

5. Толстушко М.М. Обгрунтування параметрів і режиму роботи підрівнювача-розстигача стрічки стебел льону: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Толстушко Микола Миколайович. – Луцьк, 2004. – 229 с.

6. Льноуборочная техника РУП «Гомсельмаш» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gomselmash.by/production/len.html>. – Название с экрана.

7. Машины для уборки льна РПДУП «Экспериментальный завод» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eznan.by/products/list.php?SECTION_ID=8. – Название с экрана.

8. Depoortere [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.depoortere.be/>. – Title from the screen.

9. Union. Flax harvesting machines [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.unionmachines.com/functions/list.asp?Lid=2&pnav=; 2;9>. – Title from the screen.

10. Vanot J. La passion le lin. – Notre Dame de Gravenchon: Corlet, 2003. – 72 p.

11. Vlamalin. Flaxmachinery [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.vlamalin.be/>. – Title from the screen.

УДК 631.331

© С.М. Хомич, І.Є. Цизь, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ САПРОПЕЛЮ

У статті наведено методики та результати досліджень щодо визначення вологості, зольності та об'ємної маси сапропелю оз. Зяцьке Волинської обл. Підібрані коефіцієнти емпіричних залежностей для розрахунку даних характеристик залежно від глибини залягання покладів.

ВЛАСТИВОСТІ, САПРОПЕЛЬ, ВОЛОГІСТЬ, ЗОЛЬНІСТЬ, ОБ'ЄМНА МАСА, МЕТОДИКА, ПРИСТРІЙ, ДОСЛІДЖЕННЯ.

Постановка проблеми. Обгрунтування параметрів пристрою для добування та переробки сапропелів неможливе без досконалого вивчення їх фізичних властивостей. Слід зазначити, що сапропелі одного типу із озер різних регіонів можуть значно відрізнятися властивостями, які суттєво впливають на процес розробки родовищ, тож дослідження

властивостей сапропелю необхідно проводити для кожного родовища окремо. Тому наведені дослідження проводились з покладами, що добувались з родовища оз. Зяцьке Старовижівського району Волинської області.

Аналіз останніх досліджень. Згідно з інженерно-геологічною класифікацією гірських порід (В.Л. Саваренського із змінами та доповненнями В.Д. Ломтадзе), сапропелі можна віднести до п'ятої групи осадових порід особливого складу, властивостей і стану. Породи цієї групи характеризуються специфічними властивостями, потребують спеціальних методів дослідження та індивідуальної оцінки [1].

Із літературних джерел відоме широке коло досліджень, які стосуються вивчення властивостей сапропелів [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]. Серед усієї різноманітності властивостей сапропелів нами проаналізовані лише ті, які мають суттєвий вплив на процес їх добування. До даної групи слід віднести:

- фізичні (абсолютна, відносна, природна, гігроскопічна вологості, щільність твердої фази, об'ємна маса, зольність, гранулометричний склад);

- водні (водопроникність, водопоглинання та набухання);

- механічні (пластичність, липкість, опір зсуву, в'язкість, усадка).

Проведений аналіз і порівняння наведених даних результатів досліджень вказаної групи свідчить про невисоку достовірність окремих з них. Більшість таких досліджень присвячені вивченню сапропелів родовищ Російської Федерації та Білорусі і лише незначна кількість – родовищам України. Також виявлено значну різницю у зазначених окремих характеристик, які спричинені дослідженнями сапропелів одного типу але різних родовищ.

Мета роботи – дослідження закономірності зміни вологості, зольності та об'ємної маси сапропелю родовища оз. Зяцьке із глибиною залягання покладів.

Результати досліджень. Для отримання закономірності зміни досліджуваних властивостей із глибиною залягання покладів було проведено роботи із відбору зразків сапропелю з озера Зяцьке. Відбір проб покладів проводився за допомогою сапропелерозвідувального бура (рис. 1) з човна. Проби відбиралися в чотирьох точках (перпендикулярно до довжини озера від берега до берега). Відлік залягання відкладів сапропелів починали з моменту входу пробовідбірника у верхній шар.



Рис. 1 – Фото сапропелерозвідувального бура: 1 – пробовідбірний човник; 2 – подовжувальні штанги

Визначення загальної глибини відкладів сапропелю проводили з точністю до 0,1 м. При зондуванні визначили глибину води, загальну глибину відкладів сапропелю (від їх поверхні до мінерального дна), а також відбирались зразки сапропелів від поверхні відкладів через кожні 1 м до мінерального дна.

