

УДК 631.331

М.М.Поліщук

Луцький національний технічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВОЛОГИ В ОЗЕРНОМУ САПРОПЕЛІ МЕТОДОМ СОРБЦІЇ

У статті наведені результати дослідження процесу зневоднення сапропелю методом сорбції. У якості сорбенту використовувалась подрібнена солома. Ключові слова: озерний сапропель, переміщення, волога, солом'яна різка, рівняння регресії, експеримент, період взаємодії, компости.

В Україні з кожним роком спостерігається занепад сільськогосподарського виробництва. Зменшується якість і кількість земель сільськогосподарського призначення. Таким чином, це є загальнодержавною проблемою. Родючість і продуктивність ґрунту залежить від вмісту в ньому гумусу, а також прийнятої системи удобрення. Для покращення родючості верхнього шару можна використати органічні добрива, але традиційні (гній, торф, компости) на сьогоднішній день відсутні, через зменшення поголів'я худоби. Тому, необхідно звернути увагу на озерні сапропелі, специфічною особливістю якого є висока вологість.

Аналіз процесів зниження вологості матеріалів з точки зору теорії масопередачі та масообміну дозволяє зробити висновок, що зниження вологості сапропелю методом адсорбції також є можливим. Даний вид процесу масопередачі передбачає поглинання компоненту газу, пару чи розчину твердим пористим поглиначем. У той же час дослідження методу адсорбції стосовно сапропелю, як колоїдного розчину, практично не проводились.

Дослідженнями, що проводились останніми роками в Україні і за кордоном, було встановлено, що внесення сапропелю найбільш ефективно на легких ґрунтах, на ділянках, перенасичених мінеральними добривами, а також на зрошуваних землях. Врожайність культур після внесення в ґрунт сапропелю збільшується на 40...50%. Але без його підготовки, забезпечити якість виконання технологічних процесів неможливо.

Цікавими можуть бути дослідження використання озерних сапропелів природної вологості у складі компостів, така як, наприклад, подрібнена солома + сапропель. При цьому варто відслідкувати процеси, які відбуваються при переміщенні вологи від сапропелю до солом'яної різки.

**Метою роботи** є дослідження процесу переміщення вологи із сапропелю методом адсорбції при створенні органічних компостів із використанням соломи озимих зернових.

**Результати досліджень.** Попередніми дослідженнями встановлено, що до 10% вільної води у сапропелі можна виділити механічним методом. Такі результати отримані при стисканні сапропелю у пресах з використанням щільної тканини. Проте виділення інших видів вологи вимагає у сапропелі проведення подальших досліджень і для цього у якості сорбенту використовували солом'яну різку. Вологість сапропелю та адсорбуючого матеріалу (соломи) визначили методом висушування і розраховували за формулою:

$$W = (m_e - m_c) / m_e \times 100\%, \quad (1)$$

де  $m_e$ ,  $m_c$  – маса зразка матеріалу відповідно до сушіння та сухого матеріалу, г.

Для дослідження використовували сапропель добутий на о. Синєво із початковою природною вологістю  $W < 95,6\%$ , кінцевою вологістю  $86,4\%$ . Зміни вологості сапропелю та сорбенту визначили через 24, 48 та 72 години взаємодії між ними. Дослідження проводились в трьохкратній повторюваності для кожної довжини різки соломи (5 мм, 10 мм, 15 мм). За кінцеві результати приймали середньоарифметичні значення.

Отримані результати процесу перерозподілу вологи між сапропелем і соломою представлені на рис. 1, 2.

Оскільки, попередніми дослідженнями було встановлено, що максимальна ефективність масопередачі має місце на 48 годині взаємодії матеріалів (рис. 2), то було вирішено дослідити процес в околі даного значення з інтервалом  $\pm 12$  год

Аналіз факторів, які впливають на процес масопередачі між сапропелем та різкою соломи показав, що визначальним є час взаємодії між матеріалами та товщина їх шарів.

