

УДК 631.4:631.61

## ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОФІЛЬНОЇ МІНЛИВОСТІ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОСУШУВАНИХ ТОРФОВИХ ҐРУНТІВ

С.С. КОЛОМІЄЦЬ, канд. с.-г. наук,  
С.М. КІКА

Інститут водних проблем і меліорації НААН України

*За удосконаленими лабораторними методами досліджень водоутримувальної здатності охарактеризовані закономірності профільної мінливості фізичних та водно-фізичних властивостей торфових ґрунтів, у т. ч. значень їх найменшої вологосмності (НВ) та мінливості структури порового простору під впливом меліоративного землеробства.*

**Ключові слова:** фізичні і водно-фізичні властивості, профільна мінливість, структура порового простору торфу

**Сучасний стан та актуальність.** Останнім часом проблеми подальшого використання осушуваних торфових ґрунтів в Україні все частіше стають центром уваги фахівців-меліораторів, екологів та громадськості. Зазвичай це викликано негативними наслідками осушення торфовищ, зокрема такими як масштабні торфові пожежі і регіональне задимлення атмосфери. Все більше уваги приділяється загальнобіосферним функціям торфових боліт і гідроморфних ландшафтів [1, 2, 3]. Активізуються пошуки біосферносумісного використання торфовищ і торфових ґрунтів [1, 4]. Зокрема, в Інституті водних проблем і меліорації НААН проведено наукове обґрунтування та розроблена «Стратегія відновлення та розвитку зрошувальних і дренажних систем в Україні до 2030 року», згідно з якою більшу частину осушуваних торфовищ пропонується ренатуралізувати та повторно перевести у стан боліт. Зроблено також важливий висновок, що економічно доцільним є лише інтенсивне використання осушуваних земель, у т.ч. торфових. Однак сучасна парадигма меліоративного землеробства на осушуваних торфових ґрунтах орієнтована на збереження і подовження використання торфових ґрунтів за їх низькоінтенсивного використання з подовженим лучним періодом [5]. При такому використанні екологічні збитки основним компонентам гідроморфних ландшафтів перевищують прибуток від землеробства на цих землях [6].

Радикальним виходом з цієї ситуації є розірвання згубного кола, спрямованого на повну мінералізацію торфового покладу, створенням періодів відновлення торфонакопичення. Напрямок ренатуралізації і повторного заболочування вироблених і неефективно використовуваних осушуваних торфовищ інтенсивно розвивається у світі в рамках Програми

розвитку ООН Глобальний екологічний фонд (ПРООН/ГЕФ).

Нами також запропоновано концепцію екологічно збалансованого використання осушуваних торфовищ у меліоративному землеробстві шляхом створення так званих каскадних меліоративних систем, де лише 10% території використовують в інтенсивному землеробстві, а на 90% модулів створюють болотний режим з відновленням торфонакопичення [7].

Цей перспективний напрямок гармонізації продуктивних функцій торфових ґрунтів породжує низку питань, які необхідно вирішувати при повторному освоєнні осушуваних торфових ґрунтів: оптимальні терміни торфонакопичення, стратифікація торфового покладу (конструювання), прискорене освоєння та окультурення, регулювання швидкості торфонакопичення та ботанічного складу рослинності, сумісне використання заболочених модулів, технічні аспекти забезпечення заданого водного режиму тощо. Для вирішення цих питань необхідне поглиблення знань про закономірності профільної мінливості водно-фізичних властивостей торфових ґрунтів.

**Метою даної публікації** є висвітлення нового бачення щодо закономірностей трансформації фізичних та водно-фізичних властивостей торфового ґрунту на основі нових лабораторних методів досліджень, які стануть основою імітаційного моделювання процесів трансформації в умовах їх землеробського використання.