Для відбору проби човник бура занурювали у відклади в відкритому стані на необхідну глибину (вперше на глибину 1 м). Повертаючи ручку за годинниковою стрілкою на 180° закривали човник і витягували з відкладів бур. Після чого горизонтально розміщували останній, відкривали його та набирали вміст в попередньо пронумеровані бюкси і закривали кришками. В одній зондувальній точці з кожної глибини відбирали тільки одну пробу. На всі відібрані проби складалась відомість лабораторних аналізів. Остання, разом з відбірними пробами, відправлялась в лабораторію. В лабораторії, звиривши номери бюксів з відомістю лабораторних аналізів, відповідні проби ретельно перемішувались та визначалась об'ємна маса, потім ділились на 7 рівних частин. З кожної частини відбирали приблизно 30 г сапропелю для визначення відповідно вологості і зольності відкладів.

Специфічною особливістю сапропелевих відкладів є надзвичайно високе насичення водою, що перевищує максимальну їх вологоємність, тобто кількість води, яка знаходиться в його порах у природному стані.

Для визначення природної вологості з підготовленої пошарової проби сапропелю, яка попередньо перемішувалась до однорідної суміші в мірній ємкості, із чотирьох точок відбирали наважки масою 5 г і поміщали в попередньо пронумеровані та просушені дюралюмінієві бюкси. Сапропелеву масу важили з точністю до 0,01 г на електронних

вагах (рис. 2, в). Після цього бюкси поміщали у нагріту сушильну шафу (рис. 2, а).



Рис 2 – Прилади та обладнання, що використовувалось під час досліджень: а – сушильна електрошафа СНОЛ – 3,5.3,5.3,5/3 ИЗ; б – муфельна електроніч СНОЛ – 1,6.2,5.1/11 ИЗ; в – електронні ваги ТЛВ-0,5; г – ексикатор із бюксами; д – термометр-щуп електронний TFA 301018; е – фарфорові бюкси

Сушильну шафу нагрівали до температури 100 ± 5 °С; підтримували цю температуру протягом усього періоду дослідження. Після 120 хв сушіння бюкси з матеріалом виймали з шафи і охолоджували до кімнатної температури. Охолоджені бюкси зважували і знову повертали у сушильну шафу. Наступні зважування проводили через 20 хв.

Дослідження з визначення природної вологості проводились одночасно для трьох наважок у відповідності до відібраних проб, які були добуті з визначених глибини залягання, що була кратною 1 м.

Вміст вологи W у відсотках обчислювали за формулою

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m} \times 100\%, \quad (1)$$

де m_1 – маса бюкса з наважкою сапропелю до висушування, кг;
 m_2 – маса бюкса з наважкою після висушування, кг; m – маса наважки до висушування, кг.

Значення експериментально отриманих вологостей сапропелю наведено у таблиці, за якими побудована графічна залежність зміни досліджуваного показника від глибини залягання покладів (рис. 3).

Таблиця – Середні значення вологостей, зольності та об'ємної маси сапропелю оз. Зяцьке за глибиною залягання

Глибина залягання, м	Вологість, %	Зольність, %	Об'ємна маса, кг/м ³
1	97,4	20,33	1010,52
2	95,6	22,68	1045,38
3	92,4	23,81	1065,33
4	90,4	26,66	1114,89
5	89,0	27,66	1150,29
6	88,6	28,57	1178,54
7	87,4	30,61	1194,22
8	86,8	31,75	1228,08
9	86,2	32,25	1256,78
10	84,8	32,79	1284,33

Як видно з рис. 3, вологість органічного сапропелю значною мірою залежить від глибини залягання. Лінійна апроксимація експериментальних даних дозволяє отримати наступну залежність:

$$W = -1,3127 \cdot h + 97,08. \quad (2)$$

Із залежності (2) можна зробити висновок, що вологість сапропелів оз. Зяцьке знижується приблизно на 1,3 % із кожним метром збільшення глибини залягання.

Також слід відмітити, що лінійну залежність між вологістю та глибиною залягання можна використовувати лише для наближених розрахунків. Оскільки значно точніше експериментальні дані апроксимує залежність у вигляді полінома другого порядку

