
**УСАДКА ПОЧАТКОВОЇ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ
ВУГІЛЛЯ: СПОСІБ ВСТАНОВЛЕННЯ
МОРФОЛОГО-ГЕНЕТИЧНИХ ТИПІВ
РОЗЩЕПЛЕНЬ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ ЛЬВІВСЬКО-
ВОЛИНСЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ**

Матрофайло М. М.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-596-9-4>

ВСТУП

Усадка відкладів і кількісна оцінка зменшення потужності осадових порід дозволяє вирішувати цілий ряд наукових і прикладних завдань сучасності. Зокрема, усадка початкової потужності початкової органічної речовини вугілля сприяє палеорекострукції первинної потужності рослинної маси вугільних пластів і безвугільних відкладів на ділянці розщеплення, а відтак встановленню морфолого-генетичної типізації розщеплень вугільних покладів та динаміці формування морфології вугільних пластів і їх розщеплень. Відомо, що під впливом зовнішніх гравітаційних сил, біологічних і геохімічних процесів відбувається зменшення пористості, ущільнення осадових порід і перетворення їх у породи. Літифікація і зменшення потужності, яке при цьому відбувається, спостерігається на різних стадіях перетворення осадових порід, але найбільш інтенсивно вказаний процес проходить при їх діагенезі. Ущільнення й скорочення первинної потужності різних типів осадових порід відбувається по-різному. Так, початковий об'єм конгломератів, пісковиків, алевролітів, вапняків зменшується мало й рівновага в цих осадах досягається при порівняно низькому гравітаційному тиску. Проте, глини найбільше зазнають впливу сил стиску.

На утворення вугільних басейнів, геологічної будови, певних властивостей порід, сучасного обрис морфології вугільних пластів, зокрема на формування їх розщеплень, впливають різні за масштабом і проявом фактори, які діють від часу їх зародження. Цьому присвячено багато наукових публікацій. Зокрема, на утворення відкладів карбону і покладів вугілля, ступінь його метаморфізму і газоносність вугленосних

товщ впливають глобальні геодинамічні процеси завдяки яким формуються різні типи басейнів і визначається історія їх розвитку^{1,2}.

На геологічну будову, властивості порід і формування морфології вугільних пластів вугленосних товщ значний вплив має конседиментаційні геодинамічні і тектонічні дислокації різного типу і генезису. У роботі³ описано ряд розщеплень вугільних пластів Ессенерських і Хорстерських шарів (вестфальський період В) вугільної шахти Проспер та Бохумерських і Віттенерських шарів (вестфальський період А) вугільної шахти Фрідріха Генріха у західній частині Нижньорейнсько-Вестфальського кам'яновугільного басейну. Зазначається, що на шахті Фрідріх Генріх розщеплення обумовлені сингенетичними та епігенетичними розмивами. Подібних розщеплень на шахті Проспер не спостерігалось. Пласти розщеплюються на 2–4 пачки, утворюючи видовжені жолоби. Вважається, що видовжені западини розщеплень вугільних пластів утворились внаслідок геодинамічних процесів переміщення гірських мас (ймовірно по розломах) на глибині від 1 до 3 км.

Значний вплив на формування вугільних пластів має малоамплітудна розривна тектоніка. Зокрема, у роботі⁴ викладені закономірності розвитку малоамплітудної розривної порушеності у Західному Донбасі та встановлені найбільш ефективні напрямки її прогнозу.

