*Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 11, No 2, 125-129*
ISSN 2663-1334 (print), ISSN 2663-1342 (online), www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica

DOI: 10.31548/machenergy.2020.02.125-129

УДК 631.86:636.002:662.762.2:504.54

# ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ РІДКОЇ І ТВЕРДОЇ ФРАКЦІЙ ФЕРМЕНТОВАНИХ (КОМПОСТОВАНИХ) ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ І ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

**О. М. Леженкін, Б. В. Болтянський**

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, Україна.

*Стаття з спеціальності: 133 – галузеве машинобудування.*

*Кореспонденція авторів: lan2810@ukr.net.*

*Історія статті: отримано – січень 2019, акцептовано – квітень 2020.*
*Бібл. 10, рис. 0, табл. 1.*

**Анотація.** Пошук технічних засобів та методів застосування рідкої і твердої фракцій компостованих органічних добрив для покращення родючості ґрунтів і технологічного обладнання є цінним і необхідним науковим матеріалом. Проблема використання рідкого залишку органічної речовини після ферментації в біогазовій установці, полягає в обмеженні періодів дозволеного внесення на поле, і як слідство, потребує необхідності споруд для накопичення сировини, та високої продуктивності засобів для її підготовки та розподілу по полю, або внесення у ґрунт.

Поряд із позитивними показниками потенційної родючості ґрунтів існує велика кількість показників що несприятливо впливають на навколишнє середовище. Це: забруднення природних водойм; забруднення атмосферного повітря. зміна мікробіологічної активності ґрунту; погіршення фіто санітарного стану ґрунту; мікробіологічне та бактеріальне зараження ґрунту; забруднення ґрунту важкими металами.

Програма досліджень передбачала визначення гідрологічних властивостей ґрунту щодо різної фракції та визначення сорбційної здатності ґрунтів щодо нітратного і амонійного азоту.

Визначення і розрахунок фільтраційних властивостей забезпечувалась мінімумом водопоглинення у модельних схемах площею до 700 см$^3$ та постійним тиском водяного стовпа на поверхні фільтрації (7 см). Визначали коефіцієнти розподілу адсорбції і дифузії.

Метод визначення коефіцієнтів фільтрації розподілу органічної сполуки – методом елюатної хвилі або фронтальної фільтрації в колонці. Розроблена оригінальна методика розрахунку показників. Отримані результати показали ефективність методу по визначенню кількісної оцінки сорбції нітратного і амонійного азоту рідкої і твердої фракції, дозволяє оцінити рухливість по коефіцієнтам дифузій і розподілу.

Висновок, що поширення і розподіл сполук в верхньому шарі ґрунту має бути 25…50 см, що запобігає фільтрації до рівня ґрунтових вод, при нормі внесення 55…75 т/га. Це дозволить одержати родючість малопродуктивних ґрунтів – до 70-80 ц/га пшениці.

**Ключові слова:** послід, компост, органічні добрива, рідка фракція, тверда фракція, установка біогазова, ґрунт.

## Постановка проблеми

Використання рідкої і твердої фракції органічних добрив після компостування курячого посліду в біогазових установках важлива організаційна і агротехнологічна задача. Як правило, добрива застосовують для покращення родючості ґрунтів. Найбільшу зацікавленість представляє підвищення родючості малопродуктивних ґрунтів та технологічні прийоми внесення необхідних норм. До такої групи ґрунтів відносяться солончакові та слабо солонцюваті супіщані суглинисті ґрунти, що розповсюджені в умовах південного і центрального степу України. Їх основні особливості: високий вміст піску (80-90% від всіх фракцій), що створює значну водопроникність та низьке підняття підґрунтових вод по капілярам. Тому внесення компостованого рідкого і напіврідкого субстрату може приводить до неконтрольованого процесу розповсюдження азотних сполук, що впливають на екологічний стан ґрунтів і води.