**Методика досліджень.** Для досліджень вибрано два профілі осушуваних торфових ґрунтів болотного масиву Чемерне на території Сарненської дослідної станції ІВПіМ НААН. Торфові ґрунти потужністю більше 2 м; добре розкладені (ступінь розкладу

більше 40 % в орному шарі та 10 % у глибших горизонтах); за ботанічним складом гіпно-во-осокові. Опробування ґрунтових профілів проведено на полі N1 площею 4,77 га між осушувальними каналами К15-1 та МК-2 на території дрібноділянкового дослід з вирощування перспективних кормових культур на ділянках пайзи та кормових бобів. Відстань між ділянками не перевищує 10 м, тому ці ґрунтові профілі можна розглядати як повторність вивчення профільної мінливості властивостей осушуваних торфових ґрунтів.

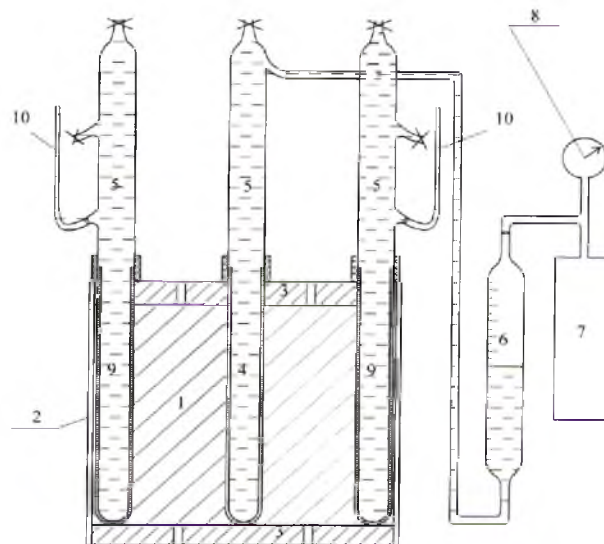
На момент відбору монолітів торфового ґрунту (червень) рівень підґрунтових вод на дослідних ділянках знаходився на глибині 70-80 см від поверхні. З кожного ґрунтового профілю з глибини 15-30 см, 35-50 см та 65-80 см у пластикові ріжучі кільця діаметром 12 см та висотою 15 см відібрано по три зразки ґрунту непорушеної структури.

Для проведення гідрофізичних досліджень водоутримувальної здатності за радіальною схемою циклу десорбція-сорбція відібрані моноліти були оснащені за схемою, представленою на рис. 1.

Після оснащення зондами зразки насичували до повної вологості (ПВ) у вакуумній камері та проводили відповідно

до схеми цикли випробувань: максимально швидка десорбція від ПВ – повільна рівноважна сорбція – повторна швидка десорбція. Повний опис алгоритму випробувань наведений в [8, 9]. Проведені лабораторні дослідження щодо визначення тиску порової води та лабораторного визначення водоутримувальної характеристики відповідали чинним ДСТУ ISO 11274 [10] та ДСТУ ISO 11276 [11]. Проведення комплексних гідрофізичних досліджень за нижченаведеною схемою і алгоритмом дозволяє суттєво розширити їх інформативність та отримати нові знання й діагностичні показники ґрунту, зокрема величину найменшої вологості (НВ) [12] та характеристику структури порового простору, які раніше для торфових ґрунтів не визначались.

Основою визначення структурної характеристики порового простору ґрунту є експериментальне одержання петлі капілярного гістерезису водоутримувальної здатності, що дозволяє графічним способом отримати залежність  $V_{зп}=f(P)$ , або  $V_{зп}=f(r)$ , яка становить собою сумарний об'єм пор певного розміру, тобто є диференціальною кривою розподілу порового простору за розмірами (радіусами) [9]. Оригінальний спосіб лабораторного визначення значень найменшої



**Рис. 1. Схема оснащення зразків ґрунту непорушеної структури для проведення гідрофізичних випробувань водоутримувальної здатності в циклі десорбція-сорбція:**

- 1 – торфовий ґрунт; 2 – ріжуче пластикове кільце; 3 – парафіно-бітумні корки; 4 – центральний робочий керамічний зонд; 5 – скляні газозовловлювачі; 6 – вимірювальна бюретка на 100 мл; 7 – баластна вакуумна ємкість; 8 – контрольний вакуумметр; 9 – керамічні зонди контрольних тензіометрів; 10 – вимірювальні капіляри для індикації капілярного тиску