Вплив геотектонічного режиму на утворення характерних властивостей вугілля наведено у роботі⁵. Авторами встановлено, що «зміна кількості мацeralьних груп має закономірний характер. Зменшення кількості мацeralьних груп ліптиніту та інертиніту, на тлі підвищення кількості мацeralьної групи вітриніту, відбувається в напрямку зростання загальної амплітуди й середньої швидкості

¹ Pymonenko L. I., Skopychenko I. M., & Vergelska V. V. Geodynamics of Donets Basin formation. *Tectonics and Stratigraphy*. 2020. № 47. С. 30–42. URL: <http://ts.igs-nas.org.ua/article/view/216109>

² Matrofailo M. Stages of geodynamic development of the Lviv-Volyn Coal Basin. *Geodynamics*. 2023. № 2 (35). С. 33–52. DOI: <https://doi.org/10.23939/jgd2023.02.033>

³ Niemöller B. Flözaufspaltungen in der Grubenfeldern Prosper und Friedrich Heinrich im Westlichen Teil des Niederrheinisch–Westfälischen Steinkolen-gebietes. *Meded. Rijks. Geol. Dienst*. 1981. № 35 (8–14). С. 288–298. URL: <https://eurekamag.com/research/075/492/075492114.php>

⁴ Prykhodchenko V. F., Shashenko O. M., Sdvizhkova O. O., Prykhodchenko O. V. & Pilyugin V. I. Predictability of a small-amplitude disturbance of coal seams in Western Donbas. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020. № 4. С. 24–29. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-4/024>

⁵ Savchuk V. S., Prykhodchenko V. F., Prykhodchenko D. V., & Khomenko N. V. Influence of the geotectonic regime on property formation of coal in the northern edges of the Donetsk basin. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2023. № 5 (12). С. 12–18. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-5/012>

коливальних рухів земної кори під час накопичення вугленосної формації».

Складна геологія, спричинена головним чином тектонічними та гляціотектонічними процесами у буровугільних районах Польщі викладена, зокрема, у дослідженні М. Відери⁶. Встановлено, що тектоніка відігравала домінуючу роль у деформації пластів торфу–бурого вугілля під час їх накопичення. Особливо це стосується глибоких грабенів, де відкладалися найтовщі шари бурого вугілля (наприклад, Белхатув). І навпаки, гляціотектоніка призвела до деформації інших родовищ (наприклад, Сінява) після осадження. Зазначено, що морфологію гляціотектонічних структур важливо враховувати на етапах розвідки та експлуатації таких родовищ бурого вугілля, а також під час планування будівельних проектів у районах сильно перетворених гляціотектонікою.

До вагомих факторів впливу на морфологію покладів вугілля має усадку органічної речовини від торфу до кам'яного вугілля різних стадій метаморфізму на різних етапах геологічного розвитку осадових басейнів. Наприклад, проблема просідання землі, яка пов'язана з накопиченням торфу і його ущільненням, є серйозною загрозою для придатності до життя дельт у всьому світі. Просідання землі внаслідок ущільнення торфу може мати серйозні соціальні наслідки в населених районах, оскільки може зруйнувати будівлі та призвести до затоплення земель^{7,8,9,10}.

Мета даної роботи полягає у дослідженні усадки початкової органічної речовини вугілля в ряді зрілий торф – кам'яне вугілля (Т_{зр} – К), встановленні природи і проведенні морфолого-генетичної типізації розщеплень вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну (ЛВБ).

⁶ Widera M. Tectonic and glaciotectionic deformations in the areas of Polish lignite deposits. *Civil and environmental engineering reports*. 2018. № 28 (1). P. 182–193. DOI: <https://doi.org/10.2478/ceer-2018-0015>

⁷ Van Asselen S., Karssen D., & Stouthamer E. Holocene peat compaction in fluvial lowlands: Implications to subsidence within deltas. *Geophys. Res. Lett.* 2011. № 38, L24401. DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/2011GL049835>

⁸ Stouthamer E., & van Asselen S. Potential of Holocene deltaic sequences for subsidence due to peat compaction. *Proc. IAHS*. 2015. № 372. P. 173–178. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/piahs-372-173-2015>

⁹ Koster K., De Lange G., Harting R., De Heer E., & Middelkoop H. Characterizing void ratio and compressibility of Holocene peat with CPT for assessing coastal–deltaic subsidence. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*. 2018. № 51. P. 21–218. DOI: <https://doi.org/10.1144/qjgegh2017-120>

