

УДК 631.432
© 2012

М.І Драган,
кандидат сільсько-
господарських наук

Національний
науковий центр «Інститут
землеробства НААН»

ПАРАМЕТРИ РІЗНИХ ФОРМ НЕДОСТУПНОЇ ВОЛОГИ В СІРИХ ЛІСОВИХ ҐРУНТАХ

**Досліджено основні форми недоступної вологи в
сірих лісових ґрунтах, природу утворення й
поширення, параметричні значення та фактори,
що її зумовлюють.**

Волога в ґрунті за своєю рухомістю та доступністю для рослин є неоднорідною. Різні її частини й ділянки мають різні гідрологічні властивості, тому дослідники, які вивчали питання ґрунтової гідрології, намагалися вологу ґрунту розділити за різними ознаками. Одні автори розмежовували її за фізичним станом (тверда, рідка, газоподібна), деякі — за силами, що утримують вологу в ґрунті (сорбційні, капілярні, осмотичні, гравітаційні), інші — за доступністю вологи для рослин (недоступна, слабодоступна, доступна, надлишкова) [2, 3, 6, 8]. Такі градації слід вважати умовними, оскільки чіткої і постійної межі переходу однієї категорії чи форми води в іншу в природних умовах немає через неоднорідність гранулометричного, хімічного й мінералогічного складу та постійні зміни, що відбуваються у твердій фазі ґрунту. Унаслідок цього різні категорії вологи, що перебувають за межею доступності, як зазначає О.А. Раде, — являють собою гідратні плівки різної товщини, які нашаровуються одна на одну, часом несучільні і незв'язані між собою [5].

Мета досліджень — вивчити природу виникнення, параметричні значення та фактори, що зумовлюють недоступність вологи для рослин.

Об'єкт і методи досліджень. Об'єктом досліджень є сірі лісові ґрунти, різні за гранулометричним складом та фізичними властивостями, в яких вивчали гігроскопічність у генетичних горизонтах, взаємозв'язок між вмістом гігроскопічної вологи (ГВ) і гранулометричним складом, товщину гідратних оболонок за рівняннями (1–3), максимальну гігроскопічну вологоємність (МГВ) за методикою Мітчерліха [1], вологість стійкого в'янення (ВСВ) за методикою вегетаційних мініатюр [10].

Результати досліджень. Ґрунту властиві об'ємні та поверхневі переміщення води. Одні пов'язані з транзитною системою капілярних пор, інші — з гігроскопічністю твердої фази, яка зумовлює товщину водневих плівок та їхню щільність.

Гігроскопічна волога адсорбується на поверхні елементарних частинок силою їхньої енергії з повітря за природних значень відносної вологості або залишається в ґрунті при його висушуванні до повітряносухого стану.

Унаслідок послідовного й орієнтованого нашарування молекул H_2O на поверхні елемен-

тарних частинок утворюється шар або окремі скупчення міцно зв'язаної води. Товщина гідратних оболонок залежить від гранулометричного складу, відносної вологості повітря та мінералогічного його складу.

Для сірого лісового ґрунту визначення гігроскопічності та параметризації кількісних ознак цього процесу проводили в такому режимі: відносна вологість повітря становила 50–55%, атмосферний тиск — 743–752 мм.рт.ст., температура навколишнього середовища варіювала в межах 18–21°C. Термін експозиції досліду — 30 діб.

Активність ґрунту в адсорбуванні вологи значною мірою залежала від вмісту фізичної глини та органічної речовини, зміни яких зумовлені значною диференціацією профілю за цими показниками. Довготривале вилучення ґрунту з інтенсивного використання також коригувало адсорбційні властивості генетичних горизонтів унаслідок різного вмісту фізичної глини (табл. 1). Попри тривалий термін вилучення ґрунту з обробітку (20 і 60 років) гігроскопічність його з гор. НЕ порівняно з аналогами була близькою і становила 1,47–1,50%. Найбільше гігроскопічної вологи накопичувалось в ілювіальному горизонті (1,77–1,79%), що цілком узгоджується зі зростаючим до 34–36% вмістом фізичної глини, а серед аналогів — у ґрунті з інтенсивним використанням — 1,92% від абсолютно сухої наважки ґрунту. Найменша кількість гігроскопічної вологи була в зразках ґрунту материнської породи (1,31–1,38%).

