



TRAINING OF EXPERTS TO ASSESS SOILS DAMAGED DUE TO HOSTILITIES

Національна академія аграрних наук України
Національний науковий центр
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

Аспекти визначення гранулометричного складу ґрунту в умовах антропогенного навантаження.

Робота містить результати дослідження, одержані в процесі виконання проєкту «Оцінювання впливу збройної агресії на стан чорноземів і розроблення заходів для прискореного відновлення родючості ґрунтів у контексті забезпечення продовольчої безпеки» № 2022.01/0031 конкурсу «Наука для відбудови України в воєнний та повоєнний періоди» за грантової підтримки Національного фонду досліджень України.

Спікер: н.с. Надія ВІНОКУРОВА



Sumy National
Agrarian University



Royal
Agricultural
University



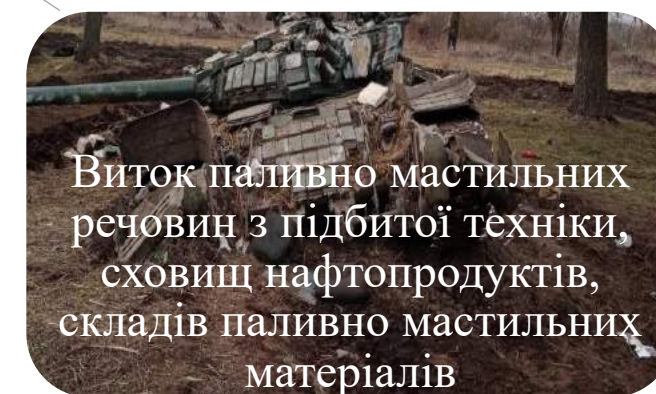
Антропогенна деградація ґрунтів

Антропогенна деградація ґрунтів – це погіршення фізичних та хімічних якостей ґрунту його родючості, які обумовлені прямою або опосередкованою діяльністю людини.





**Чинники
погіршення
фізичних
властивостей
грунту в наслідок
військових дій**



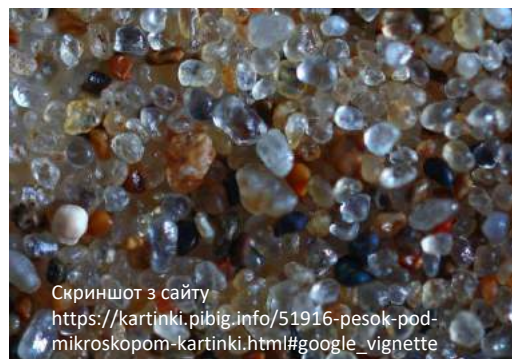


Поняття «гранулометричний склад» та «текстура ґрунту»

ГРАНУЛОМЕТРИЧНИЙ СКЛАД - це виражений у відсотках уміст у ґрунті елементарних ґрунтових часток різного розміру, під якими розуміють відокремлену мінеральну, органо-мінеральну або органічну частку кристалічної чи аморфної будови, всі молекули якої знаходяться у хімічному взаємозв'язку елементарних ґрунтових часток. (за А.Н.Качинським).



Скриншот з сайту: <https://gardentutor.com/lessons/soil/>



Скриншот з сайту
https://kartinki.pibig.info/51916-pesok-pod-mikroskopom-kartinki.html#google_vignette

ТЕКСТУРА ҐРУНТУ – це відносний уміст різних розмірних груп мінеральних речовин у ґрунті, тобто піску, мулу та глини. (за FAO)

Пісок, мул та глина - це три розміри мінеральних частинок (що походять з гірських порід, а не з раніше живого матеріалу), які складають ґрунт.



Класифікація ґрунтів за гранулометричним складом

В основу класифікації ґрунтів України за гранулометричним складом ґрунту лягла головним чином двочленна класифікація, встановлена М.М. Сибірцевим і удосконалена **Н.А. Качинським**, яка побудована на співвідношенні фізичної глини (частинки менше 0,01 мм) та фізичного піску (частинки від 1 до 0,01 мм) та з врахуванням генетичної природи ґрунту та здатності їх глинистої фракції до агрегування.

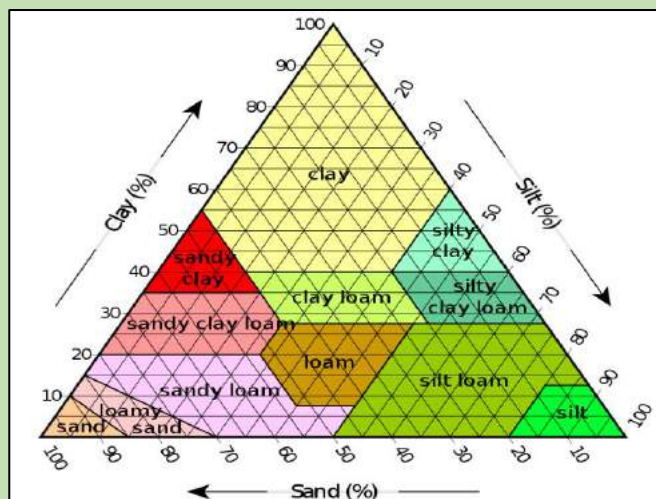
Класифікація ґрунтів за гранулометричним складом Н.А.Качинського

Вміст фізичної глини (частинки < 0,01мм), %			Коротка назва за гранулометричним складом
Ґрунти підзолистого типу ґрунтоутворення	Ґрунти степового типу ґрунтоутворення	Солончаки та сильно солонцюваті ґрунти	
0 – 5	0 – 5	0 – 5	Пісок пухкий
5 – 10	5 – 10	5 – 10	Пісок зв'язаний
10 – 20	10 – 20	10 – 15	Супісок
20 – 30	20 – 30	15 – 20	Суглинок легкий
30 – 40	30 – 45	20 – 30	Суглинок середній
40 – 50	45 – 60	30 – 40	Суглинок важкий
50 – 65	60 – 75	40 – 50	Глина легка
65 – 80	75 – 85	50 – 65	Глина середня
80	85	65	Глина важка



Класифікація текстури ґрунтів

У міжнародних класифікаціях текстури ґрунту (FAO, USDA, ISSS) використовується трикутник Ферре (фактурний трикутник). При цьому на відміну від класифікації Н.А.Качинського генетичність не враховується.