¹⁰ Widera M. What can be learned about the deposition and compaction of peat from the Miocene lignite seam exposed in the Chłapowo Clif on the Polish coast of the Baltic Sea? *Geology, Geophysics and Environment*. 2019. № 45 (2). P. 111–132. DOI: <http://dx.doi.org/10.7494/geol.2019.45.2.111>

1. Дефініція головних морфологічних термінів

Початкове значення поняття «морфологія» тлумачилось дещо інакше, ніж воно розуміється сучасними дослідниками. Це пов'язано з накопиченням знань, розвитком і народженням нових наук, тобто з науковим прогресом. Поняття морфології як самостійної галузі природознавства, було визначено Й. В. Гете. У своїх незакінчених роботах про морфологію він висловлювався про створення нової науки про організм в притаманній тільки йому формі тіла, яка постійно знаходиться в русі, яка перетворюється і видозмінюється. Вона обґрунтовується як нова самостійна дисципліна і як допоміжна для фізіології наука, яка повинна містити вчення про форму, утворення і перетворення органічних тіл. Проте, науки і в тому числі геологія в цей період лише починали розвиватись.

Сьогодні морфологія є науковим і прикладним напрямом досліджень, який інтенсивно розвивається на різних рівнях в багатьох галузях знань, у тому числі і в геології. Морфологічні дослідження, як і самі науки, у яких їх проводять, відрізняються об'єктом вивчення, який на сучасному етапі пізнання належить як до органічної, так і до неорганічної природи. **«Морфологія** (англ. – morphology; нім. – Morphologie f) – наука про будову та форму речовин, організмів і т. і.» – це сучасне визначення терміну¹¹.

Морфологічний аналіз покладів вугілля – це метод дослідження вугленосних формацій, який характеризує, визначає та надійно оцінює просторово-часові особливості поширення морфологічних показників вугільних пластів (потужності, мінливості потужності, будови, ураженості розмивами і розщепленнями, контурів нульової і промислової потужності тощо), які використовують для вирішення комплексу наукових і прикладних завдань з метою розвитку вугільної промисловості¹². Морфологічний аналіз вугільних пластів є важливим напрямом у вугільній геології, який пояснює походження, утворення сучасної форми і розмірів вугільних пластів та зміни їх параметрів і явищ на площі.

Морфологічний аналіз вугільних пластів як методичний і взаємодоповнювальний аспект формаційного аналізу вугленосних відкладів поряд з палеогеографічними дослідженнями детально

¹¹ Мала гірнича енциклопедія: у 3-х т. / За редакцією В. С. Білецького. Донецьк: Донбас, 2007. Т. 2. 652 с. (С. 159.). URL: https://ia903400.us.archive.org/34/items/t_2_2007/t_2_2007.pdf

¹² Матрофайло М. Дослідження морфології вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Від мінералогії і геогазифікації до геохімії, петрології, геології та геофізики: фундаментальні і прикладні тренди XXI століття» MinGeoIntegration XXI): Збірник праць всеукраїнської конференції, (Київ, 23–25 вересня 2020 р.). Київ, 2020. С. 195–199. URL: http://www.geol.univ.kiev.ua/docs/conf/Mingeo2020_materials.pdf

розкриває і доповнює історію формування, склад, структуру, будову і поширення вугленосної формації як на окремих етапах утворення пластів вугілля, так і вугленосної товщі загалом.

Розщеплення має різні значення в різних науках і контекстах¹³. У вугільній геології, як відомо, «**розщеплення вугільного пласта (покладу)**» (англ. – splitting; нім. – Spaltung f, Flözaufspaltung; Kohlenflözspaltung та ін.) – явище розділення пласта компактної (суцільної) частини на дві або декілька пачок вугілля, відокремлених породними прошарками, зростання потужності яких зумовлює збільшення площі розщеплення і загальної потужності пласта, яке відбувається внаслідок різниці умов осадонагромадження і тектонічних рухів на площі родовища (басейну)».