Зміна сорбційних властивостей, яка для цієї ґрунтової відміни переважно визначається вмістом та перерозподілом по профілю фізичної глини, зумовила відповідну товщину гідратних плівок. Для розрахунку кількості гідратних шарів, які покривають елементарні частинки, було взято ґрунт із гумусо-елювіального горизонту на ділянці з інтенсивним використанням. В 1 г ґрунту кількість гігроскопічної вологи (M_{H_2O}) становила 0,0147 г. Маса 1 молекули води (M_{H_2O}) приблизно дорівнює $1,99 \cdot 10^{-23}$. Отже, кількість молекул H_2O (K_{H_2O}) в 1 г ґрунту за значеного вмісту гігроскопічної вологи дорівнюватиме:

$$K_{H_2O} = m_{H_2O} / M_{H_2O}, \text{ або } 0,0147 / 1,99 \cdot 10^{-23}. \quad (1)$$

Площа, яку займає 1 молекула H_2O за гексагональної укладки механічних елементів

1. Уміст гігроскопічної вологи в профілі сірого лісового легкосуглинкового ґрунту за різних умов використання, % від абсолютно сухої наважки ґрунту

Генетичний горизонт	Інтенсивне використання			20-річний переліг			60-річний переліг		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
HE	25,52	1,48	1,47	29,12	1,60	1,50	28,52	1,87	1,48
le	29,41	0,61	1,51	26,71	0,53	1,42	28,54	0,54	1,60
I	37,73	0,38	1,92	34,37	0,34	1,79	36,05	0,37	1,77
Ip	25,40	0,17	1,44	35,82	0,26	1,88	37,03	0,28	1,86
P	22,16	0,14	1,31	25,65	0,17	1,39	27,54	0,12	1,38

Примітка. 1 — фізична глина, %; 2 — гумус, %; 3 — гігроскопічна волога.

(S_{H_2O}), становить $10,8 \text{ \AA}$ або $10,8 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$. Тоді загальна площа ($S_{зар.}$), яку займають усі молекули води за вмісту гігроскопічної вологи в 1 г ґрунту $0,0147 \text{ г}$, дорівнюватиме:

$$S_{зар.} = K_{H_2O} \cdot S_{H_2O}, \text{ або } 0,0147/1,99 \times 10^{-23} \cdot 10,8 \cdot 10^{-20} = 73,9 \text{ м}^2. \quad (2)$$

Тобто всі молекули H_2O завтовшки в 1 шар займають площу $73,9 \text{ м}^2$. Загальна (зовнішня + міцелярна) питома поверхня цього зразка ґрунту — $23,9 \text{ м}^2/\text{г}$ (табл. 2). Кількість шарів (ρ) гідратних плівок, які покривають механічні елементи цього зразка сірого лісового ґрунту, становить:

$$\rho = S_{зар.} : S_{зар.} \cdot H_2O, \text{ або } 73,9 : 23,9 = 3,1. \quad (3)$$

Найбільшу поверхневу енергію мали механічні елементи ґрунту гумусо-елювіального горизонту, які за вище зазначених зовнішніх режимів адсорбували й щільно утримували на своїй поверхні 3,1–3,9 шарів води. Зі зниженням вмісту гумусу в розташованих нижче горизонтах зменшується й кількість гідратних плівок. У перехідному горизонті Ip кількість гідратних оболонок зменшилася до 2,6–2,7 шт. Водночас спостерігається значне збільшення кількості шарів до 3,7–5 у первинних елементах материнської породи внаслідок значно меншої порівняно з генетичними горизонтами загальної питомої поверхні окремих фракцій ґрунту.

Інтенсивність адсорбції водяної пари з повітря ґрунтом великою мірою визначається тем-

пературою середовища. За вмісту вологи в повітрі 50–55% і температури $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ$ адсорбція легкого за гранулометричним складом ґрунту закінчується на 20-ту добу, а найінтенсивніше вона відбувається впродовж перших 5-ти діб. Якщо всю гігроскопічну вологу, що засвоїв ґрунт за цей період, взяти за 100%, то за наступні 5, 15 і 25 діб її кількість збільшиться лише на 5,9; 4 і 2,9%. За 30 діб абсолютно сухий ґрунт адсорбував 1,15% вологи.