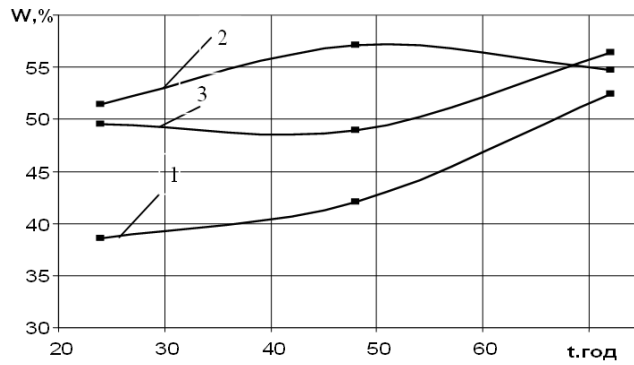


Рис.1 Графік зміни вологості соломи після взаємодії із сапропелем, довжиною різки: 1 5мм.; 2 – 10мм.; 3 – 15мм.

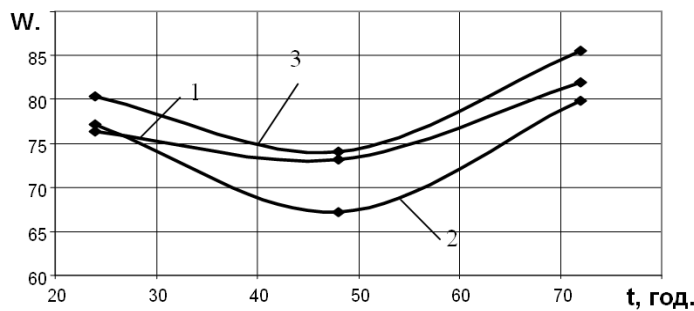


Рис.2 Графік зміни вологості сапропелю після взаємодії із соломом, довжиною різки: 1 – 5мм.; 2 – 10мм.; 3 – 15мм.

Товщина шару соломи та сапропелю у процесі досліджень становила по 10, 15 та 20 мм. Також досліджували вплив співвідношення між товщинами шарів матеріалів, яке оцінювали коефіцієнтом товщини

$$k = h_1/h_2, \tag{2}$$

де  $h_1$  і  $h_2$  - товщина шару відповідно сапропелю та різки соломи, мм.

Значення даного фактору у процесі досліджень становило 0,5; 1,0; 1,5.

Таким чином отримані попередні результати дозволили провести трьохфакторний експеримент із зміною факторів на рівнях, які наведені у табл.

Для скорочення кількості дослідів та отримання закономірності впливу досліджуваних факторів у вигляді рівняння регресії було застосовано математичний метод планування експерименту та здійснено експеримент за симетричним некомпозиційним планом Бокса-Бенкіна другого порядку [7].

Таблиця. 1

Рівні варіювання	Фактори та рівні їх варіювання		
	Фактори		
	Період взаємодії T, год.	Товщина шару соломи $h_2$ , мм	Коефіцієнт товщини, k
	$x_1$	$x_2$	$x_3$
Верхній (+1)	60	20	1,5
Основний (0)	48	15	1,0
Нижній (-1)	36	10	0,5
Інтервал варіювання, $\varepsilon$	12	5	0,5

Планування і проведення експерименту включало наступні етапи: кодування факторів; складання плану-матриці експерименту; рандомізація дослідів; реалізація плану експерименту; перевірка відтворюваності дослідів; розрахунок значень коефіцієнтів регресії; оцінка значущості

коефіцієнтів регресії; перевірка адекватності моделі.

Для кожного досліду готували різку довжиною 10 мм із соломи озимої пшениці. Середнє значення початкової вологості соломи складало 11,4%.

Під час проведення дослідів у ємкості вкладали по чергово шар сапропелю та шар різки соломи товщинами визначеними планом експерименту. Тоді ємкості щільно закривали з метою виключення процесу масообміну із оточуючим середовищем (рис. 3), та розміщували у затемненому місці.

Після взаємодії між матеріалами протягом визначеного планом експерименту часу ємкості відкривали та відбирали проби окремо різки соломи та сапропелю для визначення їх вологості. Вологість визначали методом висушування у сушильній шафі СНОЛ – 3,5.3,5.3,5/3 ИЗ із наступним зважуванням зразків на вагах лабораторних ТВЛ-0,5. Числові значення вологості розраховували за формулою(1).

Обробка даних трифакторного експерименту здійснювалась на ПЕОМ розробленою програмою у середовищі Mathcad.

