МЕТОД ОТРИМАННЯ ВОДНО-ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ ЗА ФРАКЦІЯМИ ЇХНЬОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ

В. П. КОВАЛЬЧУК, доктор технічних наук, с.н.с.,
orcid.org/0000-0001-7570-1264,
головний науковий співробітник ІВПІМ НААН
volokovalchuk@gmail.com

Анотація. Представлено метод отримання водно-фізичних властивостей ґрунтів (основної гідрофізичної характеристики (ОГХ) і функції вологопровідності). Ці властивості, або функції дають можливість описати вертикальний рух вологи в ненасичених вологою ґрунтах, як одну зі складових частин видаткової статті водного балансу. Вони широко застосовуються під час обґрунтування водних меліорацій і під час моделювання вологоперенесення в ґрунті. А в основу методу покладено лабораторні дослідження зразків ґрунту, що відбираються в полі, на гранулометричний склад. Результати лабораторних аналізів натеper в Україні зазвичай отримуються за методом Качинського з двома складовими, процентний вміст глини й піску. Вони графічним методом, за допомогою інтегральних (кумулятивних) кривих перетворюються в дані, відповідні до міжнародної класифікації — з трьома складовими: вміст піску, пилу, глини. Останній пофракційний розподіл використовує світове співнота ґрунтознавців. Тому з використанням даних про вміст піску, пилу, глини, за допомогою комп'ютерної програми з відкритим доступом "Rosetta" USDA (United State Department of Agriculture) знаходяться водно-фізичні властивості у вигляді водних констант (повної вологоємності, найменшої гігроскопічної вологоємності, коефіцієнта фільтрації), коефіцієнтів рівнянь математичної моделі Ван Генухтена.

У публікації наведено приклади розрахунку водно-фізичних властивостей ґрунтів представленим методом темно-каштанових ґрунтів і чорноземів звичайних. До переваг запропонованого методу варто віднести невелику трудомісткість експериментальних досліджень, доступність аналізів і наявність великої кількості експериментальних досліджень гранулометричного складу ґрунтів, у т.ч. у літературних джерелах.

Як розвиток напряму досліджень, автор показав застосування отриманих залежностей для моделювання вологоперенесення за водних меліорацій, (зрошення в системах керування зрошенням.). Щодо напрямів майбутніх досліджень, публікація пропонує провести порівняння точності отримання водно-фізичних властивостей ґрунтів за різними методами, а також отримання важливої водної константи — найменшої вологоємності (НВ).

Ключові слова: ґрунтові властивості, інтегральні (кумулятивні) криві розподілу фракцій ґрунту, комп'ютерна програма "Rosetta" USDA, повна вологоємність, найменша гігроскопічна вологоємність, коефіцієнт фільтрації

Актуальність проблеми.

Водно-фізичні властивості ґрунтів є основоположною характеристикою під час гідротехнічних меліорацій. Сьогодні є велика кількість методів їхнього визначення: вони наведені в літературних джерелах і ДСТУ, але їхнє пряме отримання наштовхується на складнощі із відсутністю відповідного лабораторного обладнання, тривалістю і трудомісткістю досліджень. Доступність аналізів і наявність великої кількості експериментальних досліджень гранулометричного складу ґрунтів, у т.ч. у літературних джерелах, з одного боку, наявність досліджень з пов'язання гранулометричного складу з водними властивостями ґрунтів наштовхнула автора на думку використати ці наукові надбання. Тому ідея публікації полягає в розробці науково обґрунтованого зручного методичного інструменту для отримання водно-фізичних властивостей ґрунтів (ВФВ) на основі даних гранулометричного складу ґрунту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідження в напрямі теоретичного (Van Genuchten M. T., 1980; «Почвенно-гидрофизическое обеспечение», 1987; Schaap, M. G. et al., 2001; Ковальчук В. П. & Коломієць С. С., 2007), польового (ДСТУ Б В.2.1-24:2009) і лабораторного (ISO 11274:1998; Ромащенко М. І. та ін., 2019) визначення водно-фізичних властивостей ґрунтів започатковані досить давно і висвітлені в науковій літературі надзвичайно широко та для цього розроблено низку ДСТУ (ISO 11274:1998; ДСТУ ISO 11276:2001; ДСТУ Б В.2.1-24:2009). Ці власти-