Застосування рідкої і твердої фракції після компостування в біогазових установках засобами механізованого внесення характеризується значними обсягами внесення, особливостями фізико-механічних властивостей рідкого і напіврідкого середовища та способами розподілу субстратів. Одержання результатів щодо практичного застосування передбачають налаштування машин і обладнання для внесення добрив та обґрунтування параметрів технічних засобів .

Для дослідження вибрані ділянки малопродуктивних земель, що перебувають в оренді ПрАТ «Оріль-Лідер» Петриківського району Дніпропетровської області. Зволоження ґрунтів відбувається за рахунок атмосферних опадів та підґрунтових вод, глибина залягання яких

розташована на 0,6-3,0 м підґрунтові води слабомінералізовані, о деформувало солончакові ґрунти піщаного, супіщаного і суглинкового типів, з вмістом кварцу до 98%.

Аналіз фізичного стану рідинної фракції компостованого (ферментованого) субстрату визначався згідно стандартних методик ГОСТ 26715-85, 26714, 27979-88. Основні показники: вологість – 94,2%, мінеральна фракція – супісок в рідині 0,9%, масова частка органічної речовини – 4,9% в рідині, в'язкість органічної фракції 6,7 ($м^2/с$ $10^{-4}$). Внесення субстратів виконувалось тракторними агрегатами. Дослідження щодо впливу застосування рідкої та твердої фракцій органічних добрив проводили у напрямках.

Визначення гідрологічних властивостей ґрунту та їх фільтраційної здатності щодо можливостей внесення рідкої фракції,

Визначення сорбційної здатності ґрунтів до органічних сполук рідкої та твердої фракцій, нітратного та амонійного азоту з метою запобігання забруднення ґрунтових вод.

## Аналіз останніх досліджень

Велика кількість публікацій [1, 2, 3, 4, 5] та їх авторів звертають увагу на те, що компости – органічні добрива працюють на протязі п'яти… шести років і на всьому вегетаційному періоді. В той же час при отриманні результатів досліджень можливий точний розрахунок потреби добрив. Та головне, що розуміє: придбані добрива безпечні для його культур і проблем на полі не створять. В основному проведений аналіз дає відчутну економічну вигоду при закупівлі добрив; побічною ж вигодою є підвищення врожайності при оптимізації затрат, а інколи – і їх зменшення [5, 6].

## Мета досліджень

Мета роботи – дослідження застосування рідкої та напіврідкої фракцій ферментованого (компастованого) субстрату курячого посліду, після біогазової установки для підвищення потенційної родючості малопродуктивних ґрунтів та збереження екологічності середовища.

## Результати досліджень

Визначення та розрахунок фільтраційних властивостей досліджених ґрунтів сформовані на принципах моніторингу водопоглинання у модельних системах з фіксованою площею фільтрації (700 $см^2$) та постійним тиском водяного стовпа на поверхні фільтрації (7 см) [7].

Одиницею виміру водопоглинання та фільтрації, згідно традиційним уявленням, було застосовано – мм/год. При дослідженні фільтраційних показників на десяти просторово розосереджених ділянках (які були відібрані з урахуванням агровиробничих груп) були встановлені кореляційні коефіцієнти з механічним складом ґрунту та агровиробничою групою, що дозволило розрахувати ці показники відповідно до кожної точці відбору ґрунтових зразків на відповідній елементарній ділянці.

Характеристикою адсорбційної здатності ґрунтів служить коефіцієнт розподілу. Він являє собою відношення кількості сполуки, яка адсорбована одиницею маси ґрунту до концентрації сполуки у рівноважному ґрунтовому розчині. Коефіцієнт дифузії характеризує швидкість поширення сполуки за градієнтом його концентрації. Існує кілька методів визначення коефіцієнтів розподілу [8].

Найбільш прийнятним і добре імітує сам процес фільтрації та розподілу органічної сполуки в ґрунті є метод елюатной хвилі, або фронтальної фільтрації в колонці, що містить ґрунт при повній її вологоємності [9].