В результаті розрахунку за даною програмою отримали наступні рівняння регресії із факторами у кодованому вигляді:

- для сапропелю:

$$W_{сапро} = 61,844 - 2,167 \cdot x_1 - 4,821 \cdot x_2 + 4,721 \cdot x_3 - 1,792 \cdot x_1 \cdot x_2 + 3,794 \cdot x_1^2 + 6,719 \cdot x_2^2 + 1,919 \cdot x_3^2; \quad (3)$$

- для соломи:

$$W_{солома} = 41,678 + 2,175 \cdot x_1 - 6,242 \cdot x_2 - 3,40 \cdot x_3 + 1,911 \cdot x_1^2 + 1,361 \cdot x_2^2 + 2,644 \cdot x_3^2, \quad (4)$$

де  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  - кодовані значення факторів відповідно до табл.

Підставивши фактори у натуральному вигляді отримали:

- для сапропелю:

$$W_{сапро} = 227,566 - 2,1125833 \cdot T - 10,281 \cdot h_2 - 5,91 \cdot k - 2,986666 \cdot 10^{-2} \times \\ \times T \cdot h_2 + 2,634722 \cdot 10^{-2} \cdot T^2 + 0,26876 \cdot h_2^2 + 7,676 \cdot k^2; \quad (5)$$

- для соломи:

$$W_{солома} = 111,905 - 1,09275 \cdot T - 2,8816 \cdot h_2 - 27,952 \cdot k + 1,327083 \cdot 10^{-2} \cdot T^2 + 5,444 \cdot 10^{-2} \cdot h_2^2 + 10,576 \cdot k^2, \quad (6)$$

де  $T$ ,  $h_2$ ,  $k$  - натуральні значення факторів відповідно до табл.

Для аналізу динаміки зміни продуктивності за рівнянням регресії було побудовано поверхні відгуку та їх двомірні січення (рис. 3, 4).

#### Висновки:

1. Результати досліджень підтвердили гіпотезу про доцільність використання різки соломи у якості адсорбента для зневоднення сапропелю до вологості 55-60%.

2. Найвища ефективність спостерігається при довжині різки соломи 10мм.

3. Найвища інтенсивність процесу масопередачі спостерігається за товщини шару соломи  $h_2 = 14 - 18$  мм, періоді взаємодії між матеріалами -  $T = 50 - 55$  год. та коефіцієнті товщини=.

4. Максимальне насичення адсорбента (різки соломи) вологою сапропелю може досягати  $W = 50 - 55$  %.

5. Варто дослідити процес переміщення вологи до сапропелю протягом більш тривалого часу, при своренні компостів із солом'яної різки з різних культур.