вості, основна гідрофізична характеристика (ОГХ) і функція вологопровідності, використовуються під час обґрунтування гідротехнічних меліорацій (Shang Songhao et al., 2004; Ковальчук П. І. та ін., 2008; Вожегова, Р. А. та ін., 2013; Zeleke K. T., 2019; Gadzalo Ya. et al., 2019; Марковська О. Є., 2021), для наукових досліджень під час математичного моделювання вологоперенесення в ґрунтах (Ahmad M. et al., 2018; Салугин А. Н., 2018; Рыжова, Т. А. и др., 2019; Silva Ursulino B. et al., 2019; «Системне моделювання і управління», 2019). Суттєвою перешкодою є тривалість і трудомісткість польових і лабораторних досліджень із визначення ВФВ.

Для уникнення згаданих недоліків із визначення ВФВ у нашій публікації пропонується використання результатів аналізів на гранулометричний склад, за стандартизованою методикою (ДСТУ ISO 11277: 2005; ISO 11277:1998), зразків ґрунту відібраних у польових умовах. На заході для аналізів на гранулометричний склад використовують лазерні дифрактометри (Буданова Т. Е. и др., 2013).

Оскільки результати лабораторних аналізів отримуються за методом Качинського, то до міжнародної класифікації їх можна звести графічним методом із використанням графічної інтерполяції за отриманими кумулятивними кривими гранулометричного складу ґрунтів. Цей метод визначення вмісту в ґрунті фракцій піску-пили-глини запропонований у публікаціях (Бабошкина С. В. и др., 2016; Zamin, B., et al., 2020).

За вмістом у ґрунті фракцій піску-пили-глини на основі програмного забезпечення з відкритим доступом "Rosetta" USDA (United State Department of Agriculture, департа-

мент сільського господарства США) (Schaap M. G. et al., 2001; «Rosetta Version 1.0») знаходяться водно-фізичні властивості (гідрофізичні як синонім) у вигляді водних констант – повної вологоємності, найменшої гігроскопічної вологоємності, коефіцієнта фільтрації та коефіцієнтів рівнянь математичної моделі Ван Генухтена (Van Genuchten M. T., 1980).

Отже, метою статті є, на основі графічної трансформації результатів лабораторних аналізів за методом Качинського до міжнародної ґрунтової класифікації та за використанням комп'ютерної програми з відкритим доступом “Rosetta” USDA розробити метод розрахунку коефіцієнтів рівнянь математичної моделі Ван Генухтена та водних констант: повної вологоємності (ПВ), найменшої гігроскопічної вологоємності (МГВ), коефіцієнта фільтрації для наукового і практичного використання за обґрунтування гідротехнічних меліорацій. Головними завданнями публікації є викладення суті методу з ілюстрацією його на прикладі кількох ґрунтів. Водночас порівняння різних методів не ставилося завданням цієї статті.

Матеріали і методи дослідження.

Щодо об'єктів дослідження (рис. 1), то на прикладі темно-каштанових ґрунтів с. Привітне лівобережжя Херсонщини, ДПДГ «Брилівське» ІВПіМ НААН та чорноземів глибоких малогумусних ґрунтів у комплексі з лучно-чорноземними ґрунтами с. Деньги Золотоніського району Черкащини проілюструємо розрахунок водно-фізичних властивостей за запропонованим і описаним методом.

Зразки ґрунту відбирались із декількох горизонтів ґрунтового профілю: орного, підорного і горизонту материнської породи (табл.1).

Дисперсність ґрунту характеризується гранулометричним складом, відносним вмістом у ґрунті фракцій частинок різного розміру. Тому лабораторними дослідженнями за стандартизованими методиками (ДСТУ ISO 11277 : 2005; ISO 11277 : 1998) встановлений процентний уміст розміру ґрунтових частинок згідно з класифікацією Качинського (табл. 1).