На відміну від гігроскопічної вологи, на яку поширюється строкатість та варіація зовнішніх факторів, МГВ є більш сталим показником, оскільки його визначають у контрольованих лабораторних умовах.

Водночас значення МГВ залежать від дисперсності, гранулометричного складу та питомої поверхні механічних елементів ґрунту [4]. З максимальною гігроскопічною вологою ґрунту тісно корелюють міцелярна пористість первинних елементів [10], його глинистість, величина поверхневої енергії [5], ВСВ рослин та ін. гідрологічні властивості ґрунту [10].

У сірих лісових ґрунтах під час переходу від легкого суглинку до середнього і важкого їхня адсорбційна здатність активізується (табл. 3).

З урахуванням високих десорбційних властивостей електроліту, який використовували в дослідженнях (10% H_2SO_4), цілком обґрунтоване твердження про те, що максимально можлива кількість гігроскопічної вологи, адсорбованої легким суглинком для профілю, становить 3,58%. Залежно від властивостей генетичних горизонтів вона варіювала з 2,38 до 5,45%. З

2. Параметри змін кількості гідратних плівок механічних елементів профілю сірого лісового ґрунту за різного терміну виведення з обробітку

Генетичний горизонт	Загальна питома поверхня ($S_{зар.}$), $\text{м}^2/\text{г}$			Кількість гідратних оболонок, шт.		
	1*	2	3	1	2	3
HE	23,9	21,0	22,4	3,1	3,9	3,4
le	28,2	24,6	27,4	2,9	3,1	3,2
I	40,5	37,8	39,0	2,6	2,6	2,7
Ip	29,9	39,8	40,4	2,4	2,6	2,6
P	13,7	20,2	18,8	5,2	3,7	4,0

* 1 — поле сівозміни; 2 — 20-річний переліг; 3 — 60-річна цілина.

3. Максимальна гігроскопічна вологоємність генетичних горизонтів сірого лісового ґрунту різного гранулометричного складу, % від абсолютно сухої наважки ґрунту

Генетичний горизонт	Легкий суглинок		Середній суглинок		Важкий суглинок	
	1	2	1	2	1	2
HE	26,98	3,04	35,90	4,16	46,95	6,27
le	26,22	3,85	38,18	5,03	48,09	7,31
l	33,36	5,45	40,81	6,24	51,22	8,04
lp	26,34	3,42	38,80	4,57	49,52	6,97
P	22,64	2,38	37,21	4,02	46,51	5,72

Примітка. 1 — уміст фізичної глини; 2 — МГВ.

поважанням гранулометричного складу зростає також його адсорбційна здатність.

З огляду на нерівномірність розподілу фізичної глини за генетичними горизонтами та вміст органічної речовини у середньому суглинку цей показник зріс до 4,02–6,24%, важкому — до 5,72–8,04%. Спільними для 3-х аналогів сірого лісового ґрунту були найбільший уміст максимальної гігроскопічної вологи в ілювіальному горизонті та найменший — у материнській породі.

Між МГВ та вмістом фізичної глини, особливо мулистої фракції, простежується пряма залежність, яка виражається такими значеннями: для гумусо-елювіального горизонту — $0,15x \pm 0,01$, ілювіального та перехідних горизонтів — $0,15x \pm 0,02$, материнської породи — $0,11x \pm 0,01$, де x — уміст фізичної глини.

Різні за природою фізичні явища впливають на ГВ та МГВ цього типу ґрунтів. Коли абсолютно сухий ґрунт контактує з повітрям, яке містить водяну пару, у дію вступають вільні сили поля, що перебувають на поверхні гранулометричних елементів. Утворюється гідратна плівка з точною орієнтацією молекул води. Товщина таких плівок за значень ГВ складається з 2–4-х шарів. За насичення ґрунту до МГВ молекули води поступово втрачають свою кінетичну енергію, яка виділяється у вигляді теплоти змочування. За МГВ кількість гідратних оболонок порівняно з гігроскопічною вологістю зростає у 2–3 рази, а кількість шарів у гідратній оболонці — до 6–10. Поступове нашарування молекул води призводить до зменшення щільності зовнішньої оболонки внаслідок розсіювання та «дезорієнтації» молекул води щодо елементарних частинок. Ці категорії води недоступні для рослин, оскільки їхнє переміщення в ґрунті відбувається у вигляді пари.

