дифракції може слугувати альтернативою класичному седиментацийному методу.

Список використаних джерел

1. ДСТУ ISO 11277:2005 Якість ґрунту. Визначення гранулометричного складу мінерального матеріалу ґрунту. Метод просіювання і седиментації (ISO 11277:1998, IDT). [Чинний від 2006–07–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 59 с.
2. Показник заломлення. Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL : https://uk.wikipedia.org/wiki/Показник_заломлення (дата звернення: 15.02.2025).
3. Солоха М.О., Винокурова Н.В. Методичні та технічні аспекти визначення гранулометричного складу піщаних зразків ґрунту за допомогою лазерного дифрактометра. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 137–143. DOI: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2022.13.21>.
4. Eshel G., Levy G.J., Mingelgrin U., Singer M.J. Critical Evaluation of the Use of Laser Diffraction for Particle-Size Distribution Analysis. *Soil Science Society of America* 2004. Vol. 68. P. 736–743. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.7360>.
5. Fisher P., Aumann C., Chia K., O'Halloran N., Chandra S. Adequacy of laser diffraction for soil particle size analysis. *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12 (5) DOI: 10.1371/journal.pone.0176510.
6. Igaz D., Aydin E., Šinkovičová M., Šimanský V., Tall A., Horák J. Laser diffraction as an innovative alternative to standard pipette method for determination of soil texture classes in central Europe. *Water*. 2020. № 5. P. 1232. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12051232>.
7. ISO 13320:2020 Particle size analysis. Laser diffraction methods. [2020-01-06]. Geneva, Switzerland : International Organization for Standardization, 2020. 66 p.
8. Kasmerchaka C.S., Masonb J.A., Liangb M. Laser diffraction analysis of aggregate stability and disintegration in forest and grassland soils of northern Minnesota, USA. *Geoderma* 2019. Vol. 338. P. 430–444. <http://dx.doi.org/10.3390/app11104427>.
9. Kondrlova E., Igaz D., Horak J. Effect of calculation models on particle size distribution estimated by laser diffraction. *J. Ege Univ. Fac. Agric.* 2015. Vol 52. P. 21–27. URL: https://www.researchgate.net/publication/299263782_Effect_of_calculation_models_on_particle_size_distribution_estimated_by_laser_diffraction (дата звернення: 15.02.2025).
10. Makó A., Szabó B., Rajkai K., Szabó J., Bakacsi Z., Labancz V., Hernádi H., Barna G. Evaluation of soil texture determination using soil fraction data resulting from laser diffraction method. *International Agrophysics*. 2019. Vol. 33 (4). P. 445–454. DOI: <https://doi.org/10.31545/intagr/113347>.
11. Miller B.A., Schaetzl R.J. Precision of soil particle size analysis using laser diffractometry. *Soil Science Society of America Journal*. 2011. Vol. 76 (5). P. 1719–1727. DOI: <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2011.0303>.
12. Polakowski C., Ryżak M., Sochan A., Beczek M., Mazurand R., Bieganski A. Particle Size Distribution of Various Soil Materials Measured by Laser Diffraction – The Problem of Reproducibility. *Minerals*. 2021. Vol. 11 (5). P. 465. DOI: <https://doi.org/10.3390/min11050465>.

Vynokurova N. V.

Candidate for Higher Education Outside Postgraduate Studies,
Research Associate at the Laboratory of Instrumental Methods of Soil Research, Standardization and Metrology,
National Scientific Center “Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky”
Kharkiv, Ukraine

E-mail: mega_nadi1980@ukr.net

ORCID: 0000-0003-3876-480X

Solokha M. O.

*Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher,
Head of the Laboratory of Instrumental Methods of Soil Research, Standardization and Metrology,
National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky"
Kharkiv, Ukraine*

E-mail: solomax@ukr.net

ORCID: 0000-0002-1860-0819

APPROXIMATION OF DATA DETERMINED BY THE SEDIMENTATION METHOD ACCORDING TO DSTU ISO 11277:2005 AND BY THE LASER DIFFRACTION METHOD

Abstract

The laser diffraction method is actively used in world practice for the analysis of textural characteristics of soils. But at present in Ukraine, unlike developed countries, research on the use of the laser diffraction method for determining the grain size distribution of soils is at an initial stage and requires further research and adaptation in the conditions of Ukraine.

The aim of the article is to highlight the aspects of measuring the grain size distribution when approximating data determined by the sedimentation method according to DSTU ISO 11277:2005 and by the laser diffraction method. on the example of the Mastersizer 3000E laser particle analyzer from Malvern Instruments with a Hydro EV liquid dispersion module.