$$W = 0,128 \cdot h^2 - 2,7211 \cdot h + 99,897. \quad (3)$$

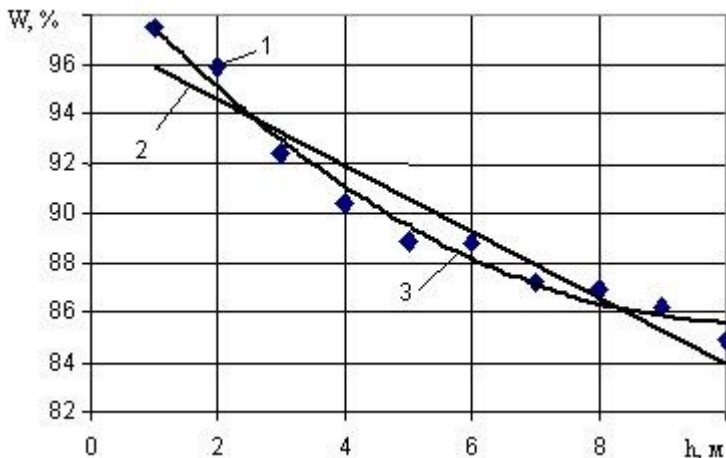


Рис. 3 – Залежність вологості органічного сапропелю W оз. Зяцьке від глибини залягання h : 1 – експериментальні точки; 2 – лінійна апроксимація; 3 – апроксимація поліномом другого порядку

Звідси можна зробити висновок, що у діапазоні глибин залягання покладів 1...4 м даного озера швидкість зменшення вологості із зростанням глибини залягання знаходиться у межах 2,0...2,5 %/м, а у подальшому відбувається зниження даного показника.

З метою якісної оцінки покладів сапропелів оз. Зяцьке з точки зору їх використання для приготування органічних добрив, а також для глибшого розкриття взаємного впливу фізичних властивостей було проведено дослідження зольності сапропелю за наступною методикою.

Після визначення вмісту природної вологості зразки сапропелю з алюмінієвих боксів поміщали у фарфорові, які були попередньо просушені та зважені. При цьому дотримувалась послідовність наважок відповідно до глибини залягання покладів.

Далі фарфорові бокси з сапропелем розміщали в холодній муфельній печі (рис. 2, б) і поступово (протягом 60 хв.) нагрівали до температури 800°C, та витримували протягом 60 хв. Після прожарювання фарфорові бокси із зольним залишком виймали із печі і охолоджували 5 хв. на повітрі, а потім в ексікаторі до кімнатної температури та зважували.

Зольність сапропелю розраховувалась згідно з наступною залежністю:

$$A^c = \frac{m_1 \cdot 100\%}{m}, \quad (4)$$

де A^c – зольність сапропелю, %; m_1 – маса золи, кг; m – маса наважки сухого сапропелю, кг.

Середні значення експериментально отриманих зольностей сапропелю наведено у таблиці, за якими побудована графічна залежність зміни досліджуваного показника відповідно до глибини залягання (рис. 4).

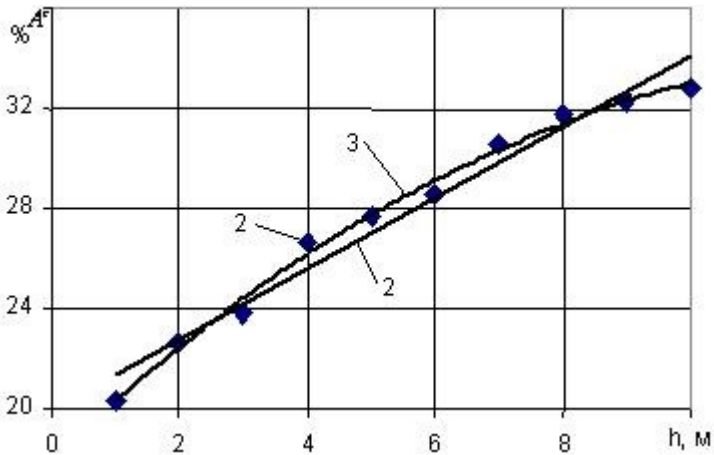


Рис. 4 – Залежність зольності органічного сапропелю A^c оз. Зяцьке від глибини залягання h : 1 – експериментальні точки; 2 – лінійна апроксимація; 3 – апроксимація поліномом другого порядку

З (рис. 4) видно, що зольність досліджуваного родовища сапропелю зростає із збільшенням глибини їх залягання. Лінійна апроксимація експериментальних даних дозволяє отримати наступну залежність:

$$\hat{A}^c = 1,4036 \cdot h + 19,991. \quad (5)$$

Таким чином, зольність сапропелю оз. Зяцьке зростає приблизно на 1,4 % із кожним метром збільшення глибини залягання.