За величиною МГВ обчислюють об'єм неактивної пористості ґрунту та ВСВ.

Для легкого суглинку сірого лісового ґрунту ВСВ для рослин ячменю становила 5,53%, середнього — 7,32, важкого — 10,61% від маси абсолютно сухого ґрунту.

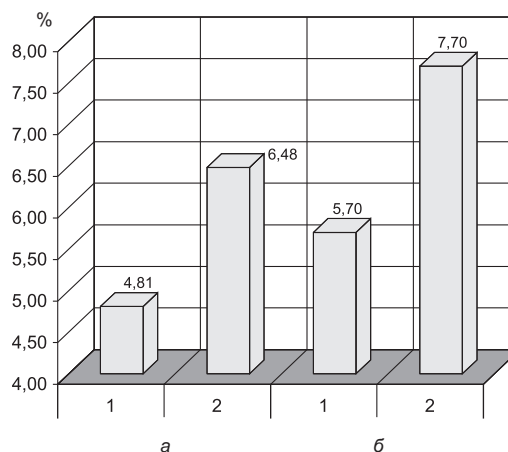
Кількість залишкової вологи в цих ґрунтах, яка є близькою до ВСВ рослин або відповідає їй, можна обчислити за вмістом фізичної глини та МГВ:

$$BCB = \text{фізична глина} / \text{МГВ} \cdot k, \quad (4)$$

де k — відносно сталі значення, яке для легкого суглинку дорівнює 1,55–1,56; середнього — 1,16–1,18, важкого — 0,68–0,71.

Уміст продуктивної вологи в ґрунті визначають за найбільш поширеним в агрономічній практиці коефіцієнтом в'янення рослин, який обчислюють за співвідношенням: $BCB / \text{МГВ}$ (1). За даними різних авторів, числове значення цього показника змінюється в широкому інтервалі з 1,20 до 2,42 і більше [9]. На підзолистих ґрунтах для молодих рослин пшениці озимої (дані С.І. Долгова) співвідношення між ВСВ і максимальною гігроскопічною вологою становило 3,4 і навіть 4,8. За нашими даними, на сірому лісовому ґрунті з поважанням гранулометричного складу від легкого до важкого суглинку коефіцієнт в'янення зменшувався і відповідно дорівнював 1,82 і 1,69 за послідовного зростання вологості ґрунту.

У літературі з гідрології дедалі частіше трап-



Вплив мінеральних добрив на вміст недоступної вологи в ґрунті у фазі стеблуння ячменю: а — ґрунт без мінеральних добрив; б — ґрунт з NPK (1260 кг/га фізичних туків); 1 — уміст вологи залежно від маси ґрунту; 2 — уміст вологи залежно від об'єму ґрунту

4. Вплив щільності складання на вологість стійкого в'янення рослин проса в ізольованому об'ємі ґрунту

Щільність шару ґрунту 0–30 см, г/см ³	Вологість стійкого в'янення, % від	
	маси ґрунту	об'єму ґрунту
1,10–1,15	4,02	4,42–4,62
1,30–1,35	4,11	5,34–5,46
1,50–1,55	4,86	7,29–7,53

ляються застереження щодо негативного впливу концентрації ґрунтового розчину на засвоюваність води рослинами [2]. Особливо вона набуває першорядного значення в посушливі роки, коли запаси вологи під польовими культурами не лише переходять межу вологості

5. Уміст вологи в ґрунті під зерновими культурами, за якого настає стійке в'янення рослин (5-разова повторність)*

Культура	Транспіраційний коефіцієнт	Вологість стійкого в'янення, % від маси абсолютно сухого ґрунту	
		відхилення у повтореннях	у середньому
Пшениця озима	450–600	4,20–4,70	4,40
Жито	500–700	4,40–5,15	4,86
Ячмінь	500–660	4,60–4,90	4,52
Овес	600–800	5,10–5,50	5,21
Гречка	500–600	4,24–5,07	4,59
Просо	200–290	3,82–4,20	3,96

* Дані А.П. Лосева та Л.Л. Журіної [7].

розриву капілярних зв'язків (ВРК), а й наближаються до ВСВ, тобто коли в ґрунті майже немає продуктивної вологи.