Відповідно до загальної теорії динаміки сорбції та хроматографії розподіл пестицидів в процесі руху у фільтровальній колонці описується системою рівнянь балансу:

$$\frac{\partial u(x_1 t)}{\partial t} + V\frac{\partial u(x_1 t)}{\partial x} + \frac{\partial N(x_1\ t)}{\partial t} = D\frac{\partial^2 U(x_1 t)}{\partial x^2}$$
$$\frac{\partial N}{\partial t} = \psi(u, N) \qquad (1)$$

де U – лінійна концентрація органічної сполуки (азотисті) в гравітаційній воді, залежить від часу; N – лінійна концентрація сорбованої сполуки залежить від часу; V – лінійна швидкість фільтрації, см/хв; D – коефіцієнт дифузії, $см^2$/хв.

У простій формі лінійна ізотерми має вигляд:

$$U(x_1 t) = hN(x_1 t) \qquad (2)$$

де h – коефіцієнт розподілу.

З огляду на лінійну ізотерму (2), систему (1) можна представити у вигляді одного рівняння:

$$\frac{\partial u(x_1 t)}{\partial t}(1+\frac{1}{h}) + V\frac{\partial u(x_1 t)}{\partial x} = D\frac{\partial^2 u(x_1 t)}{\partial x^2} \qquad (3)$$

Розглядаючи величину 1 + 1 / h = (h + 1) / h як множник рівняння, рівняння (3) перетвориться до виду:

$$\frac{\partial u(x_1 t)}{\partial t} + V'\frac{\partial u(x_1 t)}{\partial x} = H\frac{\partial^2 u(x_1 t)}{\partial x^2} \qquad (4)$$

де $V' = \frac{hV}{1+h}$; $H = \frac{hD}{1+h}$

Метод елюатної хвилі передбачає створення у верхній частині фільтраційної колонки тонкого шару з високим вмістом відповідних сполук пестицидів тобто виконання наступних граничних і початкових умов:

$$t = 0;\ 0 \le x \le X_0;\ U(x;0) = U_0;\ N(x;0) = N_0, \qquad (5)$$
$$x > x_0;\ U(x;0) = 0;\ N(x:0) = 0,$$
$$t > 0;\ x = 0;\ U(0;t) = 0;\ N(0;t) = 0,$$
$$x = \infty;\ U(x,t) = 0;\ N(x,t) = 0.$$

Розподіл азотистих сполук в такій хвилі задовільно описується співвідношенням гауссовського типу [10]:

$$\varphi(x,t) = \frac{U(x,t)}{U_0} = \frac{X_0}{\sqrt{4\pi Ht}} EXP\left[-(x - V't)^2 / 4Ht\right] \qquad (6)$$

Для отримання виразу, що визначає ширину вихідної хвилі (для подальшого розрахунку H)

необхідно перейти від лінійної швидкості фільтрації V до об'ємної швидкості.

Виконавши перетворення можна отримати вираз:

$$\sigma = V_2 - V_1 = \frac{LV}{V'^2}\sqrt{H^2 + HLV'} \qquad (7)$$

де: σ – різниця обсягів, відповідних заднього і переднього фронту елюатної хвилі.

$$V' = L / t_{max} \qquad (8),$$

де $t_{max}$ – час появи максимального значення у відповідній порції фільтрату на виході колонки.

Час появи максимумів в отриманих розподілах склало 142 і 380 хв. Відповідно:

$V'1 = 5{,}77 \cdot 10^{-2}$ см /хв і $V'2 = 2{,}52 \cdot 10^{-2}$ см /хв.

Обсяги відфільтрованої води, що відповідають ширині елюатной хвилі (в об'ємних координатах (V2 – V1) склали:

$\partial 1$ = (165 – 125) хв · 11 см$^3$ /хв= 550 см$^3$

$\partial 2$ = (450 – 340) хв · 12 см$^3$ /хв = 1060 см$^3$

Відповідно до виразу (7) можна скласти квадратне рівняння, 127рішення якого щодо Н має вигляд:

$$H_{12} = \frac{-LV'}{2} \pm \sqrt{L^2V'^2 + \frac{\delta^2 V'^4}{4V^2}} \qquad (9)$$

Для нітратного азоту Н = 0,28 см²/хв; для амонійного азоту Н = 0,078 см²/хв; органічних гумусових сполук рідкої та твердої фракції Н = 0,0047 см² /хв.

