

УДК 631.3

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2025.55.192-200>

**І.Є. Цизь**, доц., канд. техн. наук, **В.Ф. Дідух**, проф., д-р техн. наук, **С.М. Хомич**, доц., канд. техн. наук, **Р.А. Хлопецький**, канд. техн. наук  
*Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна*  
*e-mail: igor-71@ukr.net*

## Дослідження продуктивності пневмомеханічного засобу для добування сапропелю

У статті наведено методику та результати дослідження впливу параметрів пневмомеханічного засобу для добування сапропелю (ПМЗ) на його продуктивності.

З метою отримання математичної моделі продуктивності ПМЗ під час добування сапропелю у вигляді рівняння регресії було використано математичний метод планування експерименту. Аналіз побудованих за рівнянням регресії поверхонь відгуку показав, що за тиску нагнітання повітря 500 кПа, діаметра транспортуючого трубопроводу 0,055 м продуктивність ПМЗ знаходиться у межах від 0,8 до 1,4 кг/с на усьому досліджуваному діапазоні довжин підіймального трубопроводу. Порівняння отриманих значень продуктивності із результатами дослідження засобу для добування сапропелю без механічного розпушувача вказує, що наявність останнього забезпечує приріст продуктивності до 10 %.

**сапропель, добування, пневмомеханічний засіб, продуктивність, тиск, діаметр трубопроводу**

**Постановка проблеми.** Тривалими науковими дослідженнями виявлено позитивний вплив органічного сапропелю на показники родючості ґрунту загалом та на його структуру і вміст гумусу зокрема. Особливо яскраво виявляється вплив сапропелю на покращенні структурованості піщаних і супіщаних ґрунтів [1, 2]. Загалом в Україні виявлено поклади понад 91 млн. т. озерних сапропелів. Такі запаси складають суттєву альтернативу класичним джерелам органічної речовини для покращення родючості ґрунтів. А загальні балансові запаси даного ресурсу у водоймах Волинської області, перераховані на вологість 60%, складають 66 млн. т. [1, 3].

У той же час класичні шляхи використання сапропелю характеризуються високою енергоємністю та вимагають адаптації до сучасних кліматичних та економічних змін. Тому особливу увагу слід звернути на шляхи використання органічного сапропелю природної вологості, тобто вологості, яку мають його поклади в прісноводних озерах. А також на недопущення додаткового насичення вологою покладів із природною вологістю у процесі добування.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Важливим етапом у використанні сапропелю є його добування з під шару води прісноводних озер. Із літературних джерел відомо про широкий перелік конструкцій та технологій для реалізації вказаного процесу. Але аналіз їх практичного використання показує, що значна їх кількість не знайшла практичного застосування і відомі лише на рівні пропозицій та патентів.

Так відомо про практичне застосування для добування сапропелю екскаваторів обладнаних грейфером чи драглайном або зворотною лопатою. При цьому екскаватор може працювати як із берегової лінії або розміщуватися на понтоні. Широкого практичного застосування набули земснаряди із різного виду забірними пристроями. Також з літературних джерел [1, 4-7] відомі різноманітні технології добування покладів сапропелю, які адаптовані до особливостей кожного родовища сапропелів. Таким особливостями є розміщення покладів під шаром води або під шаром покладів торфу, способи подальшого використання використання сапропелю, їх тип, хімічний склад, розміри родовища, логістика тощо [1, 4, 5, 8].

Аналіз та узагальнення відомих класифікацій технологій добування підводних корисних копалин [1,4, 5, 8-10] показав, що вони базуються на використанні назви робочого органа який є основою засобу для добування покладів. Таке рішення часто спричинює певну плутанину та повторення. Тому нами запропонована класифікація в основу якої покладено тип енергії, що використовується для здійснення видобутку покладів. Також класифікація враховує конструктивні особливості забірної пристрою, який є основою засобу для добування сапропелю (рис. 1).