Для вирішення цього питання в польовій експериментальній сівозміні з 2-х ділянок було відібрано зразки ґрунту. На одній з них за останні 18 років мінеральні добрива не вносили, на іншій за цей період було внесено 6480 кг/га д.р. НРК, або щороку 360 кг/га. Дослідження проводили в лабораторних умовах з рослинами ячменю, які було знято з досліду у фазі стеблуння після зникнення в них будь-яких ознак відновлення тургору. Різниця за вмістом вологи між варіантами була 0,88% від маси ґрунту і 1,22% об'єму. Абсолютні значення стійкого в'янення рослин у ґрунті без добрив відповідно становили 4,81 і 5,70%, з унесенням їх — 6,48 і 7,70% (рисунок). Отже, на сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті за внесення міне-

ральних добрив у значній кількості (360 кг/га у д.р.) на кожному гектарі в категорію важкодоступної переходить понад 12 т води.

На доступність вологи для рослин впливає щільність складання ґрунту. Особливо це важливо для ґрунтів, схильних до переущільнення. Зазвичай у таких відмінах зі зростанням щільності збільшується й уміст недоступної вологи. За цих умов ВСВ, розрахована в широкому інтервалі щільності (1,10–1,55 г/см³) маси ґрунту, була менш строкатою щодо маси ґрунту, ніж щодо його об'єму (табл. 4).

В інтервалі щільності сірого лісового ґрунту 1,10–1,30 г/см³ коефіцієнт в'янення зростає на 10%, тоді як на межі рівноважної щільності 1,50 г/см³ цей показник збільшується до 18–20%. ВСВ властиві змінні значення, які зумовлюються видовим складом рослин, морфоло-

гією кореневих систем, віковим та їхнім розвитком за стадіями. За інших однакових умов серед зернових культур (табл. 5) овес є однією з перших культур, яка реагує на дефіцит доступної вологи, що призводить до втрати тургору, тоді як у проса триває ріст.

Вологість стійкого в'янення, навіть для одного виду рослин, — величина непостійна. На прикладі проса встановлено, що найшвидше реагують на дефіцит вологи в ґрунті рослини в молодому віці, коли депресія ростових процесів спостерігалася вже за вмісту вологи в ґрунті 4,73%. На нашу думку, причиною зневоднення рослин є не стільки відсутність продуктивної вологи в ґрунті, скільки слаборозвинена коренева система, яка не встигла освоїти достатній об'єм ґрунту. На період наливу зерна вміст вологи в ґрунті, за якого настало в'янення рослин, становив 3,77%.

Висновки

Уміст різних форм недоступної вологи — гігроскопічної, максимально гігроскопічної і ВСВ рослин та їхня параметрична оцінка в сірих лісових ґрунтах зумовлюються грануло-

метричним складом, дисперсністю, умістом органічної речовини, концентрацією ґрунтового розчину, щільністю складання, а ВСВ, крім цього, видовим складом рослин.

Бібліографія

1. *Вадюнина А.Ф.* Методы исследования физических свойств почв/А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. — М.: Агропромиздат, 1986. — 415 с.
2. *Гордієнко В.П.* Ґрунтова волога/В.П. Гордієнко. — Саки: ПП «Підприємство Фенікс», 2008. — 362 с.
3. *Долгов С.И.* Исследование подвижности почвенной влаги и ее доступность для растений/С.И. Долгов. — М.: Изд. АН СССР, 1948. — 206 с.
4. *Драган М.І.* Мікроструктура сірого лісового ґрунту за різного гранулометричного складу та використання/М.І. Драган, В.Ф. Камінський, В.А. Величко/Вісн. аграр. науки. — 2012 — № 10. — С. 21–25.
5. *Карпачевский Л.О.* Экологическое почвоведение/Л.О. Карпачевский. — М.: ГЕОС, 2005. — 336 с.
6. *Качинский Н.А.* Физика почвы. Ч. 2. Водно-физические свойства и режимы почв/Н.А. Качинский. — М.: Высш. шк., 1970. — 360 с.
7. *Лосев А.П.* Агрометеорология/А.П. Лосев, Л.Л. Журина. — М.: Колос, 2001. — 301 с.
8. *Мичурин Б.Н.* Доступность влаги для растений в зависимости от структуры и плотности сложения почв и ґрунтов/Б.Н. Мичурин/Вопросы агрономич. физики. — М., 1957. — С. 56–71.
9. *Ревут И.Б.* Физика почв/И.Б. Ревут. — Л.: Колос, 1964. — 320 с.
10. *Роде А.А.* Основы учения о почвенной влаге/А.А. Роде. — Л.: Гидрометеоздат, 1965. — Т. 1. — 638 с.
11. *Шишков К.Н.* Зависимость между водными свойствами почвы и их гранулометрическим составом/К.Н. Шишков/Вопросы агрономич. физики. — Л., 1957. — С. 101–106.