Значення розрахунків щодо фільтраційної здатності відповідних ґрунтових відмін наведено у таблиці 1.

**Таблиця 1.** Значення розрахунків щодо фільтраційної здатності.
**Table 1.** The value of calculations for filtration capacity.

| **Гідрофізичні показники** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| № зразка | Код агрогрупи | % - впливу | ПЛОЩА ,га | pF | Найменьша вологоємність % | Швидкість насичення (мм/год) | Швидкість фільтрації (мм/год) |
| 1 | 175б | 2.72 | 4.1 | 2.3 | 20 | 125 | 48 |
| 2 | 175б | 3.66 | 5.4 | 3.9 | 37 | 220 | 61 |
| 3 | 175б | 4.43 | 6.6 | 3.1 | 30 | 175 | 49 |
| 4 | 175б | 5.33 | 8.0 | 2.4 | 20 | 127 | 49 |
| 5 | 175б | 8.13 | 12.2 | 3.6 | 31 | 191 | 74 |
| 6 | 175б | 5.40 | 8.1 | 3.1 | 30 | 170 | 48 |
| 7 | 175б | 3.28 | 4.9 | 2.4 | 21 | 130 | 50 |
| 8 | 175б | 3.53 | 5.3 | 3.6 | 31 | 192 | 74 |
| 9 | 175б | 3.57 | 5.3 | 2.7 | 23 | 143 | 55 |
| 10 | 175б | 4.98 | 7.5 | 2.7 | 26 | 154 | 43 |
| 11 | 175б | 8.20 | 12.3 | 3.6 | 31 | 193 | 74 |
| 12 | 175б | 5.73 | 8.6 | 2.6 | 23 | 138 | 54 |
| 13 | 136г | 4.05 | 6.1 | 2.8 | 27 | 158 | 44 |
| 19 | 136г | 3.71 | 5.5 | 4.0 | 38 | 224 | 62 |
| 20 | 136г | 2.93 | 4.4 | 2.5 | 21 | 135 | 53 |
| 21 | 136г | 4.52 | 6.8 | 2.8 | 27 | 162 | 45 |
| 22 | 136г | 7.86 | 11.7 | 3.4 | 29 | 180 | 70 |
| 23 | 136г | 5.86 | 8.8 | 2.6 | 23 | 140 | 54 |
| 24 | 136г | 4.95 | 7.4 | 3.0 | 29 | 167 | 47 |
| 25 | 136г | 4.19 | 6.3 | 3.3 | 29 | 180 | 69 |
| 36 | 136г | 2.56 | 3.9 | 2.4 | 21 | 129 | 50 |
| **Середнє по площам** | | 3.0 | 27 | | 164 | 56 | |

## Висновки

1. Використання методу елюатної хвилі дозволяє вирішити задачу кількісної оцінки сорбції нітратного та амонійного азоту рідкої і твердої фракції, гумусових сполук у досліджених ґрунтових відмінах, оцінити їх рухливість коефіцієнтами дифузії з відповідною розмірністю. Це дає можливість зробити висновок що поширення та розподіл цих сполук у верхньому шарі ґрунту має бути: 25-50 см, що повністю запобігає фільтрації до рівня кайми ґрунтових вод при нормі внесення 55-75 т/га.

2. У поєднанні із значною кількістю внесених азотних сполук це значно підвищує потенційну родючість малопродуктивних ґрунтів і дає можливість одержувати високі врожаї – 70-80 ц/га пшениці.