Методично застосовувались графоаналітичні дослідження, використо-

а)

б)

Рис. 1. Розташування дослідних ділянок і точок відбору зразків ґрунту (за даними Публічної кадастрової карти): а) чорноземи, с. Деньги; б) темно-каштанові ґрунти с. Привітне

Таблиця 1. Результати лабораторних аналізів зразків ґрунтів за гранулометричним складом

№	Місце відбору	Глибина відбору, см	Діаметр фракцій (в мм) і їхній уміст (в %) від маси сухого ґрунту						Класифікація ґрунту за гранскладом	
			1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	> 0,01 мм	< 0,01 мм
1	с. Деньги	10-25	0,20	22,28	50,88	6,53	6,12	13,99	73,36	26,64
2	с. Деньги	36-61	0,12	14,00	61,65	3,79	8,36	12,08	75,77	24,23
3	с. Деньги	71-93	0,38	15,41	56,02	4,73	8,81	14,65	71,81	28,19
4	с. Привітне	0-20	30,2	38,5	9,64	5,12	6,76	9,76	78,36	21,64
5	с. Привітне	20-35	25,85	37,15	6,44	6,40	9,6	14,56	69,44	30,56
6	с. Привітне	75-85	15,2	43,72	4,6	15,92	0,16	20,40	63,52	36,48

увались програмне забезпечення з відкритим доступом “ROSETTA” USDA, а водно-фізичні властивості ґрунтів знаходились у вигляді коефіцієнтів формули Ван Генухтена (Van Genuchten M. T., 1980):

$$\frac{\theta - \theta_0}{\theta_{пв} - \theta_0} = \left(\frac{1}{1 + (\alpha\psi)^n} \right)^{1-\frac{1}{n}}$$

або

$$\psi = \left(\left(\frac{\theta - \theta_0}{\theta_{пв} - \theta_0} \right)^{-\frac{1}{1-\frac{1}{n}}} - 1 \right)^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

$$k = k_{\phi} \sqrt{\left(\frac{\theta - \theta_0}{\theta_{пв} - \theta_0} \right)} \left(1 - \left(1 - \left(\frac{\theta - \theta_0}{\theta_{пв} - \theta_0} \right)^{\frac{n-1}{n-1}} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right) \quad (2)$$

де θ , $\theta_{пв}$, θ_0 – об’ємна вологість ґрунту, повна вологоємність, мінімально можлива вологоємність, долі 1; ψ – водно-каркасний потенціал; k , k_{ϕ} – коефіцієнт вологопровідності і фільтрації, відповідно, см/добу; n , α – коефіцієнти.

Гранулометричний склад для визначення параметрів моделі Ван Генухтена можна знайти в лабораторії або в Атласі ґрунтів України («Атлас почв Украинской ССР», 1979) для приблизно 70 ґрунтових профілів.

Результати дослідження, обговорення результатів.

Унаслідок градації пісок / глина, що покладена в основу класифікації Качинського отримане невелике число різновидів ґрунту за гранулометричним складом (с. 222, Цицюра, Я. Г. та ін., 2020): пісок пухкий, пісок зв’язний, супісок, суглинок легкий, суглинок середній, суглинок важкий, глина легка, глина середня, глина важка. Воно не повністю показує реального різноманіття ґрунтів за гранулометричним складом. Особливо через неврахування ролі пилу (набухання і просадки, суттєвий вплив на анізотропію вологопровідності тощо) у формуванні фізичних властивостей ґрунту класифікація залишилася далеко від реальності.

Оскільки переважна більшість вітчизняних лабораторій надає результати аналізів про гранулометричний склад ґрунту у вигляді класифікації Качинського, є потреба трансформації цих експериментально отриманих результатів до міжнародної класифікації ФАО. Міжнародна класифікація складається з 12 ґрунтових класів за гранулометричним складом, де виділено три фракції – пісок, пил і глина (табл. 2). Переклад назв класів взято згідно з монографією Глобуса Л. М. (1987).