Розщеплення вугільних пластів належить до характерних морфолого-генетичних особливостей вугленосних формацій і є одним з головних морфоструктурних параметрів покладів вугілля. Закономірно вони спрямовані у бік найбільшого занурення субстрату торфовищ, а також до відкритих водойм, які їх обмежують. Розщеплення вугільного пласта часто супроводжується зменшенням потужності вугільних пачок до втрати їх промислового значення і вклинюванням¹⁴. У певних випадках воно змінюється злиттям відщеплених вугільних пачок утворюючи біфуркацію. Іноді верхні пачки зливаються з нижніми шарами вище залягаючого суміжного вугільного пласта, утворюючи Z-подібне розщеплення. Після розщеплення пласти, які у відповідності з технічними і економічними критеріями мають кондиційну потужність і зольність, набувають самостійного геолого-промислового значення.

Розщеплення відбувається у процесі формування торф'яного покладу і визначено чинниками, які контролюють його утворення. Серед різновидів мінливості морфології вугільних пластів та у послідовності морфологічних змін, розщеплення вугільних пластів займає особливе проміжне положення, оскільки на початку його формування лише частина пласта перекрита осадами, з яких утворюється розщеплювальний породний прошарок. Відтак після утворення верхніх шарів торф'яного покладу та суцільного перекриття торфовища осадами покрівлі, воно набуває свого значення¹⁵.

¹³ Розщеплення // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D1%89%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F> (дата звернення 14.06.2025).

¹⁴ Мала гірнича енциклопедія: у 3-х т. / За редакцією В. С. Білецького. Донецьк: Донбас, 2004. Т. 1. 640 с. (стор. 195). URL: https://ia903404.us.archive.org/0/items/t_1_2004/t_1_2004.pdf

¹⁵ Матрофайло М. М. Різновиди мінливості морфології вугільних пластів кам'яновугільних басейнів. *Збірник наукових праць ІГН НАН України*. 2018. Том 11. С. 32–39. DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2018.150906>

«**Біфуркація**» – термін походить від лат. *bifurcus* – «роздвоєний» і вживається в широкому сенсі для позначення всіляких якісних перебудов чи метаморфоз різних об'єктів при зміні параметрів, від яких вони залежать. Біфуркація (лат. *bis* – двічі, лат. *furca* – вила; англ. – *bifurcation*; нім. – *Bifurkation f, Gabelung*) – роздвоєння»¹⁶. Це один з генетичних типів розщеплень вугільних пластів. Механізм утворення біфуркації вугільного покладу полягає у розділенні суцільного пласта вугілля на дві, три і більше вугільних пачок і їх наступному злитті.

У літературі опубліковано різні типи і класифікації розщеплень. Зокрема, серед них широке розповсюдження мають локальні і регіональні розщеплення. *Локальні* – формуються на невеликій площі, мають здебільшого замкнутий контур і переважно оточені з усіх сторін ділянками суцільного пласта. *Регіональні* – охоплюють значні площі, характеризуються певною направленістю і зростаючою потужністю породного прошарку. Вони незамкнуті і не супроводжуються злиттям розщеплених пачок пластів.

«**Усадка** (англ. – *shrinkage*; нім. – *Senkung f*), загалом, – зменшення об'єму, розмірів, при висиханні, охолодженні, застиганні тощо». «**Усадка порід** (англ. – *ground shrinkage*; нім. – *Schrumpfung f des Gesteins*) – здатність вологих порід зменшувати свій об'єм при висиханні. Величина усадки залежить від кількості та якості глинисто-колоїдних фракцій, що є в породі. Більш глинисті групи дають більшу усадку. Розрізняють лінійну та об'ємну усадку порід»¹⁷. Однак ці поняття характеризують зміну технічного стану сучасних порід. У даній роботі мова йдеться про усадку в процесі літифікації і вуглефікації порід з плінном геологічного часу, а не сучасного.