## Список літератури


1. *Гетьманенко В. А., Скрильник Є. В.* Екологічне поводження з органічними добривами в контексті нітратної директиви. Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спеціальний випуск. Книга 2. Меліорація, рекультивація, охорона ґрунту, гумусовий стан, біологія ґрунтів, сучасне землеробство. Харків: ПТ «Сталь-Іздат», 2018. С. 143-145.
2. *Шевченко І. А., Павленко С. І., Ляшенко О. О.* Проблеми і рішення утилізації органічних відходів тваринництва в Україні. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. Вип. 15 (29). 2011. С. 448-456.
3. *Шувар Іван.* Про родючість ґрунту треба дбати постійно [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/694-pro-rodiuchist-runtu-treba-dbaty-postiino.html.
4. *Корчинська О. А.* Організаційно-економічне регулювання розширеного відтворення родючості ґрунтів: монографія. Київ. ННЦ ІАЕ. 2015. 360 с.
5. Стан родючості ґрунтів України та прогноз його змін за умов сучасного землеробства. За ред. В. В. Медведєва, М. В. Лісового. Харків. Штріх. 2001. 100 с.
6. Внесення добрив: дослідження, норми, терміни … [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://superagronom.com.
7. *Медведев В. В., Лактионова Т. Н., Донцова Л. В.* Водные свойства почвы Украины и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур. Харьков. Апостроф. 2014. 224 с.
8. *Городій М. М.* Проблеми використання осадів стічних вод для використання добрив. Вісник аграрної науки. 2013. №4. С. 45-50.
9. *Цизь І. Є., Поліщук Т. Т.* Дослідження процесу поглинання вологи сопропелю різної соломи. Сільськогосподарські машини. 2011. Вип. 21. Т. 2. С. 296.
10. *Тихонов А. Н., Самарский А. А.* Уравнения математической физики: учебное пособие. Москва. Наука. 1972. 320 с.


## References


1. *Getmanenko V. A., Skrylnyk E. V.* (2018). Ecological management of organic fertilizers in the context of nitrate directive. Agrochemistry and Soil Science. Interdepartmental thematic scientific collection. Special issue. Book 2. Reclamation, reclamation, soil protection, humus, soil biology, modern agriculture. Kharkiv. PT Stal-Izdat. P. 143-145.
2. *Shevchenko I. A., Pavlenko S. I., Lyashenko O. O.* (2011). Problems and solutions for the utilization of organic animal waste in Ukraine. Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine. Doslidnitske. Vol. 15 (29). P. 448-456.
3. *Shuvar Ivan.* Soil fertility must be taken care of constantly [Electronic resource]. Access mode: http: //www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/694-pro-rodiuchist-runtu-treba-dbaty-postiino.html.
4. *Korchynska O. A.* (2015). Organizational and economic regulation of extended reproduction of soil fertility: monograph. Kyiv. 360 p.
5. The state of soil fertility of Ukraine and the forecast of its changes under modern agriculture. (2001). For order. V. V. Medvedev and M. V. Lysoviy. Kharkiv. Shtrih. 100 p.
6. Fertilizer application: research, norms, terms… [Electronic resource]. Access mode: https: //superagronom.com.
7. *Medvedev V. V., Laktionova T. N., Dontsova L. V.* (2014). Water properties of soil of Ukraine and moisture supply of agricultural crops. Kharkiv. Apostrophe. 224 p.
8. *Gorodiy M. M.* (2013). Problems of using sewage sludge for the use of fertilizers. Bulletin of Agrarian Science. Vol. 4. P. 45-50.
9. *Tsiz I. Ye, Polishchuk T. T.* (2011). Investigation of the process of moisture absorption of copropel of different straw. Agricultural machines. Vol. 21. Issue 2. P. 296.
10. *Tikhonov A. N., Samarskiy A. A.* (1972). Equations of mathematical physics. Moscow. Science. 320 p.


## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОЙ И ТВЕРДОЙ ФРАКЦИЙ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ (КОМПОСТИРОВАННЫХ) ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*А. Н. Леженкин, Б. В. Болтянский*

**Аннотация.** Поиск технических средств и методов использования жидких и твердых фракций компизированных органических удобрений для улучшения плодородия почвы и технологического оборудования является ценным и необходимым научным материалом. Проблема использования жидких остатков органического вещества после брожения на биогазовой установке заключается в ограничении сроков разрешенного внесения и средств для его подготовки и распределения по полю или внесения в почву.