Таблиця 2. Розподіл ґрунтів на структурні класи за гранулометричним складом

Англійською (USDA)	Позначення	Кирилицею (за Л.М.Глобусом)
Clay	C	Глина
Clay Loam	CL	Важкий суглинок
Loam	L	Суглинок
Loamy Sand	LS	Супісок
Sand	S	Пісок
Sandy Clay	SC	Опісчана глина
Sandy Clay Loam	SCL	Опісчаний важкий суглинок
Sandy Loam	SL	Легкий суглинок
Silt	Si	Пилуватий (мулистий) ґрунт
Silty Clay	SIC	Пилувата глина (лучний ґрунт)
Silty Clay Loam	SICL	Пилуватий важкий суглинок
Silty Loam	SIL	Пилуватий суглинок

Отже, подальшим кроком реалізації методу є побудова за даними лабораторного аналізу інтегральних кривих розподілу частинок ґрунту за фракціями (рис. 2).

З інтегральних кривих отримуються нові значення вмісту в ґрунті фракцій частинок різного розміру

(пісок, пил, глина). Границі фракцій пісок, пил, глина за класифікацією USDA є такими:

- між фракціями піску й пилу граничним є розмір частинок 0,05 мм;
- між фракціями пилу і глини граничний розмір частинок є 0,002 мм.

а)

б)

Рис. 2. Інтегральні криві розподілу ґрунтових частинок дослідних ділянок за розміром і фракціями:

а) чорноземи с. Деньги; б) темно-каштанові с. Привітне

Таблиця 3. Розподіл ґрунтів дослідних ділянок на структурні класи за гранулометричним складом згідно з міжнародною класифікацією

№	Місце відбору, горизонт	Пісок (%)	Пил (%)	Глина (%)	Клас ґрунту за гран.складом	Щільність, г/см ³
1	с. Деньги, 10-25 см	22,48	62,32	15,2	silty loam	1,35
2	с. Деньги, 36-61	14,12	71,18	14,7	silty loam	1,36
3	с. Деньги, 71-93	15,79	67,71	16,5	silty loam	1,4
4	с. Привітне, 0-20	68,7	19,8	11,5	sandy loam	1,6
5	с. Привітне, 20-35	63	20	17	sandy loam	1,7
6	с. Привітне, 75-85	58,92	21,08	20	sandy loam	1,7

У такий спосіб для об'єктів дослідження, ґрунтів дослідних ділянок, отриманий фракційний склад за міжнародною класифікацією, який наведений у таблиці 3. Отже, за міжнародною класифікацією чорноземний ґрунт із Черкащини є пилуватим суглинком (12 клас), а ґрунт із Херсонщини є легким суглинком (8 клас) (рис. 3)

Програма “ROSETTA” дає можливість отримати гідрофізичні функції – криву водоутримуючої здатності $\psi = f(\theta)$, та залежність вологопровідності $k = f(\theta)$ запропонованої Ван Генухтеном (Van Genuchten M. T., 1980), водні константи ПВ і МГВ за різних рівнів вхідної інформації про ґрунти:

- за типами ґрунту по гранулометричному складу – це найбільш узагальнені гідрофізичні функції, що можуть використовуватись у попередніх оцінювальних розрахунках таблиці 2;
- наявність гранулометричного складу та щільності ґрунту (табл. 3) дають можливість одержати адекватні гідрофізичні функції досліджуваних ґрунтів;
- наявність гранулометричного складу та щільності ґрунту, що доповнюються реперними точками основної гідрофізичної характеристики $\psi = f(\theta)$ за тиску 300 та 1500 кПа дають найточніші гідрофізичні залежності за програмою “ROSETTA”.

Рис. 3. Діаграма класифікації ґрунтів дослідних ділянок за гранулометричним складом:

а) темно-каштанові с. Привітне; б) чорноземи с. Деньги

Для ґрунтів дослідних ділянок результати розрахунків водних констант і коефіцієнтів кривих наведені в таблиці 4 (долі 1 переводяться до % об'єму домножуванням на 100 %). Там же наведені дані з (Атлас почв Украинской ССР, 1979) для дещо подібних ґрунтів (лучно-чорноземного ґрунту на лесовидних суглинках і темно-каштанових солонцюватих ґрунтів на лесах). Як свідчать дані таблиці 4, загалом кожен ґрунт за водно-фізичними властивостями є унікальним, оскільки під час сільськогосподарського використання властивості змінюються. Саме тому запропонований метод є корисним і допоможе точно їх визначити.