Актуальність застосування морфологічного аналізу полягає у вирішенні проблем обґрунтування кондиційної вугленосності перспективних для промислового освоєння родовищ, площ і ділянок та глибоких горизонтів кам'яновугільних відкладів з метою подальшого розвитку вугільної промисловості Львівсько-Волинського басейну західного регіону України.

¹⁶ Біфуркація // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Біфуркація>

¹⁷ Мала гірнича енциклопедія: у 3-х т. / [за ред. В. С. Білецького]. Донецьк: Східний видавничий дім, 2013. Т. 3. 644 с. (С. 395). URL: https://dn790002.ca.archive.org/0/items/t_3_2013/t_3_2013.pdf

2. Методика кількісної оцінки усадки порід і дослідження морфолого-генетичних особливостей розщеплень вугільних пластів

Відомо, що під впливом зовнішніх гравітаційних сил і геохімічних процесів відбувається зменшення пористості, ущільнення осадових порід і перетворення їх у породи. Літифікація і зменшення потужності, яке при цьому відбувається, спостерігається на різних стадіях існування осадових порід, але найбільш інтенсивно вказаний процес проходить при їх діагенезі. Ущільнення й скорочення первинної потужності різних типів осадових порід відбувається по-різному. Наприклад, початковий об'єм конгломератів, пісковиків, алевролітів, вапняків зменшується мало й рівновага в цих осадах досягається при порівняно низькому гравітаційному тиску. Проте, глини найбільше зазнають впливу стискаючих сил.

Питання про скорочення потужності початкової материнської речовини вугілля є найбільш складним. При перетворенні у вугілля органічний матеріал зменшується в об'ємі під впливом значного числа чинників: навантаження вище залягаючих порід (гравітаційний тиск) і зменшення пористості; біохімічного розкладання; фізико-хімічних перетворень при метаморфізмі вугілля тощо. На скорочення потужності рослинної маси вугілля значний вплив має початкова вологість торфу до його перекриття осадами, а також вміст у ньому мінеральних домішок (зольність вихідного торфу). Максимальна усадка органічної речовини відбувається при найбільшій його вологості й найменшій зольності.

Кількісну оцінку ущільнення осадових порід багато дослідників визначали розрахунковим способом, спостерігаючи за викопними залишками деревини, конкреціями, смоляними тілами, породними прошарками та ін., а також експериментальними дослідженнями. Подібні дослідження усадки вугілля і порід проводилися й у ЛВБ¹⁸.

Дослідження морфолого-генетичних особливостей розщеплень вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну проводилося автором із застосуванням коефіцієнтів усадки початкової потужності вихідної органічної речовини вугілля і вміщуючих порід за допомогою комплексу методів і підходів, які об'єднані метою всебічного вивчення морфології покладів вугілля. В основу покладено палеотектонічний аналіз відкладів карбону; морфологічний аналіз вугільних пластів; палеорекострукцію первинної потужності рослинної маси пластів вугілля і безвугільних відкладів, які заміщують їх уздовж простягання у зоні розщеплень, з урахуванням коефіцієнтів усадки порід

¹⁸ Іванов О. К., Кушнірук В. О., Караваєв В. Я., Бартошинська С. С. Про ступінь ущільнення вугілля і порід Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Доп. АН УРСР. Серія Б.* 1973. № 2. С. 114–117.

в процесі їх літифікації; побудову деталізаційних морфологічних розрізів та реконструкцію утворення розщеплень вугільних пластів з використанням у якості умовного (нульового) горизонту їх підосви. Застосовані положення методики викладені, зокрема, в роботах^{19,20}.

Для визначення коефіцієнта усадки потужності пласта вихідної органічної речовини вугілля в ряді зрілий торф – кам'яне вугілля ($T_{зр} - K$) у Львівсько-Волинському басейні була застосована відома розрахункова методика з урахуванням усадки породного прошарку. Вона ґрунтується на порівнянні товщини вугільних пластів простої суцільної будови з такими сусідніх розрізів, що містять породні прошарки. За ступінь скорочення потужності породного прошарку бралися відповідні йому коефіцієнти скорочення товщини піщано-глинистих відкладів, які найбільш точно відповідають умовам басейну.