Рисунок 1 – Класифікація технологій добування сапропелів

*Джерело: розроблено авторами*

Проведений на основі даної класифікації системний аналіз конструкції засобів для добування сапропелів показав, що такі засоби обладнані забірними пристроями механічного принципу дії забезпечують надійність процесу добування покладів, але характеризуються підвищеною металомісткістю та енергозатратами, а також мають негативний вплив на озера за екологічними показниками.

Встановлено, що добування сапропелів засобами із гідромеханічними забірними пристроями у порівнянні із гідравлічними дозволяє підвищити вміст сухої речовини у добутих покладах, забезпечує підвищену надійність процесу за добування з під шару рослинності. Проте такі пристрої обладнані складним механізмом приводу розпушувача покладів.

Аналіз відомих літературних джерел показав, що не виправдано мало уваги приділялось впровадженню для добування сапропелю забірних пристроїв, які використовують енергію повітряного потоку. Адже за використання гідравлічних та гідромеханічних технологій добування сапропелю здійснюють його розчинення у воді, для зменшення консистенції, а потім, із значними енергетичними затратами, проводять зворотній процес - зневоднення [1]. У той же час пневматичні пристрої забезпечують псевдозрідження покладів та не вимагають додаткових енергетичних затрат на відокремлення повітря від покладів.

Згідно наведеної класифікації розробки пневматичних забірних пристроїв можна розділити на ерліфтні та всмоктувальні. Із великої кількості конструкцій ерліфтних пристроїв для добування корисних копалин лише окремі з них можуть бути використаними для добування сапропелю прісноводних озер [11, 12]. Проблема використання звичайного ерліфтного насоса для добування сапропелю спричинена необхідністю інтенсивного розпушення покладів під час утворення газорідинної суміші у його змішувачі. Відповідно до наведеної на рис. 1 класифікації змішувач ерліфта

будемо розглядати як забірний пристрій. Для вирішення вказаної проблеми у ерліфтному пристрої, конструкція якого наведеній у праці [11], застосовано тангенціальний струмінь повітря, що виходить із відповідно встановлених сопел. Завдяки такому рішенню інтенсифікується процес добування, підвищується його надійність та знижується металомісткість, зростає коефіцієнт корисної дії пристрою. Проте лишається не вирішеним питання повноти використання енергії повітряного потоку для розпушення покладів, стійкості процесу під час роботи з покладами під шаром рослинності тощо.

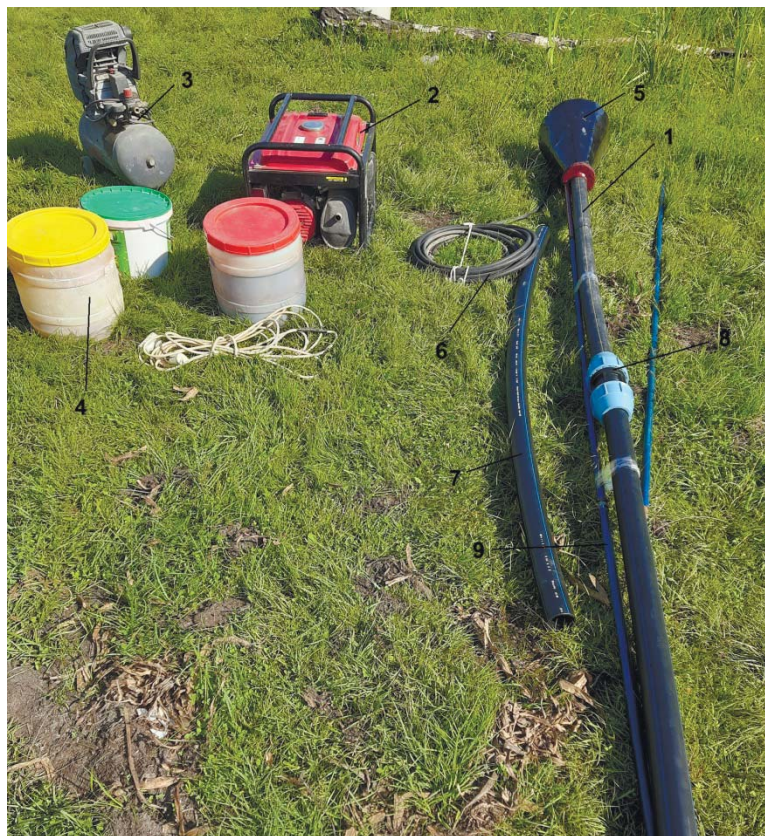
Прикладом використання всмоктувальних забірних пристрої для добування покладів сапропелів є пневматичні камерні насоси [9, 13]. Такі конструктивні рішення знайшли своє практичне використання у обладнанні для добування покладів із підводних родовищ фірми „Pneuma” [7]. Робочий процес камерного насосу складається із двох тактів: заповнення внутрішнього об'єму камери покладами та їх витіснення із камери покладів стиснутим повітрям. Камерні насоси забезпечують добування покладів сапропелю із природною вологістю та мінімізують попадання дисперсних частинок сапропелю у воду озера. Для забезпечення прийнятних показників продуктивності камерний насос фірми „Pneuma” містить три камерами. Він не здатний забезпечувати всмоктування покладів під час добування з глибини менше 4 м, має значну масу та конструктивні розміри. А для реалізації робочого процесу потрібен тиск повітря понад 0,8 МПа та електронний блок керування системою клапанів. У базовій комплектації камерний насос фірми „Pneuma” не може добувати поклади сапропелю із вологістю меншою від 92–95 % та за наявності рослинних включень.