вологомісткості (НВ) для будь-яких ґрунтів, у т.ч. торфових, базується на визначенні точки зламу нормованої кривої кінетики десорбції  $\Delta\bar{\theta} = f(\bar{t})$  за значеннями першої похідної  $\frac{\partial\Delta\theta}{\partial t} = 1$  або графічно за дотичною 45° лінії до цієї кривої [12], тобто за зменшенням швидкості десорбції значно меншою за одиницю ( $\frac{\partial\Delta\theta}{\partial t} \ll 1$ ).

Вивчення зміни структури порового простору торфових ґрунтів за оригінальною методикою під впливом осушення та їх землеробського використання проведено вперше.

**Результати та обговорення.** Результати гідрофізичних випробувань у графічному вигляді для двох ґрунтових профілів представлені на рис. 2 та 3. На частинах а) представлені графіки водоутримувальної здатності  $\theta = f(P)$  у циклі «десорбція від ПВ – рівноважна сорбція – повторна десорбція», а на частинах б) наведені так звані структурні характеристики порового простору ґрунту  $V_{зп} = f(P)$  ( $V_{зп} = f(r)$ ). Адже капілярний тиск (P) функціонально пов'язаний з радіусами капілярів залежністю Жюрена  $r \approx \frac{0,15}{P}$ . Ці структурні характеристики графічно побудовані як різниця вологонасичення торфу між гілками швидкої десорбції від ПВ та рівноважної сорбції. Фізична модель і теоретичне обґрунтування капілярного гістерезису у вигляді гофрованого еквівалентного капіляра наведена в [8, 9].

Аналіз інформації рисунків 2 і 3 засвідчує: 1) близькість кривих водоутримувальної здатності торфу з підорних горизонтів; 2) різниця вологонасичення при фіксованих значеннях капілярного тиску не перевищує 1-2%; 3) суттєва різниця водоутримання для оброблюваного шару торфу, порівняно з

підорними горизонтами, тобто існує суттєва диференціація ґрунтового профілю для обох дослідних ділянок.

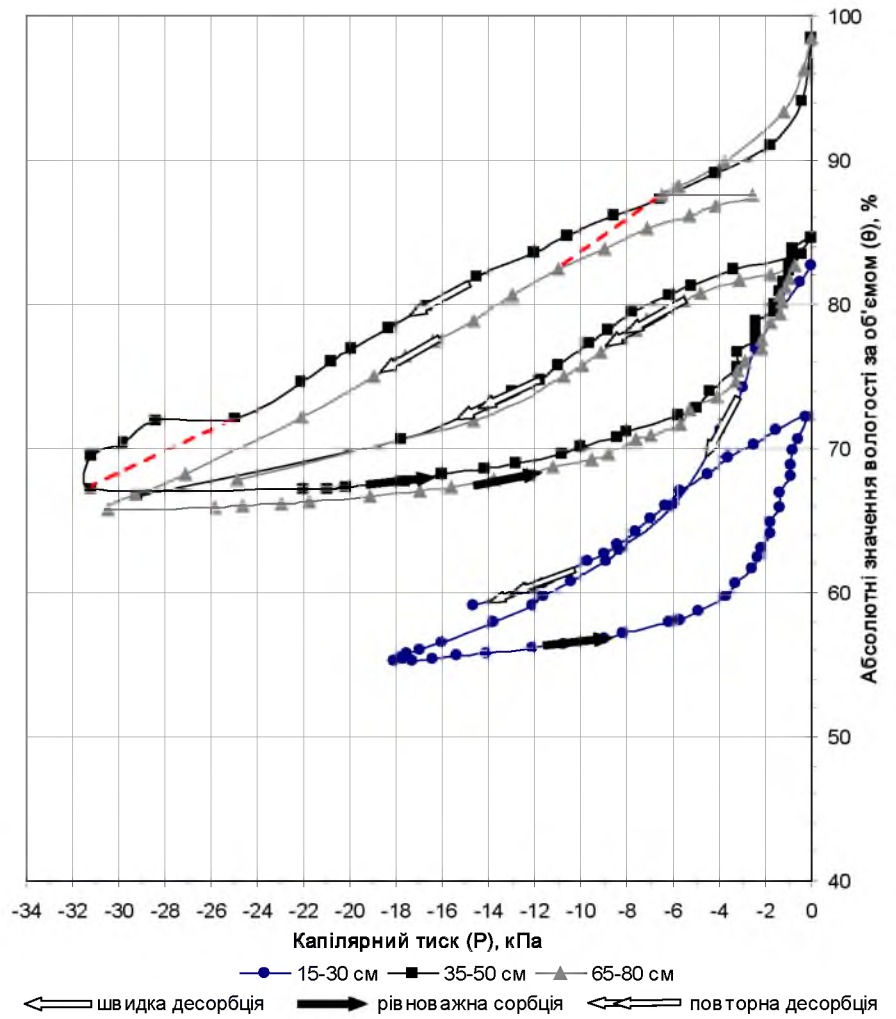
Результати визначення фізичних та водно-фізичних властивостей осушуваних торфових ґрунтів для обох ділянок наведені в таблиці 1.