Ступінь скорочення потужності вихідної речовини вугілля басейну в ряді зрілий торф–кам'яне вугілля ($T_{зр} - K$) визначався за формулою:

$$k = \frac{c \cdot q}{a - (b - c)} ;$$

де **k** – усадка (ступінь скорочення) потужності покладу; **a** – потужність вугільного пласта (пачки) у перетині без породного прошарку; **b** – потужність вугільного пласта (пачки) у перетині, що містить породний прошарок (прошарки); **c** – потужність породного прошарку (прошарків); **q** – усадка товщини породного прошарку (прошарків).

Слід зазначити, що метод визначення ущільнення піщано-глинистих порід за рослинними рештками у різних вугільних басейнах дає дещо завищені значення результатів, ніж за конкреціями. За даними порівняння метод визначення ущільнення теригенних порід за конкреціями дає більш точні результати. Виходячи з цього і враховуючи значну подібність паралічних вугленосних формацій карбону ЛВБ і Донбасу, для порід ЛВБ прийняті такі коефіцієнти скорочення потужності: пісковиків – 1,2; алевролітів – 1,9; аргілітів – 2,34.

Для дослідження природи і проведення морфолого-генетичної типізації розщеплень вугільних ЛВБ застосовано палеореконструкцію вугленосних відкладів, яка ґрунтується на використанні коефіцієнтів усадки товщини вихідної органічної речовини вугілля і піщано-глинистих відкладів і порівнянні потужностей вихідної органічної

¹⁹ Матрофайло М. Щодо методики морфологічного аналізу вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Вісник Львів. ун-ту. Серія геологічна*. 2016. Вип. 30. С. 159–164. URL: <https://geology.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/01/14-pp159-164.pdf>

²⁰ Матрофайло М. Застосування морфологічного аналізу вугільних пластів у Львівсько-Волинському басейні. *Вісник Львівського університету. Серія геологічна*. 2017. Вип. 31. С. 56–66. URL: <https://journals.lnu.lviv.ua/index.php/geology/article/view/133>

речовини в суцільній частині вугільного пласта і розташованих поряд вугільних пачок у зоні його розщеплення, з врахуванням породних відкладів.

3. Розрахунок коефіцієнта усадки початкової органічної речовини вугілля в ряді торф – кам'яне вугілля

За даними більшості дослідників зменшення об'єму початкової органічної речовини відбувається, головним чином, у результаті скорочення її потужності. При цьому скороченням по горизонталі можна знехтувати, оскільки зменшення об'єму в цьому напрямі складає перші відсотки – ці значення виходять за межі точності розрахунків усадки і несумірні із значними розмірами поширення пласта.

Для визначення ступеня скорочення потужності початкової органічної речовини вугілля Львівсько-Волинського басейну в інтервалі вуглефікації зрілий торф – кам'яне вугілля ($T_{зр}$ – К) використані фактичні дані потужності вугілля і породних прошарків, які розщеплюють вугільні пласти. Величини усадки розраховувались для різних потужностей породних прошарків (до 0,50 м і більше 0,50 м) по чотирьом промисловим вугільним пластам n_7^B , n_8 , n_8^B і n_9 , які відрізняються своєю морфологією (таблиця 1).

З таблиці 1 випливає, що найбільший діапазон значень і їх середнє відповідають вугільним пластам n_7^B , n_8^B і n_9 із складною морфоструктурою, яка змінена в умовах розщеплення. В цілому діапазон скорочення потужності складає 1,5–12. Такі межі коливання усадки обумовлені підвищеною потужністю породного прошарку і нестабільними умовами формування пластів та їх сингенетичними розмивами.