Вирішення наведених вище недоліків пневматичних засобів забезпечують ПМЗ [14]. Так за рахунок встановлення у ерліфтному забірному пристрої роторного розпушувача можна покращити його придатність для добування покладів підвищеної консистенції та із рослинними включеннями. Подібний результат досягається за обладнання всмоктувально-фрезерним забірним пристроєм пневматичних камерних насосів у процесі їх використання для добування сапропелю [7]. Та існуючі конструктивні рішення розпушувачів суттєво ускладнюють конструкцію ПМЗ.

Підсумовуючи можна зробити висновок, що для добування покладів сапропелю природної вологості та дотримання екологічних вимог найбільшу перспективу мають пневматичні технології добування. Проте з метою забезпечення надійності процесу забору покладів підвищеної консистенції доцільно їх удосконалювати рішеннями для інтенсифікації процесу формування сапропеле-повітряної суміші, придатності до роботи на родовищах із рослинними включеннями тощо. Такий результат може бути досягнутий завдяки розробці та удосконаленню засобів із пневмомеханічним забірним пристроєм. Для цього нами розроблено конструкцію [15] та виготовлено експериментальну установку такого ПМЗ.

**Постановка завдання.** Дослідити вплив конструктивних параметрів ПМЗ для добування сапропелю на його продуктивність.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження впливу конструктивних параметрів ПМЗ для добування сапропелю на його роботу у виробничих умовах проводили з використанням обладнання наведеного на рис. 2. Засіб 1 був виготовленим за схемою наведеною у патенті [15]. Експериментальна установка забезпечує дослідження впливу на продуктивність процесу добування покладів сапропелю таких основних конструктивних параметрів ПМЗ, як: кут нахилу твірної конусоподібного корпусу, діаметр піднімального трубопроводу, довжина піднімального трубопроводу, тиск подачі повітря. Коло досліджуваних факторів було визначене на основі аналізу літературних джерел та попередньо проведених експериментальних і теоретичних досліджень. Значення та межі зміни даних параметрів наведено у табл. 1.