Наряду с положительными показателями потенциального плодородия почвы существует большое количество показателей, которые отрицательно влияют на окружающую среду. Это: загрязнение природных водоемов; загрязнение воздуха; изменение микробиологической активности почвы; ухудшение фитосанитарного состояния почвы; микробиологическое и бактериальное загрязнение почвы; загрязнение почвы тяжелыми металлами.

Исследовательская программа включала определение гидрологических свойств почвы по отношению к различным фракциям и определение

адсорбентной способности почвы на нитратном и аммиачном азоте.

Минимум всасывания воды в модельных диаграммах до 700 см$^3$ и постоянное давление водного столба на поверхности фильтрации (7 см). Определенные коэффициенты распределения адсорбции и диффузии.

Метод измерения распределительных коэффициентов органического соединения проводился методом элюатной волны или фронтальной фильтрации в столбце. Разработан оригинальный метод расчета показателей.

Полученные результаты показали эффективность метода по определению количественной оценки сортировки нитратов и аммония азота жидкой и твердой фракции, позволяет оценить подвижность по коэффициенту диффузии и распределения. Верхний слой почвы должен быть 25...50 см, что предотвращает фильтрацию до уровня грунтовых вод, с нормой применения 55...75 т/га. Это позволит обеспечить плодородие низкопродуктивных почв до 70-80 ц/га пшеницы.

**Ключевые слова:** помёт, компост, органические удобрения, жидкая фракция, твёрдая фракция, установка биогазовая, почва.

## RESEARCH OF APPLICATION OF LIQUID AND SOLID FRACTIONS OF FERMENTED (COMPOSTED) ORGANIC FERTILIZERS FOR IMPROVEMENT OF FERTILITY OF SOIL AND TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

*A. N. Lezhenkin, B. V. Boltianskyi*

**Abstract.** The search for technical means and methods for the use of liquid and solid fractions of compozed organic fertilizers to improve soil fertility and technological equipment is valuable and necessary scientific material. The problem of using the liquid residue of the organic matter after fermentation in the biogas plant is to limit the periods of permitted entry into the field, and as a consequence, requires the need for buildings for the accumulation of raw materials, and high productivity

Of the means for its preparation and distribution by field, or application to the soil. Along with the positive indicators of a potential fertility of the soil, there are a large number of indicators that adversely affect the environment. This: pollution of natural reservoirs; Air pollution. Alteration of microbiological activity of soil; Deterioration of the phytosanitary condition of soil; Microbiological and bacterial contamination of the soil; Soil contamination with heavy metals.

The research program included determining the hydrological properties of the soil in relation to different fractions and determination of sorptive soil capacity on nitrate and ammonium nitrogen. The definition and calculation of filtration properties was ensured by the A minimum of water absorption in model diagrams of up to 700 cm$^3$ and a constant pressure of the water column on the surface of filtration (7 cm). Determined coefficients of the distribution of adsorption and diffusion. The method of measuring the distribution coefficients of organic compound is by a method of eluate wave or frontal filtration in a column.

The original method of calculating indicators was developed. The obtained results showed the efficiency of method by definition of quantitative estimation of sortation of nitrate and ammonium nitrogen of liquid and solid fraction, allows to estimate mobility by coefficient of diffusion and distribution. Conclusion that distribution and distribution of compounds in The top layer of soil should be 25...50 cm, which prevents filtration to the groundwater level, with a norm application of 55...75 t/ha. This will get the fertility of low-productive soils-up to 70-80 c/ha of wheat.

**Key words:** litter, compost, organic fertilizers, liquid fraction, hard throck, gas, soil.

**О. М. Леженкін** ORCID 0000-0003-2822-8173.
**Б. В. Болтянський** ORCID 0000-0003-2072-4025.