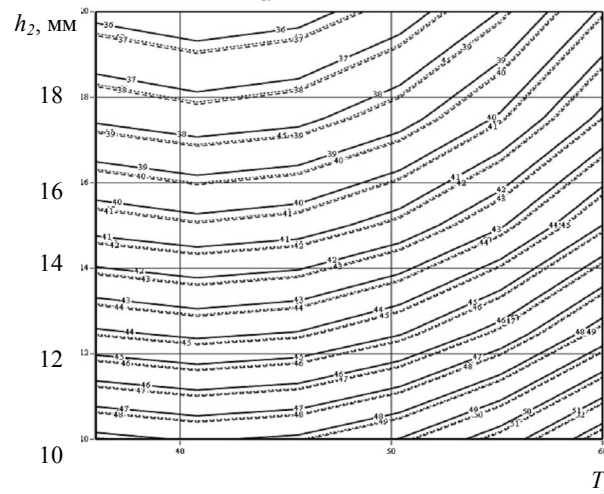
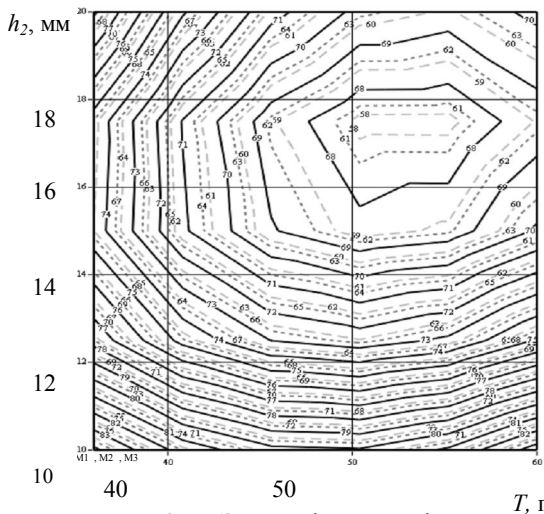
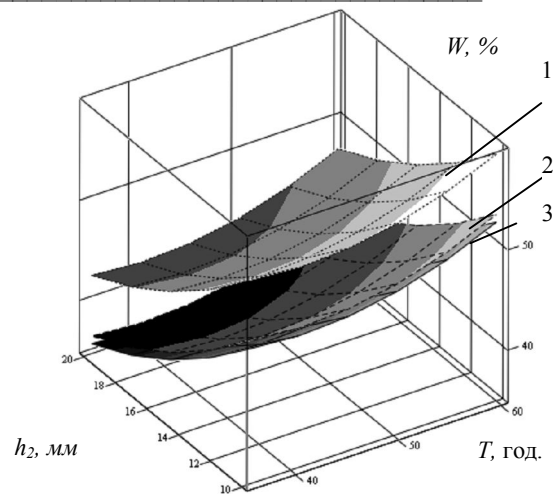
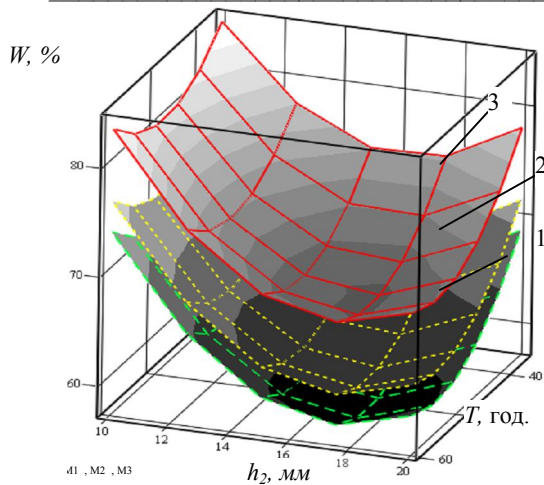


Рис. 3. Залежність зміни вологості сапропелю від періоду взаємодії  $T$  із різкою соломи та товщини шару останньої  $h_2$  за коефіцієнта товщин  $k$ : — (3) -  $k=1,5$ ; ..... (2) -  $k=1,0$ ; ---- (1) -  $k=0,5$

Рис. 4. Залежність зміни вологості різки соломи від періоду взаємодії  $T$  із сапропелем та товщини її шару  $h_2$  за коефіцієнта товщин  $k$ : — (3) -  $k=1,5$ ; ..... (2)  $k=1,0$ ; ---- (1)  $k=0,5$

1. Шевчук М. Й. Сапропелі України: запаси, якість та перспективи використання. – Луцьк: Надстир'я, 1996. – 383 с.
2. Грабовець В.В. Кінетика сушіння частково віджатої сапропелю // Сільськогосподарські машини. – Зб. наук. ст. Вип. 15. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2007. – С. 88–94.
3. Шимчук О. П. Обґрунтування параметрів модуля для добування озерних сапропелів : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / Шимчук Олександр Петрович. – Тернопіль, 2009. – 137 с.
4. Сапропелі Росії – на пользу родині [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.saprex.ru>.
5. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1981. В двух книгах. – 812 с.
6. Поліщук М.М. Результати дослідження зневоднення сапропелю методом сорбції // Студентський науковий вісник – Збірник наукових праць студентів та магістрів. Вип. 2. - Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2010. – С. 336–337.
7. Цизь І.С., Поліщук М.М. Дослідження процесу поглинання вологи сапропелю різкою соломи. // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст. Вип. 21. - Том II. Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2011. – 296 с.
8. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. – М.: Машиностроение, София: Техника, 1980. 304 с.
9. Юхимчук С.Ф. Конспект лекцій з дисципліни „Планування експериментів у дослідженні сільськогосподарських процесів.” – Луцьк: ЛДТУ, 2004. – 44 с.
10. Пидопличко А.П. Озерные отложения Белорусской ССР. – Мн., Наука и техника, 1975–120 с.