1 - ПМЗ для добування сапропелю; 2 – електричний генератор, 3 – поршневий компресор EURO 210/24; 4 – ємкості для відбору зразків добутого сапропелю; 5 – конічний корпус; 6 – трубопровід подачі стисненого повітря; 7 – відрізок підйимального трубопроводу; 8 – з’єднувальна муфта; 9 – каркас жорсткості

Рисунок 2 – Фото експериментального обладнання для дослідження роботи ПМЗ під час добування сапропелю

*Джерело: розроблено авторами*

Таблиця 1 – Досліджувані фактори та рівні їх варіювання

Рівні варіювання	Фактори			
	Тиск $P$ , кПа	Кут нахилу твірної корпусу $\alpha$ , град	Діаметр транспортуючого трубопроводу $d$ , м	Довжина транспортуючого трубопроводу $l$ , м
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
Верхній (+1)	500	25	0,067	4,5
Нульовий (0)	400	20	0,055	3,0
Нижній (-1)	300	15	0,043	1,5

*Джерело: розроблено авторами*

Фіксування досліджуваних факторів на визначених рівнях здійснювалось таким чином. Для забезпечення зміни кута нахилу твірної корпусу 5 виготовили три їх варіанти із висотою корпусу 0,4 м та зазначеним у табл. 1 кутом твірної.

Зміну довжини підйимального трубопроводу здійснювали завдяки виготовленню кожного трубопроводу із трьох відрізків 7 довжиною рівною кроку зміни відповідного фактора.

Кожен варіант комплектування установки містив зовнішньою магістраль подачі повітря та напірний трубопровід у внутрішній порожнині корпусу із отворами діаметром 1,0 мм. Використаний в установці компресор 3 та арматура дозволяють змінювати тиск нагнітання повітря  $P$  у межах від 300 до 500 кПа.

Особливості технологічного процесу добування сапропелю дозволяють адекватно оцінити вплив конструктивних параметрів та режимів роботи пристрою лише в умовах підводного добування на реальному родовищі. Тому були проведені виробничі випробування ПМЗ для добування сапропелю на о. Бурків Волинської обл. (51.764326, 25.125718). Максимальна товщина водного дзеркала складала 1,0 м.

З метою отримання математичної моделі продуктивності ПМЗ під час добування сапропелю у вигляді рівняння регресії було використано математичний метод планування експерименту, що базувався на плані Бокса-Бенкіна другого порядку.

Для реалізації експерименту за допомогою плавзасобу експериментальне обладнання доставлялось до точки озера, де здійснювались випробування (рис. 3). Далі ПМЗ для добування сапропелю занурювали у шар покладів сапропелю на глибину, визначену довжиною трубопроводу та планом експерименту. Після чого запускали електричний генератор 2 (рис. 2), який застосовувався в якості джерела електричної енергії, та компресор 3. У ресивері компресора створювали тиск повітря у  $P=800$  кПа. Далі шляхом відкриття клапана компресора, забезпечували подачу стисненого повітря до робочого органа через трубопровід б під тиском, встановленим планом експерименту. При цьому компресор працював постійно. В процесі виходу повітря із приводних форсунок здійснювався обертовий рух розпушувача та його взаємодія із сапропелем, який розташований перед вхідним вікном кінцевого корпусу. Повітря, що виходило із робочих форсунок забезпечувало розпушення сапропелю, його подавання у порожнину підіймального трубопроводу та транспортувався до надводної поверхні. Повітря, що виходило із приводних форсунок, забезпечувало привод механічного розпушувача і у подальшому об'єднувалось із повітрям, що надходило із робочих форсунок.



Рисунок 3 – Фото експериментального обладнання перед відплиттям для реалізації дослідження  
*Джерело: розроблено авторами*

Після набуття ПМЗ усталеного режиму подачі покладів, фіксувалась секундна продуктивність шляхом відбору сапропелю протягом 10 с у ємкість 4 (див. рис. 2). Досліди проводились у трикратній повторюваності для кожного з варіантів комплектації забірної пристрою. Оскільки процес добування був неперервним, то пристрій при роботі поступово занурювався у сапропель. Тому глибина добування змінювалась від початку експерименту і до його завершення в межах 0,2...0,5 м.

За отриманими у результаті експерименту значеннями продуктивності ПМЗ у середовищі Mathcad були розраховані коефіцієнти рівняння регресії, встановлені їх довірчі інтервали та значущість. При цьому однорідність ряду дисперсій експериментальних значень встановлювали за критерієм Кохрена. В результаті отримали, що  $G^{розр.} = 0,285 < G^{табл.}(0.05; 27; 2) = 0.318$ , а тому процес експерименту відтворюється.