ВІСТІ З НАУКОВИХ УСТАНОВ**НОВЕ БАЧЕННЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ МОЛОЧНОГО СЕКТОРУ**

Молочний сектор національного господарства перебуває на стадії ринкової трансформації. В більшості регіонів України спостерігаються негативні тенденції, що виявляються в скороченні поголів'я молочних корів і погіршенні якості сирого молока. На розвиток молочного сектору вплинуло послаблення позицій українських молокопереробних підприємств на ринках країн пострадянського простору, особливо Російської Федерації. У монографії Т.В. Божидарніка (Розвиток молокопродуктового підкомплексу АПК в умовах глобалізації: теоретико-методологічні та прикладні аспекти: Монографія. — Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2011. — 412 с.) проаналізовано причини виникнення проблем розширеного відтворення молокопродуктового підкомплексу АПК України та запропоновано напрями його інноваційно-технологічної модернізації.

У виданні подано авторське бачення формування методологічної бази дослідження регулювання та реформування молокопродуктового підкомплексу АПК, яка базується на інституціональному, системно-структурному та цивілізаційному підходах, що дає можливість розглядати цей підкомплекс як складну поліфункціональну господарську систему і виявляти інституціональні розриви в усіх фазах молокопродуктового ланцюга. Доведено можливості імплементації у вітчизняну практику регулювання молочного сектору перевірених закордонною практикою важелів та інструментів, особливо тих, які є найдієвішими за неформованості базових інститутів ведення молочарського бізнесу.

Окремий розділ праці присвячено дослідженню розвитку молокопродуктового підкомплексу в період становлення ринкових відносин, виявлено причини руйнації матеріально-технічної бази молочного скотарства та передумови, чинники і засоби подолання її наслідків, а також відображено зрушення в молочній промисловості та їхні негативні наслідки для споживачів.

Відзначається інноваційністю підходів розділ монографії, в якому висвітлюються тенденції до зрушень на ринку молока і молокопродуктів та засоби його регулювання. Проаналізовано стан, інфраструктуру та нормативно-правове регулювання вітчизняного ринку молока і молокопродуктів, проведено оцінку ефективності виробництва молочної продукції та функціонування регіональних молокопродуктових підкомплексів, що дало можливість диференціювати інструменти регулювання відтворених пропорцій у молокопродуктовому ланцюзі та визначити найбільш прийнятні організаційно-правові форми підприємницької діяльності для поширення в окремі сегменти молочного сектору, які базуються на державно-приватному партнерстві.

Автор переконливо доводить необхідність здійснення реінжинірингу бізнес-процесів як основної детермінанти реструктуризації матеріально-технічної бази молочного скотарства та інноваційно-технологічної модернізації молокопереробних підприємств.

У роботі докладно розкрито тенденції і наслідки зрушень у молокопродуктовому підкомплексі поліської та лісостепової зони АПК Волинської області, що відбулися в процесі ринкових трансформацій. Запропоновано модель створення молочного кластера, де інноваційним ядром виступає ВАТ «Рожищенський сирзавод», активна роль відводиться органам місцевого самоврядування та молочарським кооперативам. Кластерна форма організації молокопродуктового бізнесу дасть змогу синхронізувати зусилля органів місцевої влади та підприємницьких структур у напрямі розбудови інфраструктури місцевих ринків молока і підвищення інвестиційної привабливості проектів модернізації індустрії молочного скотарства та переробки молока.

Монографія має завершений, цілісний характер, відзначається логічною впорядкованістю викладення матеріалу і буде надзвичайно корисною для фахівців, науковців та студентів.

М.В. Щурик,
доктор економічних наук