Хочемо зазначити, що фундаментальна константа найменша вологоємність ґрунту ($\theta_{\text{НВ}}$) визначається за методикою, що запропонована в публікації (Barros T. H. et al., 2017) із використанням запропонованого нами методу розрахунку гідрофізичних властивостей (табл. 4). Детально, ці дослідження нами будуть наведені в подальших публікаціях.

У цій публікації ми не ставили завданням і не досліджували питання точності розрахунків ВФВ за описаним методом, оскільки це тема подальших публікацій, де буде здійснено порівняння кількох методів.

Достовірність результатів, отриманих за описаним методом підтверджується використанням даних гранулометричного складу за стандартизованими методиками, трансформації результатів лабораторних аналізів до міжнародної класифікації за апробованим методом, подальшого розрахунку водно-фізичних властивостей за комп'ютерною програмою, рекомендованою Департаментом сільського господарства США. Варто зауважити, що емпіричні результати, які покладені в основу програми ґрунтуються на аналізі понад 6 тис. ґрунтових проб. Залежність Ван Генухтена є загальновідомою багато років. Її використання підтверджується великою кількістю досліджень, які викладені в багатьох публікаціях, та використовується в програмному забезпеченні ФАО (AquaCrop, CROPWAT). Залежність зручна для моделювання водного режиму ґрунтів.

Отже, отримавши водно-фізичні характеристики можна моделювати вологоперенесення в ґрунті (Ahmad M. et al., 2018; Салугин А. Н., 2018; Рыжова Т. А. и др., 2019; Silva Ursulino B. et al., 2019; «Системне моделювання і управління», 2019), розраховувати норми зрошення, терміни поливу на основі смарт-систем, як у (Ковальчук П. І. та ін., 2008; Gadzalo Ya. et al., 2019), або на основі програм

Таблиця 4. Результати розрахунків водно-фізичних властивостей ґрунтів об'єктів досліджень та їхнє порівняння з даними літературних джерел

№	Місце відбору, горизонт	$\theta_{\text{ДВ}}$	$\theta_{\text{а}}$	α	n	$k_{\text{ф}}$	$\theta_{\text{НВ}}$	$\theta_{\text{ДВ}}$	$\theta_{\text{НВ}}$
		долі 1	долі 1	-	-	см/добу	долі 1	долі 1	долі 1
1	с. Деньги, 10-25 см	0,385	0,060	0,0057	1,638	14,22	0,254	0,565	0,282
2	с. Деньги, 36-61 см	0,427	0,065	0,0049	1,689	29,26	0,198	0,563	0,32
3	с. Деньги, 71-93 см	0,419	0,067	0,0051	1,672	21,18	0,217	53,2	0,29
4	с. Привітне, 0-20 см	0,311	0,040	0,3825	1,238	35,96	0,258	0,55	0,305
5	с. Привітне, 20-35 см	0,331	0,047	0,3547	1,251	10,71	0,252	0,5	0,275
6	с. Привітне, 75 см	0,368	0,059	0,2879	1,372	8,2	0,270	0,44	0,268

AquaCrop, CROPWAT тощо, рекомендованих ФАО, як це зроблено в публікаціях (Вожегова Р. А. та ін., 2013; Zeleke K. T., 2019; Марковська О. Є., 2021).

Висновки.

Представлено новий метод знаходження водно-фізичних властивостей ґрунту, на основі лабораторного визначення гранулометричного складу ґрунту. У методі поєднано низку міжнародних стандартизованих та загальновідомих методик, комп'ютерних програм із розрахунку водно-фізичних властивостей ґрунту з вітчизняними методиками визначення гранулометричного складу. Метод дає можливість визначити: ПВ, НВ, МГВ, коефіцієнт фільтрації ґрунту, коефіцієнти моделі Ван Генухтена. Метод є дуже корисним для використання за обґрунтування водних меліорацій, оскільки підвищує точність розрахунків параметрів режимів зрошення.