Для перевірки значущості коефіцієнтів регресії використовували критерій Ст'юдента. За довідковою літературою встановили, що його табличне значення для 5%-го рівня значущості та числа ступенів вільності дисперсії відтворюваності дослідів  $f_1 = 2$  становило  $t = 4,3$ . За табличним значенням критерію Ст'юдента встановили довірчі інтервали коефіцієнтів регресії. Після виключення доданків із незначущими коефіцієнтами отримали таке рівняння регресії

$$x_1 y = 0,67 + 0,154x_1 + 0,125x_2 + 0,09x_3 - 0,201x_4 + 0,104x_1x_3 + 0,059x_1^2 - 0,034x_2^2 + 0,0072x_3^2 + 0,072x_3^2, \quad (1)$$

де  $x_1, x_2, x_3, x_4$  – кодовані значення відповідно тиску  $P$ , кута нахилу твірної корпусу  $\alpha$ , діаметра транспортуючого трубопроводу  $d$ , довжини транспортуючого трубопроводу  $l$ .

Для перевірки адекватності отриманого рівняння регресії (1) використовували критерій Фішера. Розрахункове значення критерію Фішера становило  $F^{розр.} = 6,67$  при дисперсії неадекватності  $S_{неад.}^2 = 1,957 \cdot 10^{-3}$  і дисперсії відтворюваності  $S_y^2 = 2,934 \cdot 10^{-4}$ .

Табличне значення критерію Фішера за прийнятого 5%-го рівня значущості, згідно з довідковою літературою, склало

$$F^{табл.}(0.05; f_2; f_1) = 19,4,$$

де  $f_2 = 17$  - число ступенів вільності дисперсії неадекватності;

$f_1 = 2$  - число ступенів вільності дисперсії відтворюваності дослідів.

Оскільки  $F^{розр.} = 6,67 < F^{табл.}(0.05; f_2; f_1) = 19,4$ , то гіпотеза адекватності рівняння регресії підтверджується.

Остаточне рівняння регресії із натуральним значеннями факторів отримало вигляд

$$Q = 1,986917 - 0,007947 \cdot P + 0,0794 \cdot \alpha - 21,666667 \cdot d - 0,326 \cdot l + 0,086667 \cdot P \cdot d + 0,0000059 \cdot P^2 - 0,00136 \cdot \alpha^2 + 50,0 \cdot d^2 + 0,032 \cdot l^2. \quad (2)$$

За отриманим рівнянням регресії (2) було побудовано поверхні відгуку та їх двомірні січення (рис. 4 та 5) для відслідковування динаміки зміни продуктивності ПМЗ для добування сапропелю.

**Висновок.** Аналіз отриманих рівнянь регресії вказує, що всі досліджувані фактори мають суттєвий вплив на продуктивність ПМЗ для добування сапропелю. Застосування тиску нагнітання повітря  $P$  меншого за 400 кПа із використанням діаметра підйимального трубопроводу  $d$  менше 0,055 м не є раціональним оскільки призводить до зниження продуктивності пристрою (рис. 4). Збільшення тиску до



Аналіз характеристик родовищ сапропелю показує, що довжина підйимального трубопроводу  $l$  у межах від 3 до 4,5 м забезпечує добування покладів із родовищ, де наявна мінімальна товщиною водного дзеркала та шар пелогену завтовшки до 1,5 м. Звичайно, можна використовувати підйимальний трубопровід і більшої довжини, але для забезпечення бажаної продуктивності  $Q$  ПМЗ для добування сапропелю доведеться збільшувати тиск нагнітання повітря  $P$ . Це, у свою чергу, приведе до зниження коефіцієнта корисної дії ПМЗ.