Скриншот з сайту https://www.researchgate.net/figure/Ternary-diagram-of-silt-sand-and-clay-with-soil-types_fig3_351089965

Поділяється на 12 класів:

Clay - глина

Silty clay - мулиста глина

Sandy clay – піщана глина

Silt clay loam – мулово– глинистий суглинок

Silt loam мулистий суглинок

Silt- мул

Loam- суглинок

Clay loam – глинистий суглинок

Sandy clay loam – піщано глинистий суглинок
Sandy loam- піщаний суглинок

Loamy sand – суглинистий пісок

Sand – пісок.



Методи визначення розміру частинок ґрунту

Органолептичні методи.

Засновані на відчуттях людини, для цього грудка ґрунту розтирається на долоні або з неї скручують дріт, роблять кільце, за формою якого встановлюється гранулометричний склад або текстуру ґрунту.

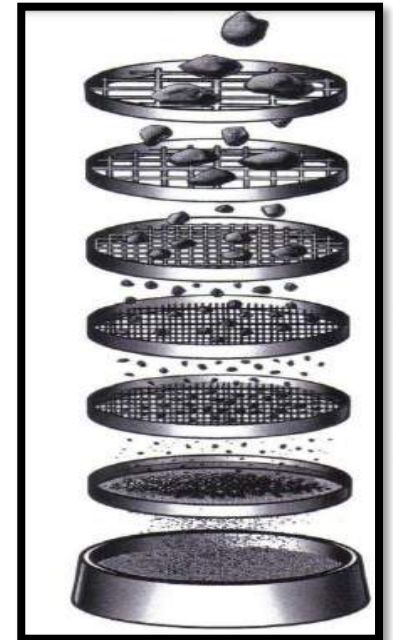
Не дають уявлення про зміни у гранулометричному складі на одному полі, тому їх не використовують для діагностики впливу антропогенних чинників на гранулометричний склад ґрунту.



Ситові методи.

В основі ситових методів покладена здатність частинок проходити крізь комірки певного розміру при механічному русі сита. Просіювання проводиться за допомогою сертифікованого набору калібрувальних сит залежно від необхідних розмірів фракцій і класифікації текстури ґрунту. У ситовому методі визначають орієнтовний поперечний діаметр частинок, що дорівнює діаметру комірки крізь який пройшла частинка.

Нормативні документи:
ДСТУ ISO 11277:2005





Методи визначення розміру частинок ґрунту

Седиментаційні методи.

Засновані на законі Стокса, поділяються на піпетковий та аерометричний; вони придатні для фракцій мулу і глини тобто визначається діаметр частинок менший за 0,25мм. Розмір частинок приймають за еквівалентну сферу, що має «стоксовий діаметр»: частинка має таку саму швидкість осідання в ламінарному потоці, як і сферична частинка певного діаметру з визначеною щільністю.

Нормативні документи:

ДСТУ 4730:2007,

ДСТУ ISO 11277:2005,

ДСТУ Б В.2.1-19:2009 (для будівельної галузі)

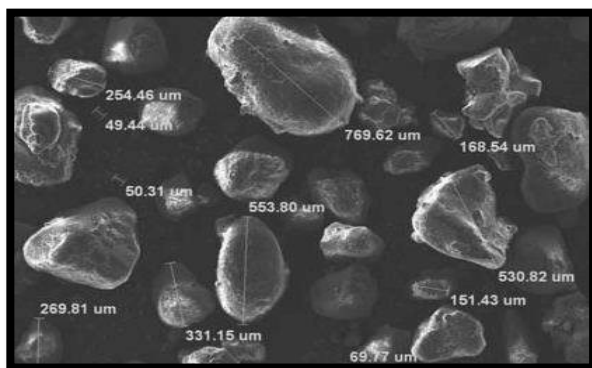




Методи визначення розміру частинок ґрунту

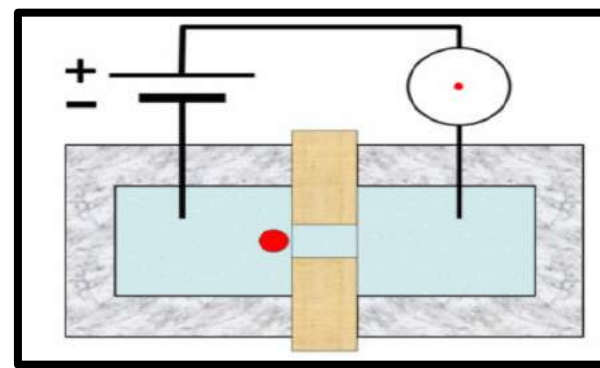
Методи мікроскопії (оптичні). Найточнішими вважають методи, що базуються на мікроскопії, які дозволяють безпосередньо спостерігати за частинками й визначати форму та розмір.