Також слід відмітити, що у даному випадку лінійна апроксимація забезпечує задовільну точність, оскільки значення коефіцієнта, що визначає вплив на зольність глибини залягання покладів у другому степені в апроксимаційному поліномі відповідного порядку є незначущим.

$$\hat{A}^c = -0,0898 \cdot h^2 + 2,3915 \cdot h + 18,015. \quad (6)$$

Отриманий діапазон зміни зольності покладів $A^{\text{н}} = 20...33\%$ дозволяє віднести їх саме до органічного типу та вказує на особливу їх цінність для сільськогосподарського виробництва.

Низька зольність досліджуваних покладів зумовлена особливістю їх утворення, тобто, умовами, в яких проходить процес відмирання рослинного та тваринного світу. Результати досліджень збігаються із твердженнями А.Я. Рубінштейна [12], згідно з якими в малих водоймах через нестачу кисню відбувається неповний розклад органічної речовини, що відкладається на дні водойми із відмерлих організмів та рослин, тому утворюються саме малозольні поклади.

Об'ємна маса сапропелю є визначальною характеристикою під час технологічних розрахунках запасів сировини у родовищі та встановленні продуктивності пристроїв для його добування. Тому було проведено дослідження даного показника.

Визначення об'ємної маси проводили з використанням мірної посудини, об'єм якої попередньо визначали через об'єм води, що вона вміщує.

Під час визначення об'ємної маси бюкси встановлювали на горизонтальну поверхню та наповнювали їх досліджуваним зразком сапропелю. Завантаження припиняли, коли об'єм бюксу був заповнений більше ніж на 100%. Далі за допомогою леза зрізали надлишок досліджуваного матеріалу та вирівнювали його поверхню. Матеріал, що залишився у посудині важили з точністю до 0,01 г і визначали його об'ємну масу за формулою:

$$\gamma_0 = \frac{m - m_0}{V}, \quad (7)$$

де γ_0 – об'ємна маса, кг/м³; m – маса посудини з матеріалом, кг; m_0 – маса порожньої посудини, кг; V – внутрішній об'єм посудини, м³.

Для зменшення похибки отриманих результатів, досліди проводили із чотирьохкратною повторністю. Середні значення об'ємної маси сапропелю оз. Зяцьке наведено у таблиці, за якими побудована графічна залежність зміни досліджуваного показника відповідно до глибини залягання покладів (рис. 5).

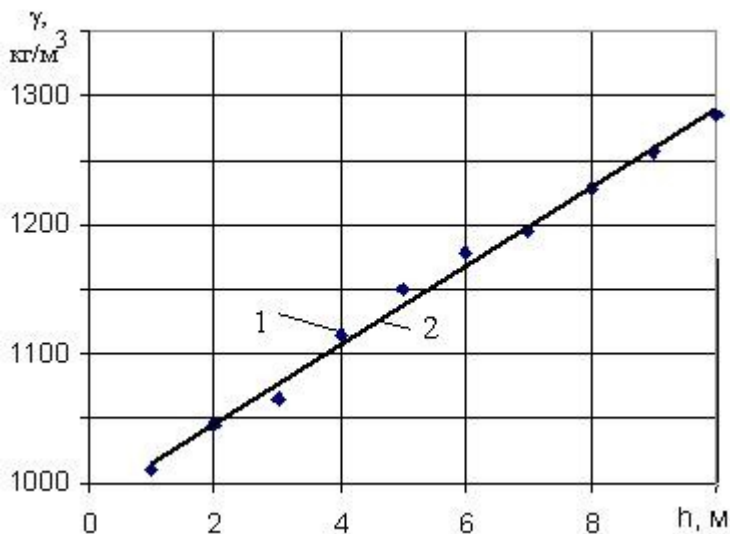


Рис. 5 – Залежність об'ємної маси γ_0 сапропелю оз. Зяцьке від глибини залягання h : 1 – експериментальні точки; 2 – лінійна апроксимація

Таким чином, як і для вологості, так і зольності сапропелю присутня чітка залежність об'ємної маси із глибиною залягання покладів. Але, на відміну від вологості, даний показник з достатньою точністю апроксимується лінійною залежністю:

$$\gamma = 30,449 \cdot h + 985,37. \quad (8)$$

Отже, об'ємна маса сапропелю оз. Зяцьке коливається у межах $\gamma = 1010 \dots 1285$ кг/м^3 , із кожним метром збільшення глибини залягання даний показник зростає приблизно на 30,5 кг/м^3 .