Також порівняння отриманих значень продуктивності із результатами дослідження засобу для добування сапропелю без механічного розпушувача [16] вказує, що наявність останнього забезпечує приріст продуктивності до 10 %. У процесі добування сапропелю ПМЗ виявлено його вищу стійкість від проривання повітряного потоку за межі конічного корпусу та придатність до роботи із сапропелем вологістю нижчою від 92 %.

## Список літератури

1. Шевчук М.Й. Сапропелі України: запаси, якість та використання. Луцьк : Надстир'я, 1996. 383 с.
2. Дідух В.Ф., Цизь І.Є., Тарасюк В.В., Хомич С.М. Дослідження процесу формування у ґрунті вологоутримуючого шару. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник*. 2023. Вип. 53. С. 149–157.
3. Дем'янюк О.С., Коніщук В.В., Мусич О.Г. Аналіз запасів сапропелю в Україні як альтернативної сировини органічних добрив. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 2. С. 73–84.
4. Бодак В.І. Розробка і дослідження механізмів для добування сапропелів: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Луцьк, 1996. 209 с.
5. Булік Ю.В. Обґрунтування процесу і параметрів механізму для добування сапропелю: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. Луцьк, 2005. 135 с.
6. Ґрунтозабірний пристрій: пат. 46197 Україна, МПК E21C50/00; заявл. 15.05.2000; опубл. 15.05.2002. Бюл. №5.
7. Pneuma system. URL: <http://www.pneuma.it/#System> (дата звернення: 25.11.2025).
8. Шимчук О.П. Обґрунтування параметрів модуля для добування озерних сапропелів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. Тернопіль, 2009. 23 с.
9. Vanags R. Investigation of sapropel extraction technical tools. *Engineering for rural development*, 2015. P.151-154.
10. Peterson S.A. Dredging and lake restoration. *Lake restoration. Proceedings of a National Conference*, 1978. P. 105–114.
11. Сукач М.К., Новиков О.Д. Ерліфтно-землесосний комплекс для видобування сапропелів. *Ґірно., буд., дор. та меліорат. машини*. 1995. Вип. 49. С. 9–16.
12. Сукач М.К., Чередник В.М. Установа для транспортування ґрунту в акваторіях. *Ґірно., буд., дор. та меліорат. машини*. 2010. Вип. 75. С. 57–61.
13. Stankevica K. Character of sapropel properties based on its formation conditions and possibilities of its use. Ph.D. thesis. Riga, 2020. 175 p.
14. Сукач М.К. Чередник В.М. Основні шляхи удосконалення ерліфтної установки для розробки підводних ґрунтів. *Ґірно., буд., дор. та меліорат. машини*. 2007. Вип. 69. С. 26–33.
15. Забірний пристрій: пат. 99506 Україна, МПК E02F3/08; заявл. 15.12.2014; опубл. 10.06.2015. Бюл. №11.
16. Хомич С.М., Цизь І.Є. Дослідження продуктивності пневматичного забірного пристрою для добування сапропелю. *Сільськогосподарські машини*. 2010. Вип. 20. С. 355–361.

## References

1. Shevchuk, M.I. (1996). *Sapropels of Ukraine: stocks, quality and prospects of use*. Lutsk: Nadstyria [in Ukrainian].
2. Didukh, V.F., Tsiz, I.Ye., Tarasyuk V.V., & Khomych S.M. (2023). Research of the process of formation of a moisture-retaining layer in the soil. *National interdepartmental scientific and technical collection of works. Design, production and operation of agricultural machinery*. Vol. 53, 149-157. [in Ukrainian].