The article presents the optimal settings of a laser diffractometer when measuring the grain size distribution of soil, an improved method of sample preparation before measurement on the device, and a method for selecting optimal refractive indices of samples, according to which the refractive index is taken according to the smallest total difference. It was established that the optimal refractive index when approximating the data of the laser diffraction method and the data according to DSTU ISO 11277:2005 for soils of the accumulative series (typical chernozem, ordinary chernozem and dark chestnut solonchik) is 1.41, for the podzolized series (podzolized chernozem, gray forest) – 1.42, for the podzolic series (sodden podzolized) – 1.43. At the same time, the difference in fractions between the methods for soils of the accumulative series does not exceed 3.5%, for the podzolized series – does not exceed 5.6%, for the podzolic series – does not exceed 6.5%. It was established that when preparing a soil sample in accordance with DSTU ISO 11277:2005 and with the proposed optimal refractive indices according to the data determined by the laser diffraction method, the soil texture is the same as according to DSTU ISO 11277:2005. That is, the laser diffraction method can serve as an alternative to the classical sedimentation method.

Key words: soil, granulometric composition, soil texture, laser diffraction, sedimentation, sample preparation, particle size.

References

1. Yakist gruntu. Vyznachennya granulometrychnogo skladu mineralnogo materialu gruntu. Metod prosiyuvannya i sedymyntacyi b [Soil quality. Determination of particle size distribution in mineral soil material]. (2006). *DSTU ISO 11277:2005, from 1st July 2006*. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
2. Pokaznyk zalomlennia [Refractive index]. *Vikipediia: vilna entsyklopediia [Wikipedia: The Free Encyclopedia]*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Показник_заломлення (Last accessed: 15.02.2025) [in Ukrainian].
3. Solokha, M.O., & Vynokurova, N.V. (2022). Methodical and technical aspects of determination of granulometric composition of sandy soil samples under assistant assistant [Methodological and technical aspects of determining the particle size distribution of sandy soil samples using a laser diffractometer]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*, 13, 137–143. Retrieved from: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.21> [in Ukrainian].
4. Eshel, G., Levy, G.J., Mingelgrin, U., & Singer, M.J. (2004). Critical evaluation of the use of laser diffraction for particle-size distribution analysis. *Soil Science Society of America*. 68, 736–743. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.7360> [in English].
5. Fisher, P., Aumann, C., Chia, K., O'Halloran, N., & Chandra, S. (2017). Adequacy of laser diffraction for soil particle size analysis. *PLoS ONE*. 12(5), Article e017651. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176510> [in English].
6. Igaz, D., Aydin, E., Šinkovičová, M., Šimanský, V., Tall, A., & Horák, J. (2020). Laser diffraction as an innovative alternative to standard pipette method for determination of soil texture classes in central Europe. *Water* 12(5), 1232. <https://doi.org/10.3390/w12051232> [in English].
7. International Organization for Standardization (2020). Particle size analysis – Laser diffraction methods. (ISO Standard No 13320:2020(E)). Second edition 2020–01 [in English].
8. Kasmerchaka, C.S., Masonb, J.A., & Liangb, M. (2019). Laser diffraction analysis of aggregate stability and disintegration in forest and grassland soils of northern Minnesota, USA. *Geoderma*. 338, 430–444. <http://dx.doi.org/10.3390/app11104427> [in English].
9. Kondrlova, E., Igaz, D., & Horak, J. (2015). Effect of calculation models on particle size distribution estimated by laser diffraction. *J. Ege Univ. Fac. Agric* 52, 21–27. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/299263782_Effect_of_calculation_models_on_particle_size_distribution_estimated_by_laser_diffraction [in English].
10. Makó, A., Szabó, B., Rajkai, K., Szabó, J., Bakacsi, Z., Labancz, V., Hernádi, H., & Barna, G. (2019). Evaluation of soil texture determination using soil fraction data resulting from laser diffraction method. *Int. Agrophys*, 33, 445–454. <https://doi.org/10.31545/intagr/113347> [in English].
11. Miller B.A., & Schaetz R.J. (2011). Precision of soil particle size analysis using laser diffractometry. *Soil Science Society of America Journal*. 76, 1719–1727. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2011.0303> [in English].
12. Polakowski, C., Ryzak, M., Sochan, A., Beczek, M., Mazur, R., & Bieganski, A. (2021). Particle size distribution of various soil materials measured by laser diffraction – the problem of reproducibility. *Minerals*. 11(5), 465. <https://doi.org/10.3390/min11050465> [in English].