Подальшим розвитком цього напрямку дослідження стане порівняння точності отриманих водних констант і коефіцієнтів залежностей за кількома лабораторними й польовими методами.

References

1. Ahmad, M., Chakraborty, D., Aggarwal, P., Bhattacharyya, R., & Singh, R. (2018). Modelling soil water dynamics and crop water use in a soybean-wheat rotation under chisel tillage in a sandy clay loam soil. *Geoderma*, 327, 13-24. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.04.014>
2. AquaCrop, the crop-water productivity model. Retrieved from <https://www.fao.org/aquacrop>. Accessed May, 2018.
3. Atlas pochv Ukraynskoi SSR (Pod red.: N.K.Krupskoho, N.Y. Polupana). (1979) [Atlas of soils of the Ukrainian SSR]. Kyiv: Urogray., 159p.
4. Barros, T. H., Farias, A. J., de Almeida, A. M., FRAGA JUNIOR, E. F., & Coelho, R. D. (2017). Field Capacity estimation from the inflection point of the soil moisture retention curve. In IV INOVAGRI-Institute International Meeting, Fortaleza. Anais... Fortaleza. <https://doi.org/10.7127/iv-inovagri-meeting-2017-res0250268>
5. Baboshkina, S. V., Puzanov, A. V., Elchinova, O. A., & Rozhdestvenskaya, T. A. (2016). Vodno-fizicheskiye svoystva i modelirovaniye protsessa dvizheniya vlagi v chernozemakh yuzhnykh Kanskoy mezhgornoy kotloviny (basseyne r. Charysh. severo-zapadnyy Altay). [Water-physical properties and modeling of the process of moisture movement in the southern chernozems of the Kansk intermountain basin (basin of the Charysh River, northwestern Altai)]. *Bulletin of Altai State Agrarian University*, (3 (137)).
6. Budanova, T. E., Ozmidov, O. R., & Ozmidov, I. O. (2013). Sovremennyye metody izucheniya granulometricheskogo sostava gruntov. [Modern methods of studying the granulometric composition of soils]. *Engineering survey*, (8), 66-70.
7. Vozhehova, R. A., Kokovikhin, S. V., Shepel, A. V., & Boiarkina, L. V. (2013). Zastosuvannya informatsiynykh tekhnolohii dlia zdiisnennia otsinky klimatichnykh umov ta rozrakhunku vodopotreby liutserny. [Application of information technologies for assessment of climatic conditions and calculation of alfalfa water consumption]. *Taurian Scientific Bulletin*. Issue, 86, 49-52.
8. CROPWAT: a decision support tool. Retrieved from <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>. Accessed May, 2018.
9. Gadzalo, Ya., Romashchenko, M., Kovalchuk, V., Matias, T., & Voitovich O. (2019). Using smart technologies in irrigation management. International Commission on Irrigation and Drainage: 3rd World Irrigation Forum (WIF3). Bali, Indonesia: WIF3, 178. Retrieved from: https://www.icid.org/wif3_bali_2019/wif3_abst_vol.pdf