В методі мікроскопії еквівалентний діаметр – це діаметр, що розраховується по зображенням проєкцій. Використовується для дослідження частинок від 0,15 мм до 0,003мм. Переважно використовують в мікроморфології.



Метод Коултера — це метод визначення кількості та розподілу розмірів частинок, зважених в електроліті, шляхом їх проходження через невеликий отвір, у якому занурений електрод. Зміни електричного опору, коли частинки проходять через отвір, генерують імпульси, амплітуди яких пропорційні об'єму частинок.

Цей метод використовується для дослідження частинок від 1,600 мм до 0,2 мкм. Аналіз полідисперсних зразків (таких як ґрунт) займає багато часу адже потребується заміна калібрувального отвору, тому застосування цього методу для дослідження ґрунтових зразків у світі дуже обмежено.



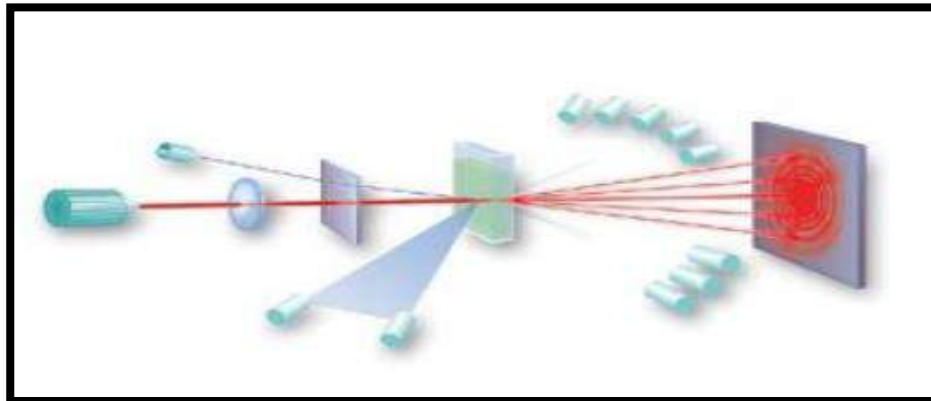


Методи визначення розміру частинок ґрунту

Метод лазерної дифракції

Метод лазерної дифракції або розсіювання ґрунтується на тому явищі, що кутовий розподіл інтенсивності розсіяного світла частинкою (картина розсіювання) залежить від розміру частинки. Коли розсіювання відбувається від хмари або ансамблю частинок, інтенсивність розсіювання для будь-якого заданого класу розміру пов'язана з кількістю частинок та їхніми оптичними властивостями, присутніми в цьому класі розміру.

Нормативний документ: ISO 13320 2020





Метод лазерної дифракції

В лазерно-дифракційному методі **еквівалентний діаметр** - це розрахунковий діаметр частинки, яка має такі ж оптичні властивостях частинки (заломлення та поглинання монохроматичного світла) що і сферична частинка певного розміру певної щільності. Використовується для дослідження частинок – від 4,0 мм до 0,01мк.

Вигляд та будова лазерно-дифракційного аналізатора частинок Mastersizer 3000E фірми Malvern Instruments з рідинним модулем диспергування Hydro EV.



Комп'ютер з програмним забезпеченням Mastersizer

Оптичний блок

Вимірювальна кювета

Рідинний модуль диспергування



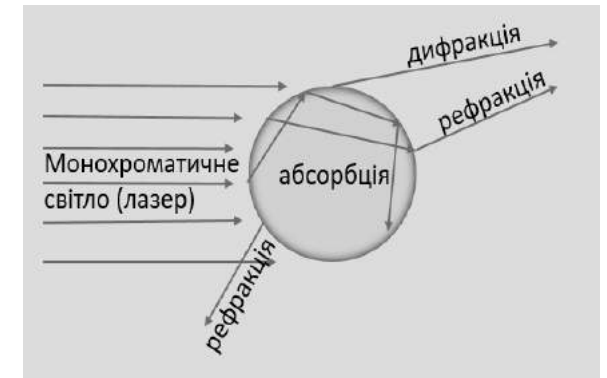
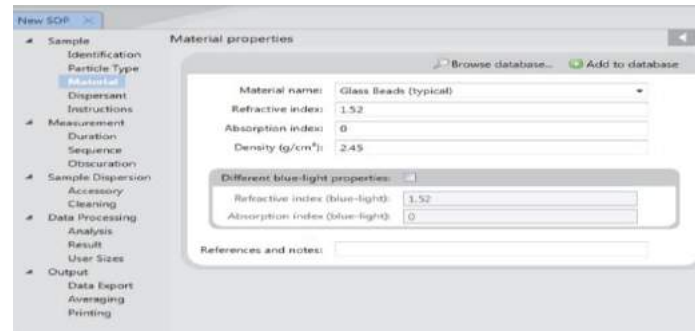
Метод лазерної дифракції

При роботі на лазерному аналізаторі часточок з рідинним модулем диспергування для визначення гранулометричного складу ґрунту необхідно:

Визначитись зі способом внесення проби зразка до модулю диспергування (гідроблоку) та його дезагрегацію.

Вибрати математичну модель розрахунку та зазначити оптичні параметри зразка (індекс рефракції та індекс абсорбції).

Встановити необхідні параметри налаштування приладу, що включають в себе дані про умови вимірювання та роботу гідроблоку.