Діапазон значень усадки пласта n_8 значно менший і складає 1,2–7, що вказує на більш стабільні умови накопичення. Таке положення відобразилось і у середніх значеннях усадки: при потужності породного прошарку до 0,50 м середні значення усадки по пластах найменші (3,8; 2,9; 4; 3,4), а при потужності породного прошарку більше 0,50 м – значення збільшуються (7; 10,3; 10,8). Водночас середні значення скорочення потужності по окремих пластах мають дуже малий діапазон коливань 3,9–5,6. В цілому для ЛВБ встановлено, що коефіцієнт усадки потужності висхідної органічної речовини вугілля в інтервалі вуглефікації зрілий торф – кам'яне вугілля в середньому становить 4,8.

Порівнявши встановлене значення ущільнення з даними різних авторів для ЛВБ і інших басейнів, можна дійти висновку про те, що розраховане значення коефіцієнта усадки початкової органічної речовини вугілля максимально наближене до опублікованих раніше значень.

Таблиця 1

**Ступінь скорочення потужності вихідної речовини вугілля
в інтервалі зрілий торф – кам'яне вугілля
у Львівсько-Волинському басейні**

Спосіб визначення усадки	Вугільний пласт	Потужність породного прошарку, м	Коефіцієнт скорочення потужності		
			Межі коливання	Середнє значення	Середнє значення по пласту
За породними прошарками	n_9	до 0,50	1,9–7,8	3,8	4,8
		0,50–0,70	4,4–11,4	7	
	n_8^B	до 0,50	1,5–5	2,9	3,9
		1,20	10,3	10,3	
	n_8	до 0,50	1,2–7	4	4
		0,50–0,70	–	–	
	n_7^B	до 0,50	1,9–8	3,4	5,6
		0,50–0,70	9,5–12	10,8	

4. Морфолого-генетичні особливості розщеплень вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну

Явище розщеплення вугільних пластів поряд з іншими вугільними басейнами виявлено й у ЛВБ. Застосовуючи наведену методику встановлено, що у ЛВБ поширені як атектонічні так і тектонічні розщеплення, переважна більшість яких утворилась внаслідок дії тектонічних процесів, обумовлених нерівномірним прогинанням території торфонагромадження (таблиця 2).

Тектонічні розщеплення утворилися у процесі формування пласта під впливом первинних генетичних факторів, одночасно з нагромадженням вугленосних відкладів, внаслідок конседиментаційних диференційованих тектонічних рухів, які спричиняли опускання і підняття локальних ділянок палеоторф'яників, порушуючи динамічну рівновагу в зоні розщеплення між компенсаційним зростанням потужності шару фітомаси і прогинанням дна торфовища, яке зумовлює підняття рівня води.

Відомо, що припинення росту торф'яної маси і відмирання рослин відбувається, зокрема, у разі збільшення глибини розташування поверхні відкладення органічних осадів, тобто під час опускання дна торфовища, оскільки вища наземна і водна рослинність, з якої утворюється гумусове вугілля, не може існувати нижче певних глибин щодо рівня вод. Вони становлять приблизно 0,5–1,0 м для деревної рослинності і не більше 2–3 м для трав'яних форм. Зі зростанням цих глибин утворюється породний прошарок, який за сприятливих умов перекривається торф'яним шаром, утворюючи розщеплення.

Таблиця 2

Морфолого-генетична типізація розщеплень вугільних пластів

Ознаки розщеплення вугільних пластів	Типи розщеплень	
	Атектонічні	Тектонічні
Реконструйована потужність нерозщепленої і розщепленої частин вугільного пласта	Приблизно однакова	Значно збільшена у зоні розщеплення
Потужність породного прошарку у зоні розщеплення, м	До 1,55	До 9,35
Гradient розщеплення, м/км	0,1–5,6	0,1–28,4
Поширення вуглистих аргілітів у зоні розщеплення	Широке	Обмежене
Конфігурація лінії розщеплення	Переважно овальні	Лінійні хвилясті
Площа зони розщеплення, км ²	0,26–3,9	21,9–112,7

Для тектонічного розщеплення характерне те, що загальна початкова потужність пласта в області розщеплення порівняно з його компактною товщиною зростає у 2–10 і більше разів унаслідок нагромадження осадів, з яких утворюються породні прошарки різного складу і потужності. Поширення й амплітуда всіх регіональних, у тому числі багатьох локальних розщеплень зростає зі збільшенням прояву диференційованих тектонічних рухів.