3. Demyanyuk, O.S., Konishchuk, V.V., & Musych, O.H. (2022). Analysis of sapropel reserves in Ukraine as an alternative raw material for organic fertilizers. *Sustainable use of nature*. № 2, 73-84. [in Ukrainian].
4. Bodak, V.I. (1996). *Development and research of mechanisms for sapropel extraction*. Doctor's thesis. Lutsk. [in Ukrainian].
5. Bulik, Y.V. (2005). *Justification of the process and parameters of the mechanism for extracting sapropel*. Doctor's thesis. Lutsk. [in Ukrainian].
6. Soil collection device: patent 461976 Ukraine, IPC E21C50/00; declared 15.05.2000; published. 15.05.2002. Bulletin №5.
7. Pneuma system (n.d.). <http://www.pneuma.it/#System>
8. Shymchuk, O.P. (2009) *Justification of the parameters of the module for the extraction of lake sapropels*. Extended abstract of candidate's thesis. Ternopil. [in Ukrainian].
9. Vanags, R. (2015). Investigation of sapropel extraction technical tools. *Engineering for rural development*, 151-154. [in English].
10. Peterson, S.A. (1978). Dredging and lake restoration. *Lake restoration. Proceedings of a National Conference*, 105-114. [in English].
11. Sukach, M.K., & Novikov, O.D. (1995). Airlift and dredging complex for sapropel extraction. *Mining, construction, road and reclamation machines*. Vol. 49, 9-16. [in Ukrainian].
12. Sukach, M.K., & Cherednyk, V.M. (2010) Installation for transporting soil in water areas. *Mining, construction, road and reclamation machines*. Vol. 75, 57-61. [in Ukrainian].
13. Stankevica, K. (2020) *Character of sapropel properties based on its formation conditions and possibilities of its use*. Doctor's thesis. Riga. [in English].
14. Sukach, M.K., & Cherednyk, V.M. (2007). Main ways to improve airlift installations for underwater soil development. *Mining, construction, road and reclamation machines*. Vol. 69, 26-33. [in Ukrainian].
15. Intake unit: patent 99506 Ukraine, IPC E02F3/08; declared 15.12.2014; published. 10.06.2015. Bulletin №11.
16. Khomych, S.M., & Tsiz, I.Ye. (2010). Research on the performance of a pneumatic extraction device for sapropel extraction. *Agricultural machinery*. Vol. 20, 355-361. [in Ukrainian].

**Igor Tsiz**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Volodymyr Didukh**, Prof., DSc., **Serhii Khomych**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Roman Khlopetsyi**, PhD tech. sci.  
*Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine*

### **Research the Productivity of a Pneumatic-Mechanical Device for Extracting Sapropel**

Analysis of the designs of sapropel extraction equipment showed that from the point of view of ensuring environmental requirements and the need to extract deposits of natural humidity, airlift installations should be considered the most promising. However, to improve the conditions for extracting deposits, it is advisable to improve such installations by equipping them with mechanical rippers. For this purpose, a design was developed and an experimental installation of a pneumomechanical device for extracting sapropel was manufactured. The purpose of the study is to establish the influence of the design parameters of a pneumomechanical device for extracting sapropel on its productivity.

During the study, the influence of the following factors was established: the angle of inclination of the generating cone-shaped body, the diameter of the lifting pipeline, the length of the lifting pipeline, the air supply pressure. To obtain a model of the studied process in the form of regression equations, a mathematical method of experimental planning was applied. The experiments were carried out from a boat on Lake Burkiv, Volyn region. Based on the obtained productivity values, the values of the coefficients of the regression equation, their confidence intervals and significance were calculated, and the adequacy of the regression equation was checked.

Analysis of the obtained response results showed that at an air injection pressure of 500 kPa and a diameter of the transporting pipeline of 0.055 m, the productivity of the pneumomechanical device is in the range from 0.8 to 1.4 kg/s over the entire studied range of lengths of the lifting pipeline. But with increasing length of the lifting pipeline, productivity decreases. Therefore, the length of the lifting pipeline should be chosen as minimal, which will ensure the extraction of deposits with optimal humidity. Comparison of the obtained productivity values with the results of the study of a tool for extracting sapropel without a mechanical loosener indicates that the presence of the latter provides an increase in productivity of up to 10%. The suitability of the pneumomechanical tool for extracting sapropel with a humidity lower than 92% has also been established.  
**sapropel, extraction, pneumomechanical device, productivity, pressure, pipeline diameter**

*Одержано (Received) 27.11.2025*

*Прорецензовано (Reviewed) 18.12.2025*

*Прийнято до друку (Approved) 23.12.2025*