Закономірності профільної мінливості визначених параметрів ідентичні для обох ділянок, відрізняючись лише числовими значеннями. Загальними закономірностями є: 1) зменшення з глибиною щільності складення; 2) зростання значень ПВ та НВ.

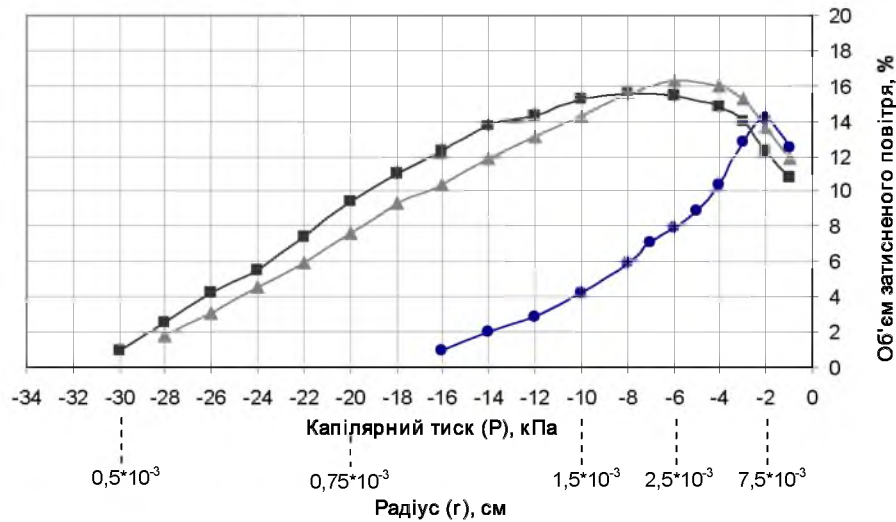
Аналіз структурних характеристик порового простору  $\theta = f(r)$  (рис. 2-3 б) дозволяє більш детально охарактеризувати профільну різницю структури порового простору торфових ґрунтів, зокрема за наявністю пор переважаючого розміру, що встановлюють за екстремумом структурної характеристики  $V_{зп} = f(P_{зпmax})$  та абсолютними значеннями їх сумарного об'єму ( $V_{зпmax}$ ) (табл. 1). Так, якщо для підорних горизонтів структурні характеристики порового простору близькі, з різницею, що не перевищує 1-2%, то для орного шару структура порового простору суттєво трансформована. У цьому горизонті сумарний об'єм пор, дрібніших за  $2,5 \times 10^{-3}$  см ( $P = -6$ кПа), зменшується відносно глибших горизонтів на 8-10%. Це означає, що під впливом осушення та біохімічного розкладу зменшується об'єм найдрібніших пор. Найвірогідніше, суть такої трансформації порового простору полягає в розкладенні рослинних решток (детриту), який має внутрішню пористість. Фактично торф має так звану подвійну пористість: найкрупніші пори утворені грубими рослинними рештками, а більш тонкі пори – це пори всередині цих рослинних решток і при розкладенні детриту суттєво змінюються капілярні властивості торфу.