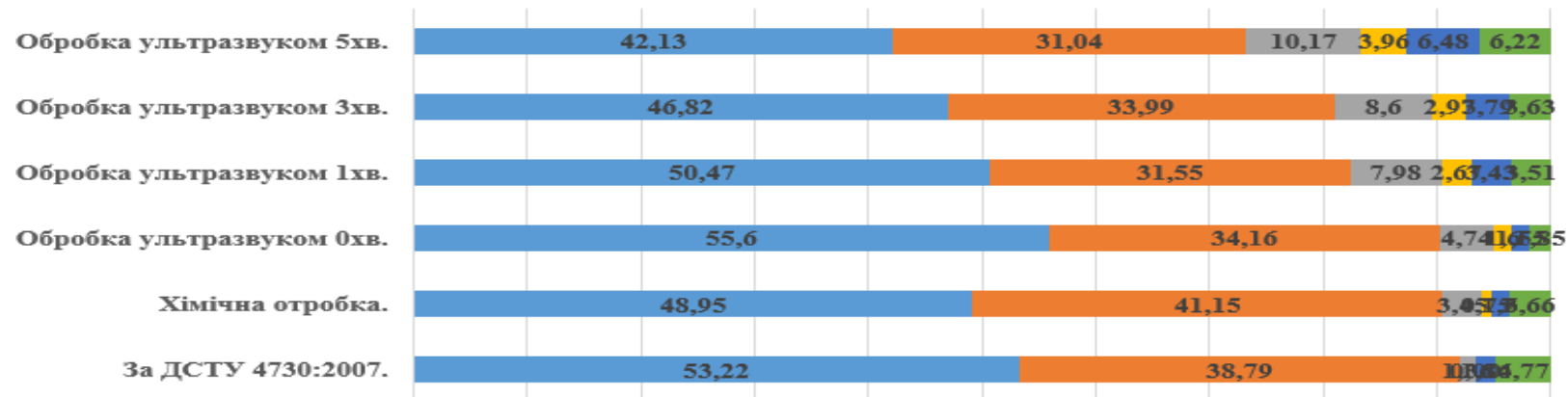




Метод лазерної дифракції

Вплив пробопідготовки на розподіл часточок по гранулометричних фракціях.

Дані дернового опідзоленого на давньоалювіальних пісках ґрунтового зразка, що відібраний у лісостеповій підзоні у точці з координатами N:50.0794, E:36.8272.



	За ДСТУ 4730:2007.	Хімічна отробка.	Обробка ультразвуком 0хв.	Обробка ультразвуком 1хв.	Обробка ультразвуком 3хв.	Обробка ультразвуком 5хв.
■ 0-0,25мм	53,22	48,95	55,6	50,47	46,82	42,13
■ 0,25-0,05мм	38,79	41,15	34,16	31,55	33,99	31,04
■ 0,05-0,01мм	1,36	3,45	4,74	7,98	8,6	10,17
■ 0,01-0,005мм	0,00	0,75	1,6	2,67	2,97	3,96
■ 0,005-0,001мм	1,86	1,6	1,55	3,43	3,79	6,48
■ <0,001мм	4,77	3,66	1,85	3,51	3,63	6,22

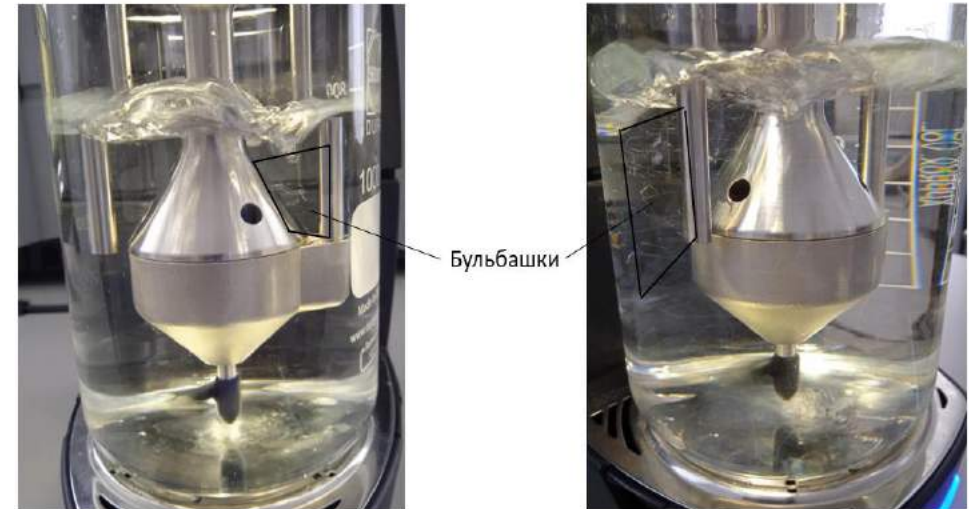


Метод лазерної дифракції

Вплив об'єму резервуару та швидкості мішалки інтегрованої з насосом на розподіл часточок

Номер зразка	Швидкість насосу об/хв	Значення перцентилі D(10) мкм	Значення перцентилі D(50) мкм	Значення перцентилі D(90) мкм
1	500	0,525	1,51	116
2	750	0,671	170	465
3	1000	107	245	492
4	1250	101	215	366
5	1500	112	220	372
6	1750	117	223	376
7	2000	116	221	377
8	2250	117	222	380
9	2500	118	224	384
10	2750	118	225	387
11	3000	118	225	389
12	3250	117	224	387
13	3500	117	224	386

Вплив швидкості мішалки з насосом на розмір часточок для зв'язано-піщаного зразку ґрунту.