Оскільки, як уже зазначалось раніше, особливу цінність для сільськогосподарського виробництва складає органічна речовина сапропелю, то встановимо, як змінюється вміст у покладах абсолютно сухої органічної речовини за формулою:

$$k(h) = \gamma(h) \cdot \left(1 - \frac{W(h)}{100}\right) \left(1 - \frac{A(h)}{100}\right). \quad (9)$$

А після підстановки у (9) виразів (3), (4) і (8) отримаємо:

$$k(h) = (30,449 \cdot h + 985,37) \cdot \left(1 - \frac{0,128 \cdot h^2 - 2,7211 \cdot h + 99,897}{100} \right) \times \left(1 - \frac{1,4036 \cdot h + 19,991}{100} \right). \quad (10)$$

Для аналізу отриманої залежності побудований графік зміни вмісту абсолютно сухої органічної речовини із глибиною залягання покладів (рис. 6).

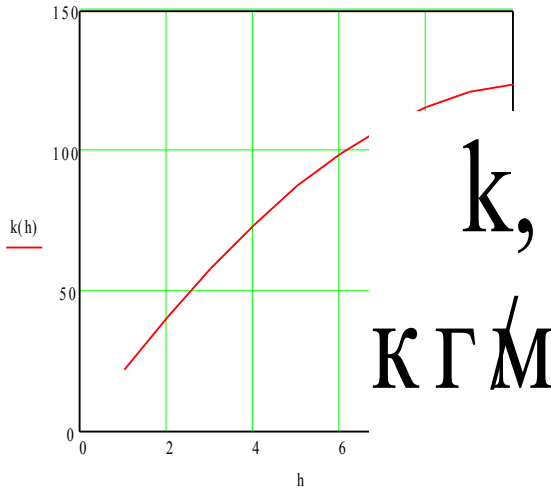


Рис. 6 – Залежності вмісту абсолютно сухої органічної речовини k із глибиною залягання покладів h

Висновок: Таким чином, дослідження фізико-механічних властивостей сапропелю оз. Зяцьке підтвердили їх належність до органічного типу, виявили чіткий вплив глибини залягання на досліджувані показники а також вказують, що найбільш цінні поклади за вмістом органічної речовини знаходяться на глибині понад 5 м. Тому для досягнення максимального ефекту від добутих покладів слід починати їх розробку із шарів які знаходяться у межах глибин 4...5 м.

Література

1. Лопотко М.З. Сапропели БССР, их добыча и использование / М.З. Лопотко. – Мн.: Наука и техника, 1974. – 208 с.
2. Химический состав сапропелей Латвийской ССР и характеристика некоторых месторождений / Вимба Б., Лапса Э., Бракш

Н. и др. // Доклады к 8 международному конгрессу почвоведов. – Елгава, 1964. – С. 122-135.

3. Сапропелевые удобрения / [Лопотом. М.З., Евдокимова Г.А., Кузьмицкий П.Л., Букач О М.]; под ред. А.С. Мееровского. – Мн.: Наука и техника, 1983. – 119 с.

4. Лопотко М.З. Сапропели в сельском хозяйстве / М.З. Лопотко, Г.А. Евдокимова, П.Л. Кузьмицкий. – М.: Наука и техника, 1992. – 216 с.

5. Проблемы исследования сапропелей в народном хозяйстве / [И.И. Лиштван, М.З. Лопотко, И.И. Бамбалов и др.]. – Мн.: Наука и техника, 1981 – 192 с.

6. Косаревич И.В. Структурообразование в дисперсиях сапропелей / И.В. Косаревич. – Мн.: Наука и техника, 1990. – 248 с.

7. Хохлов В.И. Применение сапропелей на удобрение / В.И. Хохлов, А.И. Фомин, Н.А. Шилова. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 164 с.

8. Бодак В. І. Розробка і дослідження механізмів для добування сапропелів: дис. ... кандидата техн. наук: 05.20.01 / Бодак Володимир Іванович. – Луцьк, 1996. – 209 с.

9. Булік Ю.В. Обґрунтування процесу і параметрів механізму для добування сапропелю: дис. ... кандидата техн. наук: 05.05.11 / Булік Юрій Володимирович. – Луцьк, 2005. – 135 с.

10. Шимчук О.П. Обґрунтування параметрів модуля для добування озерних сапропелів: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11/ Шимчук Олександр Петрович. – Тернопіль, 2009. – 137 с.

11. Шевчук М.Й. Сапропелі України: запаси якості та перспективи використання / М.Й. Шевчук. – Луцьк: Надстир'я, 1996. – 383 с.

12. Рубинштейн А.Я. Интенсивность сапропеленакопления в голоцене на территории СССР / А.Я. Рубинштейн // Исследование торфяных месторождений. – Калинин, 1980. – С. 58-66.

Рецензент д.т.н., проф. Г.А. Хайліс