### 1. Основні фізичні та водно-фізичні властивості осушуваних торфових ґрунтів на дослідних ділянках

Глибина, м	Щільність складення, г/см <sup>3</sup>	Повна вологоємність (ПВ), %	Найменша вологоємність (НВ), %	Характеристика переважної пористості	
				$V_{зпmax}$ , %	$P_{зпmax}$ , кПа
Ділянка 1 (культура – пайза)					
0,15-0,30	0,333	82,69	58,53	14,2	-2,0
0,35-0,50	0,153	98,51	74,74	15,7	-8,0
0,65-0,80	0,136	98,47	77,24	16,2	-5,0
Ділянка 2 (культура – кормові боби)					
0,15-0,30	0,378	75,54	49,65	18,0	-3,0
0,35-0,50	0,139	98,94	78,87	14,0	-6,0
0,65-0,80	0,141	98,54	78,34	15,8	-5,0

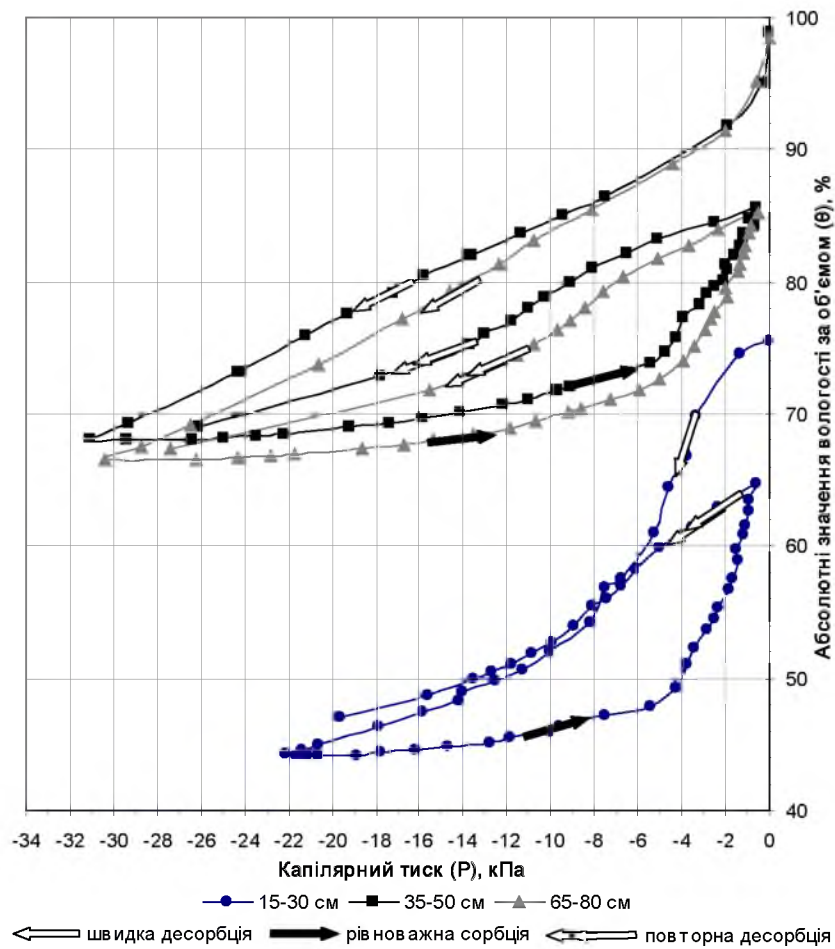


а)