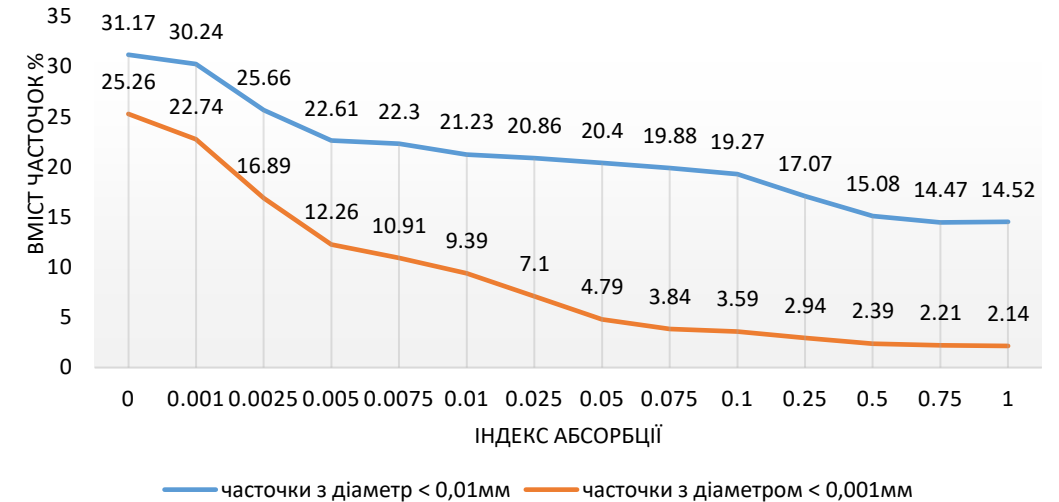
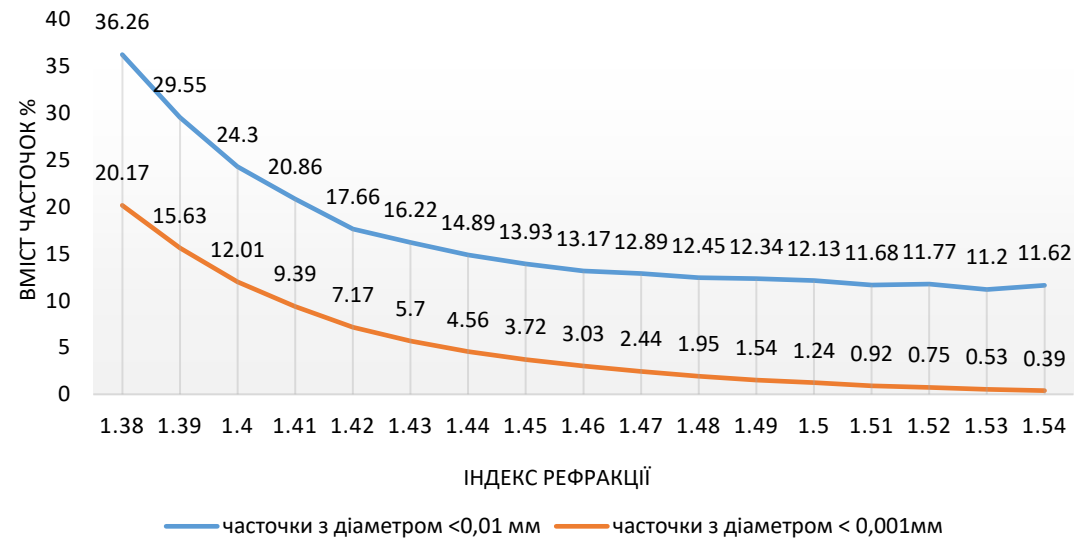


Ліворуч – кавітація у стакані об'ємом 1000 мл, праворуч – кавітація у стакані об'ємом 600 мл



Метод лазерної дифракції

Вплив індексу рефракції та індексу абсорбції на розподіл частинок



Залежність даних вмісту часточок діаметром <0,01 мм та <0,001 мм від індексу рефракції (ліворуч) та індексу абсорбції (праворуч) при вимірюванні на лазерному аналізаторі частинок Mastersizer 3000E з рідинним модулем диспергування Hydro EV для дерново-підзолистого зразка ґрунту.



Метод лазерної дифракції

Оптичні параметри		Індекс рефракції						
		1,45	1,44	1,43	1,42	1,41	1,40	1,39
Індекс абсорбції	0,001	2,40	3,23	3,67	4,74	5,07	6,34	8,27
	0,025	2,11	2,74	3,26	3,85	4,61	5,63	6,88
	0,005	1,62	2,37	2,62	3,03	3,79	4,21	5,67
	0,075	1,13	1,89	2,13	2,57	2,92	3,57	4,74
	0,01	0,57	1,49	1,70	2,23	2,52	3,33	4,52

Залежність значень фракції фізичної глини (часточки < 0,01 мм) від оптичних налаштувань для зв'язано-піщаного зразку ґрунту

Метод аналізування	Вміст гранулометричних фракцій, %						
	1-0,25 мм	0,25-0,05 мм	0,05-0,01 мм	0,01-0,005 мм	0,005-0,001 мм	<0,001 мм	Сума фракцій <0,01 мм
Лазерно-дифракційним методом (1,40/0,01)	39,33±2,25	57,05±2,29	0,1±0,22	0	0,5±0,09	2,85± 0,10	3,37± 0,17
Піпет метод Н. А. Качинського (ДСТУ4730:2007)	33,91±5,34	58,4±12,90	0,22±0,42	0,12±0,14	0,38±0,61	2,62± 0,51	3,12± 0,60

Порівняння середніх значень вмісту гранулометричних фракцій для зв'язано-піщаного зразку ґрунту



Метод лазерної дифракції

Відтворюваність результатів вимірювання

Результати вимірювання зразка (чорнозем типовий)
методом лазерної дифракції.