10. Globus, A. M. (1987). Pochvenno-gidrofizicheskoye obespecheniye agroekologicheskikh matematicheskikh modeley [Tekst]. [Soil and hydrophysical support of agroecological mathematical models]. Leningrad : Gidrometeoizdat, 427.
11. DSTU B V.2.1-24:2009. Hrunty. Metody polovykh vyprobuvan pronyknosti. [Soils. Field permeability test methods]
12. DSTU ISO 11276: 2001 Yakist gruntu. Vyznachennia tysku porovoi vody. Metod z vykorystanniam tenziometra. [Soil quality. Determination of pore water pressure. Method using a tensiometer]
13. DSTU ISO 11277: 2005 Yakist gruntu. Vyznachennia hranulometrychnoho skladu mineralnogo materialu gruntu. Metod prosiiuvannia sedymentatsii. [Soil quality. Determination of particle size distribution of soil mineral material. Sedimentation sieving method]
14. ISO 11274 :1998 Yakist gruntu. Vyznachennia vodoutrymuvalnoi kharakterystyky. Laboratorni metody [Soil quality. Determination of water retention characteristics. Laboratory methods]
15. ISO 11277: 1998 Yakist gruntu. Vyznachennia hranulometrychnoho skladu. [Soil quality. Determination of particle size distribution]
16. Kovalchuk, P. I., Pendak, N. V., Kovalchuk, V. P., & Voloshyn, M. M. (2008). Systemna optymizatsiia vodokorystuvannia pry zroshenni. Monohrafiia. [System optimization of water use during irrigation. Monograph]. Rivne : Vydavnytstvo NUVGP.
17. Kovalchuk, P.I., Matiash, T. V., Kovalchuk, V. P., Demchuk, O. S., Balykhina, H. A., Herus, A. V., Pendak, N. V. (2019). Systemne modeliuvannia i upravlinnia vodo- i zemlekorystuvanniam: Monohrafiia. [System modeling and management of water and land use. Monograph]. Kyiv: Ahrarna nauka. 608p.
18. Kovalchuk, V. P. & Kolomiets, S.S. (2007). Imitatsiine modeliuvannia hidrofizychnykh vlastyvostei gruntiv pry vykonanni ahromelioratyvnykh zakhodiv. [Simulation modeling of hydrophysical properties of soils when performing agro-ameliorative measures]. Taurian Scientific Bulletin. Collection of scientific works of KSAU, Issue, 53. Kherson : Ailant. pp.397-405.
19. Markovska, O. Ye. (2021). Modeliuvannia rezhymiv zroshennia riznykh sortiv rysu z vykorystanniam informatsiino-prohrannoho kompleksu AquaCrop. [Modeling of irrigation modes of different varieties of rice using the information and software complex AquaCrop]. Taurian Scientific Bulletin. . Issue, 119. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.30>
20. Puzanov, A. V., Baboshkina, S. V., Rozhdestvenskaya, T. A., & Balykin, S. N. (2014). Sravnitelnyy analiz osnovnoy gidrofizicheskoy kharakteristiki stepnykh i gorno-lesnykh pochv Altaya, vosstanovlennoy raschetnymi metodami. [Comparative analysis of the main hydrophysical characteristics of steppe and mountain-forest soils of Altai, reconstructed by calculation methods]. Bulletin of Altai State Agrarian University, (12 (122)).
21. Rosetta Version 1.0 (Free downloaded program). U.S.Salinity Laboratory ARSUSDA; Retrieved from: <http://www.ussl.ars.usda.gov>. Accessed 10 Sep 2017.
22. Romashchenko, M. I., Kolomiets, S. S., & Bilobrova, A. S. (2019). Systema laboratornoho diahnostuvannia vodno-fizychnykh vlastyvostei gruntiv. [System of laboratory diagnostics of water-physical properties of soils]. Land Reclamation and Water Management, (2), 199-208. <https://doi.org/10.31073/mivg201902-193>
23. Ryzhova, T.A., Melikhova, E. V., & Rogachev, A. F. (2019). Kompyuternoye modelirovaniye i opredeleniye osnovnoy gidrofizicheskoy kharakteristiki na primere svetlo-kashtanovykh pochv Nizhnego Povolzhia [Computer modeling and determination of the main hydrophysical characteristics on the example of light chestnut soils of the Lower Volga region]. Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education, (3 (55)). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-49