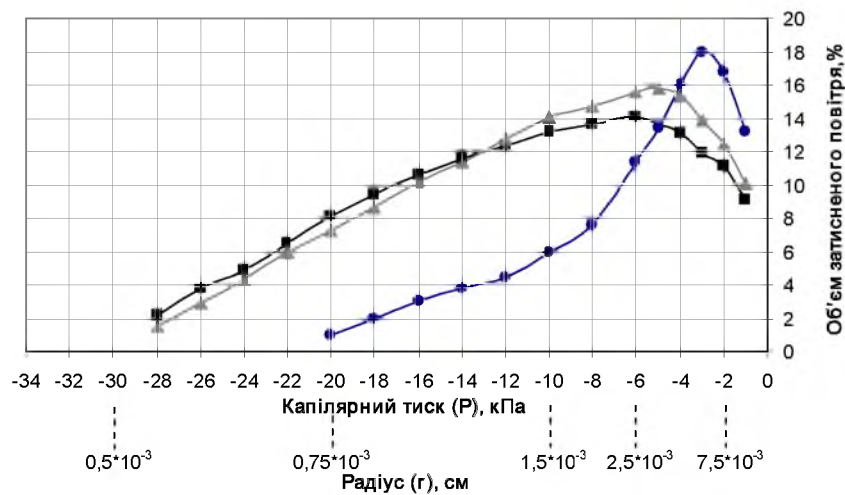


б)

Рис. 2. Суміщені графіки водоутримувальної здатності торфяного ґрунту  $\theta = f(P)$  у циклі десорбція – сорбція – десорбція (а) та структурних характеристик порового простору  $V_{пн}=f(r)$  (б) на дослідній ділянці 1 (культура – пайза)



а)



б)

Рис. 3. Суміщені графіки водоутримувальної здатності торфового ґрунту  $\theta = f(P)$  у циклі десорбція – сорбція – десорбція (а) та структурних характеристик порового простору  $V_{III} = f(r)$  (б) на дослідній ділянці 2 (культура – кормові боби)

Високі значення повної вологоємності (ПВ) (табл. 1), отримані після насичення у вакуумі, найвірогідніше пояснюються заповненням водою найдрібніших пор всередині рослинних решток, чого, зазвичай, не досягається в умовах осушення, навіть при тимчасовому затопленні.

Деструкція органічних решток призводить до зростання щільності складення ґрунту, зниження значень ПВ та НВ, а також вологопровідності і темпів десорбції: за однакового часу першої швидкої десорбції зразки торфу орного шару набули значень капілярного тиску -18 кПа (ділянка 1, пайза) і -22 кПа (ділянка 2, кормові боби), в той час як зразки торфу з підорних горизонтів – -31 кПа. Зміщення екстремумів структурних характеристик орних горизонтів у бік крупніших пор, що зневоднюються за значень капілярного тиску -2 та -3 кПа (табл. 1), свідчить про наявність епігенетичного (вторинного) структуроутворення диспергованої органічної маси під дією гомеостатичних ґрунтових процесів [8]. До речі, глибина осушення зразків торфового ґрунту була свідомо обмежена через суттєве затухання темпу десорбції, однак при подальшій десорбції активізуються незворотні усадки торфу, про що свідчить досвід лабораторних гідрофізичних випробувань торфів. Аналогічні негативні процеси необоротного зневод-

нення і гідрофобізації торфу спостерігаються і в польових умовах.

**Висновки.** Лабораторне гідрофізичне діагностування торфових ґрунтів з визначенням гістерезису водоутримувальної здатності зразків непорушеної структури дозволило отримувати нові знання щодо механізму трансформації фізичних та водно-фізичних властивостей орного шару осушуваних торфових ґрунтів.

Встановлено кількісні закономірності суттєвої диференціації ґрунтового торфового профілю за значеннями щільності складення, повної (ПВ) та найменшої (НВ) вологоємності.