Дата аналізу.	Вміст гранулометричних фракцій,%					
	1,0- 0,25мм	0,25- 0,05мм	0,05- 0,01мм	0,01- 0,005мм	0,005- 0,001мм	<0,001 мм
02.06.2021	1,71	7,6	24,01	6,3	23,71	36,65
25.03.2021	1,6	7,9	24,45	6,29	23,03	36,72
26.03.2021	1,58	7	23,91	6,4	23,55	37,57
26.03.2021	1,55	8,17	25,12	6,5	22,98	35,68
15.05.2023	1,03	7,66	25,01	6,58	23,84	35,88
20.05.2023	1,26	7,35	24,09	5,93	23,61	37,76
Середнє значення	1,43	7,60	24,43	6,33	23,45	36,70
Ст. відхилення	0,26	0,41	0,52	0,23	0,36	0,85
Відносне ст.відхилення,%	17,90	5,39	2,15	3,59	1,54	2,31

Результати вимірювання зразка (чорнозем типовий) методом
Н. А. Качинського (ДСТУ4730:2007)

Дата аналізу.	Вміст гранулометричних фракцій,%					
	1,0- 0,25мм	0,25- 0,05мм	0,05- 0,01мм	0,01- 0,005мм	0,005- 0,001мм	<0,001 мм
17.10.2019	0,18	2,62	32,66	9,7	12,88	42,56
23.01.2020	0,12	0,83	30,95	11,55	15,31	41,23
24.01.2020	0,14	1,45	32,22	12,29	11,82	42,02
15.06.2021	0,12	2,57	29,47	12,77	14,79	40,28
05.11.2022	0,08	1,4	30,85	13,67	12,19	41,81
15.05.2023	0,17	0,52	34,11	10,79	14,25	40,16
Середнє значення	0,13	1,34	31,68	11,72	13,48	41,33
Ст. відхилення	0,04	0,87	1,63	1,43	1,44	0,97
Відносне ст.відхилення,%	28,16	64,82	5,14	12,17	10,71	2,35



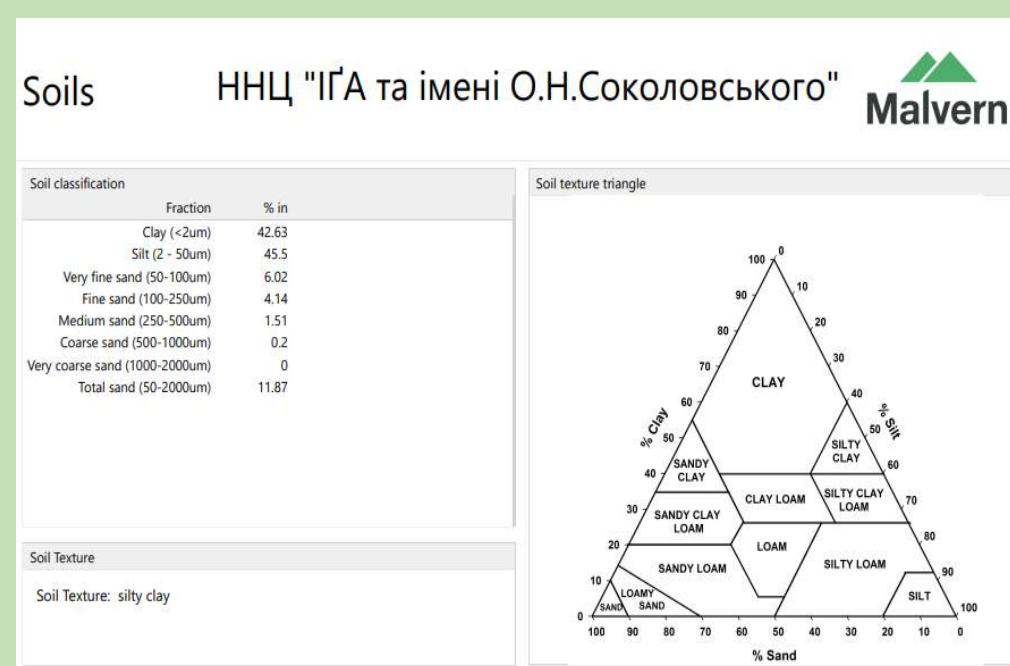
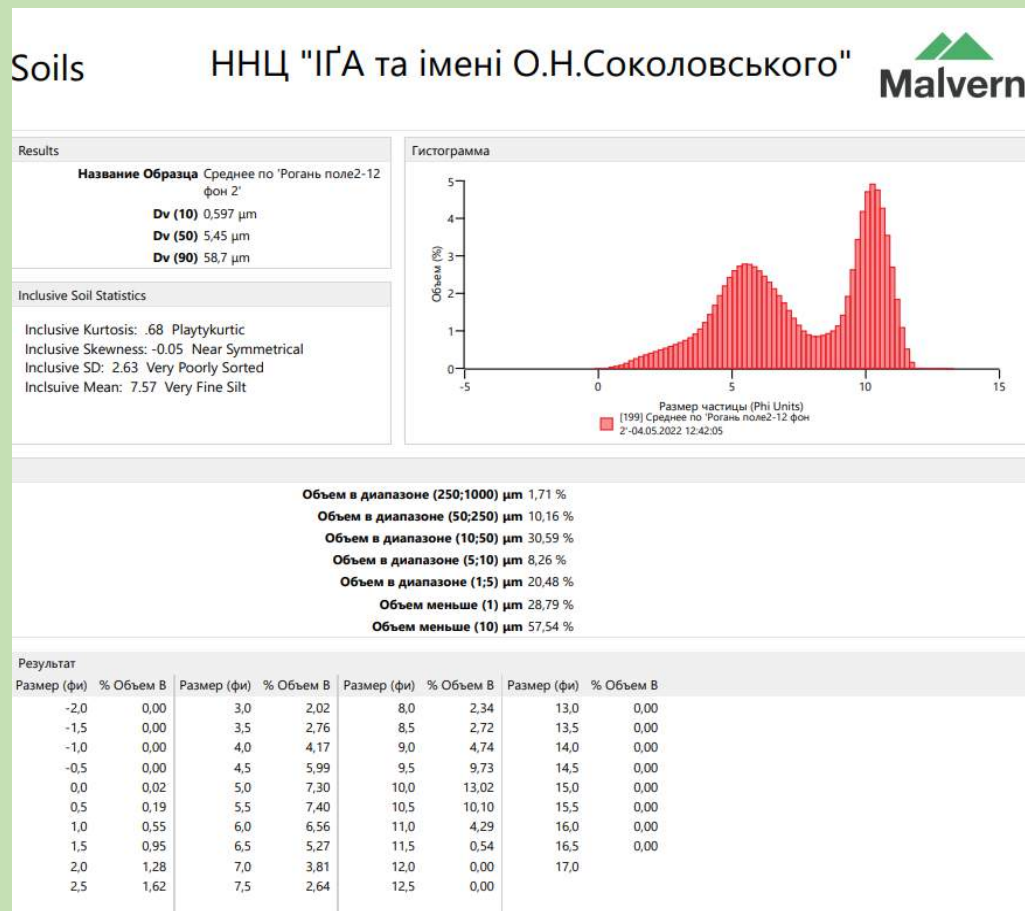
Метод лазерної дифракції