24. Schaap, M. G., Leij, F. J., & Van Genuchten, M. T. (2001). Rosetta: A computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. *Journal of hydrology*, 251(3-4), 163-176. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00466-8](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00466-8)
25. Shang, Songhao & Li, Xichun & Mao, Xiaomin & Lei, Zhidong. (2004). Simulation of water dynamics and irrigation scheduling for winter wheat and maize in seasonal frost areas. *Agricultural Water Management*. 68. 117-133. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.03.009>.
26. Silva Ursulino, B., Maria Gico Lima Montenegro, S., Paiva Coutinho, A., Hugo Rabelo Coelho, V., Cezar dos Santos Araújo, D., Cláudia Villar Gusmão, A., ... & Angulo-Jaramillo, R. (2019). Modelling soil water dynamics from soil hydraulic parameters estimated by an alternative method in a tropical experimental basin. *Water*, 11(5), 1007. <https://doi.org/10.3390/w11051007>
27. Salugin, A. N. (2018). *Primeneniye osnovnykh gidrofizicheskikh kharakteristik dlya modelirovaniya vertikalnogo dvizheniya vlagi v zone aeratsii*. [Application of basic hydrophysical characteristics for modeling the vertical movement of moisture in the aeration zone]. *Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education*, (1 (49)). DOI: 10.32786/2071-9485-2018-01-58-65.
28. Tsytsiura, Ya.H., Polishchuk, M.I., & Bronnikova, L.F. (2020). *Gruntoznavstvo z osnovamy heolohii. Chastyna II. Henezys, klasyfikatsiia ta vlastyvoli gruntiv. Navchalnyi posibnyk*. [Soil science with the basics of geology. Part II. Genesis, classification and properties of soils. Tutorial.]. Vinnytsia : TOV «Druk plus».
29. Van Genuchten, M. T. (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils 1. *Soil science society of America journal*, 44(5), 892-898.
30. Zeleke, K. T. (2019). AquaCrop calibration and validation for faba bean (*Vicia faba* L.) under different agronomic managements. *Agronomy*, 9(6), 320. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060320>
31. Zamin, B., Nasir, H., Mehmood, K., & Iqbal, Q. (2020). Field-Obtained Soil-Water Characteristic Curves of KPK Expansive Soil and Their Prediction Correlations. *Advances in Civil Engineering*, 2020, Article ID 4039134. <https://doi.org/10.1155/2020/4039134>

V.P. Kovalchuk (2021). THE METHOD OF OBTAINING SOIL'S WATER-PHYSICAL PROPERTIES VIA THEIR A GRANULOMETRIC COMPOSITION. PLANT AND SOIL SCIENCE, 12(4):115–125. <https://doi.org/10.31548/agr2021.04.115>

Abstract. *The method of obtaining water-physical properties of soils (basic hydrophysical characteristics (BHC) and moisture conductivity function) is presented. These properties, or functions, allow us to describe the vertical movement of moisture in unsaturated soils as one of the components of the expenditure item of the water balance. They are widely used in the substantiation of water reclamation and in the modeling of moisture transfer in the soil. The method is based on laboratory studies of soil samples taken in the field on the granulometry composition. The results of laboratory test now in Ukraine are usually obtained by the method of Kaczynski with two components, the percentage of clay and sand. They are graphically, with the help of integral (cumulative) curves are transformed into data corresponding to the international classification - with three components: the content of sand, dust, clay. The latter fractional distribution is used by the world community of soil scientists. Therefore, using data on the content of sand, silt, clay, using a computer program with open access "Rosetta" USDA (United States Department of Agriculture) the water-*

physical properties in the form of water constants: the saturated soil moisture, the residual soil moisture, the saturated hydraulic conductivity, and the coefficients of the equations of the mathematical model of van Genuchten are calculated.

The publication provides examples of calculation of water-physical properties of soils by the presented method of dark chestnut soils and ordinary chernozems. The advantages of the proposed method include the low complexity of experimental studies, the availability of analyzes and the presence of many experimental studies of the granulometry composition of soils, including in literary sources.

As a development of the research direction, the author shows the application of the obtained dependence for modeling moisture transfer during water reclamation (irrigation in irrigation control systems.). Regarding the directions of future research, the publication recommends comparing the accuracy of obtaining water-physical properties of soils by different methods, as well as obtaining an important water constant - the field capacity (FC) as the lowest field moisture content.

Keywords. *Soil properties, integral (cumulative) curves of distribution of soil fractions, computer program "Rosetta" USDA, total moisture content, the lowest hygroscopic moisture content, filtration coefficient*