Порівняльний аналіз структури порового простору різних ґрунтових горизонтів дозволяє стверджувати, що трансформація щільності складення і водно-фізичних показників ПВ і НВ в орному горизонті відбувається за рахунок зменшення сумарного об'єму пор дрібніших за  $r < 2,5 \times 10^{-3}$  см, що знаходяться переважно у нерозкладених рослинних рештках у відповідності з моделлю подвійної пористості торфу.

Структура порового простору орного горизонту свідчить про наявність процесів вторинної епігенетичної самоорганізації розкладеної органічної маси з формуванням структурної макропористості торфового ґрунту, якими можливо цілеспрямовано керувати.

### Бібліографія

1. Торфowo-земельний ресурс України (концепція комплексного використання) / за ред. В.П. Ситника, Р.С. Трускавецького. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського», 2010. 71 с.
2. Эколого-экономическое обоснование мелиорации торфяно-болотных комплексов и технологии их рационального использования / под общей ред. проф. Ю.А. Мажайского. Рязань: ФГБОУ ВПО РГТУ, 2012. 302 с.
3. Зайдельман Ф.Р., Шваров А.П. Пирогенная и гидротермическая деградация торфяных почв, их агроэкология, песчаные культуры земледелия, рекультивация. Москва: Изд. МГУ, 2002. 168 с.
4. Екологія водно-болотних угідь і торфовищ (збірник наукових статей) // Гол. ред. В.В. Коніщук. Київ: ТОВ «НВП «Інтерсервіс», 2014. 300 с.
5. Сільськогосподарське використання осушуваних земель гумідної зони України. Методичні рекомендації. Київ: Аграрна наука, 2000. 75 с.
6. Копытовских А.В., Бохонко В.И. Эффективность осушения болотных экосистем в Белорусском Полесье // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: Сб. научных трудов / Под общей ред. Ю.А. Мажайского. Рязань: Мецкерский филиал ГНУ ВНИИГИМ Россельхозакадемии, 2008. Вып. 3. С. 344-348.
7. Коломієць С.С., Пилипчук І.М. Екологічно збалансоване використання осушуваних торфовищ у мелиоративному землеробстві // Меліорація і водне господарство. 2017. Вип. 105. С. 67-70.
8. Коломієць С.С. Екологічна характеристика ґрунту. // Вісник аграрної науки. 1999. № 12. С. 9-13.
9. Спосіб визначення структури порового простору ґрунтів (дисперсних середовищ) : пат. 45287 Україна. МПК G01N 15/08 ; заявл. 04.12.2008 ; опубл. 10.11.2009, Бюл. № 21.

10. ДСТУ ISO 11274:2001. Якість ґрунту. Визначення водоутримувальної характеристики. Лабораторні методи. Київ : Держстандарт України, 2003. 24 с. (Національний стандарт України).

11. ДСТУ ISO 11276:2001. Якість ґрунту. Визначення тиску порової води. Метод з використанням тензіометрів. Київ : Держстандарт України, 2003. (Національний стандарт України).

12. Розробити метод визначення найменшої вологомісткості різних типів ґрунтів з урахуванням їхньої водоутримувальної характеристики: звіт про НДР (заключний, 2014-2015 рр.). № ДР 0113U007808 / ІВПіМ НААН. Київ, 2015. 101 с.

**С.С. Коломиец, С.М. Кика**

**Закономерности профильной изменчивости свойств осушаемых торфяных почв**

*С помощью усовершенствованных лабораторных методов исследований вододерживающей способности охарактеризованы закономерности профильной изменчивости физических и водно-физических свойств торфяных почв, в т. ч. значений их наименьшей влагоёмкости (НВ), а также изменчивости структуры порового пространства торфа под воздействием мелиоративного земледелия.*

**S.S. Kolomiets, S.M. Kika**

**Patterns of the profile variability of drained peat soil properties**

*Using the improved laboratory methods for studying soil water-holding capacity, the patterns of the profile variability of physical and water-physical properties of peat soils have been characterized, including minimum moisture-holding capacity (MMHC), as well as the variability of the porous space structure of peat soil under the influence of ameliorative farming.*