Переваги лазерно-дифракційного методу визначення гранулометричного складу ґрунту порівняно зі стандартизованим методом за ДСТУ 4730:2007

- ❖ має кращу відтворюваність;
- ❖ дозволяє визначати розмір частинок ґрунту у широкому діапазоні лише одним способом, а не застосовувати два способи (ситовий з піпетковим) у тому ж діапазоні;
- ❖ скорочується час проведення вимірювань (до 15 хв. на 1 зразок) замість декількох діб при сито-піпетковому способі (без урахування пробопідготовки);
- ❖ вплив оператора на процес вимірювання та підрахунки є мінімальним.



Аналітичний звіт за результатом вимірювання гранулометричного складу ґрунту на Mastersizer 3000E фірми Malvern Instruments з рідинним модулем диспергування Hydro EV.





Гранулометричний склад ґрунту зразків, що відібрані в місцях впливу бойових дій, за методами лазерна дифракція (у чисельнику) та за ДСТУ 4730:2007 (у знаменнику).

Точки відбору проб ґрунту	Джерело впливу (маса, калібр снаряду)	Вміст гранулометричних фракцій, %							Різниця між фоном та точками фракції <0,01 мм, %
		1-0,25 мм	0,25-0,05 мм	0,05-0,01 мм	0,01-0,005 мм	0,005-0,001 мм	<0,001 мм	Сума фракцій <0,01 мм	
с. Мала Рогань, Харківська обл.(координати поля: N 49.9226, E 36.4674)									
Фон 2	–	1,71/ 1,25	10,16/ 12,72	30,59/ 24,88	8,26/ 9,36	20,48/ 12,20	28,79/ 39,59	57,54/ 61,15	
Т.1	Воронка (155 мм)	1,11/ 1,76	8,80/ 0,78	30,53/ 29,64	8,26/ 11,34	20,96/ 13,16	30,34/ 38,25	59,56/ 66,10	-2,02/ -4,95
Т.2	Воронка (152 мм)	0,20/ 0,74	6,65/ 0,91	32,73/ 28,67	8,92/ 12,30	21,50/ 15,19	30,00/ 36,11	60,42/ 67,72	-2,88/ -6,57
Т.3	Воронка (82 мм)	0,22/ 0,73	5,39/ 0,42	30,65/ 28,62	8,62/ 15,14	22,39/ 14,63	32,72/ 35,39	63,73/ 68,64	-6,19/ -7,49
с. Мала Рогань, Харківська обл.(координати поля: N 49.9179, E36.4844)									
Фон 3	–	1,41/ 1,08	11,01/ 4,59	31,80/ 31,32	7,86/ 12,40	19,53/ 15,58	28,38/ 35,03	55,78/ 63,01	
Т.1	Ґрунт з паливно-мастильним матеріалом	7,42/ 4,23	22,12/ 8,56	29,31/ 31,46	6,43/ 11,13	14,37/ 11,13	20,26/ 33,49	41,07/ 55,75	14,71/ 7,26
Т.2	Ґрунт із кислотою	4,10/ 5,17	10,61/ 9,18	26,72/ 28,19	7,45/ 8,61	20,49/ 6,53	30,63/ 42,32	58,57/ 57,46	-2,79/ 5,55
Новий Коротич, Харківська обл. (координати поля: N 49,9610, E 36,0212)									
Фон 4	–	1,47/ 1,75	9,52/ 5,92	32,58/ 37,27	7,45/ 10,55	20,02/ 14,20	28,96/ 30,31	56,43/ 55,06	
Низ воронки	Авіабомба (100 кг)	0,24/ 0,83	5,48/ 3,90	27,89/ 24,15	8,76/ 10,29	24,51/ 11,34	33,11/ 35,43	66,39/ 66,39	-9,96/ -11,33
Схил воронки	Авіабомба (100 кг)	1,37/ 0,59	6,19/ 4,13	29,29/ 25,72	8,75/ 13,33	23,35/ 10,92	31,03/ 32,81	63,13/ 65,21	-6,13/ -10,15
Верх воронки	Авіабомба (100 кг)	0,15/ 0,53	5,51/ 4,43	28,18/ 25,57	8,98/ 11,23	24,31/ 15,22	32,87/ 31,60	66,16/ 65,53	-9,73/ -10,47



**Зміни гранулометричного складу ґрунту з часом у вирві від авіабомби.
(зразки ґрунту були відібрані у квітні та вересні 2022 р. в поблизу селища Новий
Коротич Харківської області)**

Точки відбору проб ґрунту. Місяць, рік .	Вміст гранулометричних фракцій. %						
	1-0,25 мм	0,25- 0,05 мм	0,05- 0,01 мм	0,01- 0,005 мм	0,005- 0,001 мм	<0,001 мм	Сума фракцій <0,01 мм
Фон 4	1,47/	9,52/	32,58/	7,45/	20,02/	28,96/	56,43/
	1,75	5,92	37,27	10,55	14,20	30,31	55,06
Дно вирви; 04.2022	0,24/	5,48/	27,89/	8,76/	24,51/	33,11/	66,39/
	0,95	6,43	27,54	11,74	12,93	40,41	65,08
Дно вирви; 09.2022	1,60/	6,50/	28,09/	8,20/	22,67/	32,94/	63,81/
	1,35	12,94	21,89	8,52	16,49	38,81	63,82
Дно вирви; різниця	-1,36/ -0,4	-1,02/ -6,51	-0,2/ 5,65	0,56/ 3,22	1,84/ -3,56	0,17/ 1,6	2,58/ 1,26
Середина схилу вирви; 04.2022	0,81/	5,24/	27,00/	8,42/	23,78/	34,74/	66,94/
	0,66	6,23	28,93	14,99	12,28	36,91	64,18
Середина схилу вирви; 09.2022	1,19/	7,12/	27,23/	8,40/	23,79/	32,26/	64,46/
	1,13	6,44	33,14	9,01	13,99	36,29	59,29
Середина схилу вирви; різниця.	-0,38/ -0,47	-1,88/ -0,47	-0,23/ -4,21	0,02/ 5,98	-0,01/ -1,71	2,48/ 0,62	2,48/ 4,89
Верх вирви; 04.2022	0,15/	5,51/	28,18/	8,98/	24,31/	32,87/	66,16/
	0,59	6,24	28,49	12,51	16,96	35,21	64,68
Верх вирви; 09.2022	1,33/	6,31/	27,98/	8,33/	22,91/	33,15/	64,39/
	0,60	9,29	26,84	11,96	11,72	39,59	63,27
Верх вирви; різниця.	-1,18/ -0,01	-0,8/ -3,05	0,2/ 1,65	0,65/ 0,55	1,4/ 5,24	-0,28/ -4,38	1,77/ 1,41

Примітка: Перед ризкою – дані за методом лазерної дифракції, після ризки – за методом Н.А. Качинського



Вплив військових дій на гранулометричні фракції ґрунту

У гранулометричних фракціях ґрунту (чорнозем типовий, чорнозем опідзолений), що відібраний у вирвах від арт снарядів та авіабомб відбуваються переважно не значні зміни. Які пов'язані по-перше з перемішуванням ґрунтової маси у результаті вибуху, внаслідок чого ґрунт з нижніх горизонтів потрапляє на брівку вирви та навкруги неї. По-друге— за рахунок опадів зі схилу вирви на її дно стікає водянні струмочки разом з часточками ґрунту та акумулюються там.

Але для ґрунтів з різкими змінами генетичних горизонтів зміни у гранулометричному складі ґрунту при бомбатурбації можуть бути більш суттєвішими.



Фото: Махар



Вплив військових дій на гранулометричні фракції ґрунту

У гранулометричних фракціях ґрунту що засмічені паливно-мастильними матеріалами відбуваються збільшення фракцій піску. В цьому випадку з паливно-мастильними матеріалами відбувається утворення стійких до реагентів (0, 2н HCl та розбавленого розчину 1н NaOH) агрегатів. І це є негативним впливом, адже паливно-мастильні матеріали з'єднуючись з агрегатами зменшують їх здатність до мінералізації поживних речовина, а отже й розвитку рослин.





Висновки

1. При визначенні фізичних показників, а саме гранулометричного складу або текстури ґрунту, при антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив необхідно розуміти, що гранулометричний склад за Н.А.Качинським (визначається за ДСТУ 4730:2007) та текстура ґрунту (визначається за ДСТУ ISO 11277:2005) не тотожні. Різняться за: межами фракцій, видаленням органічної речовини, карбонатів, дезагрегацією.
2. Існують різні методи визначення розміру частинок ґрунту: органолептичні, ситові, седиментаційні, мікроскопічні, потенціометричний, лазерної дифракції. Вибір методу залежить від цілі та задач дослідження.
3. Перспективним у дослідженні антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив є метод лазерної дифракції. Може слугувати альтернативою трудомістким седиментаційним методам.



TRAINING OF EXPERTS TO ASSESS SOILS DAMAGED DUE TO HOSTILITIES

Дякую за увагу.



Sumy National
Agrarian University



Royal
Agricultural
University