Тектонічним розщепленням властива набагато більша потужність породного прошарку в зоні розщеплення і значення gradienta розщеплення, значно більша площа поширення, обмежений розвиток вуглистих аргілітів. Контури тектонічних розщеплень мають витягнуту хвилясту форму, а їхня амплітуда – понад 2 м.

На рис. 1 і 2 яскраво відображено складне розщеплення вугільного пласта v_0^3 на території Ковельської площі басейну, де він поширений на ділянках: на півночі – на Шацькій, в центральній частині – на Любомльській і на півдні – на Новинській, яка обмежена Володимир-Волинським розломом. Він складається з двох пластів вугілля робочої потужності $v_0^{3н}$ і $v_0^{3в}$, які у південному і північному напрямках



Рис. 1. Карта морфології вугільного пласта v_0^3 Ковельської вугленосної площі Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну

1 – межа епігенетичного розмиву вугленосної формації, 2 – ізопахіти вугільного пласта, м, 3 – ізогіпси підшви вугільного пласта, м, 4 – контур переважно епіторф'яних розмивів вугільного пласта, 5 – вугільний пласт складної будови (дві і більше вугільних пачки), 6 – контур розщеплення вугільного пласта на різних стратиграфічних рівнях, 7 – розривні тектонічні порушення, 8 – свердловина і її номер, 9 – структура пласта, потужність вугільних пачок і породних прошарків, 10 – буквено-цифровий індекс вугільного пласта, 11 – заболочена приморська низовина, 12 – дельта, 13 – напрямок палеоводотоків, 14 – Ковельська палеогідрографічна система, 15 – межа палеогеографічних зон, 16 – лінія деталізаційного розрізу, 17 – державний кордон.

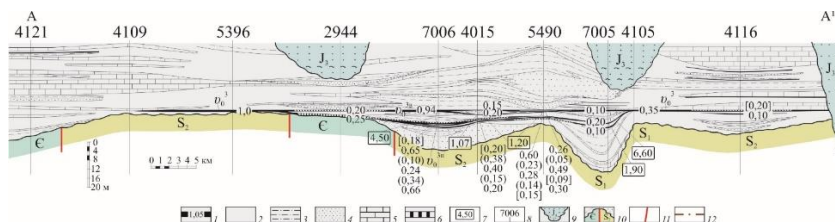


Рис. 2. Морфологічний розрізи вугільного пласта v_0^3 по лінії А–А' Ковельської вугленосної площі Львівсько-Волинського басейну

1 – вугільний пласт і його потужність, 2 – аргіліт, 3 – алевроліт, 4 – пісковик, 5 – вапняк, 6 – вуглистий аргіліт, 7 – потужність породного прошарку розщеплення, 8 – бурова свердловина та її номер, 9 – юрський розмив вугленосної формації, 10 – розмита поверхня кембрійських і силурійських відкладів, які підстиляють вугленосні відклади, 11 – розривні тектонічні порушення, 12 – державний кордон. Розташування лінії розрізу – див. рис. 1.

з'єднуються в один вугільний пласт складної будови. Максимальної загальної потужності він досягає на Любомльській ділянці. Генетичні ознаки його розщеплення полягають у тому, що потужність суцільної компактної частини вугільного пласта до його розщеплення сумірна загальної потужності вугільних пачок (у сусідніх свердловинах), які його складають в зоні розщеплення. Ускладнення їхньої будови та поступове збільшення потужності породного прошарку, який складається аргілітом і зрідка алевролітом, відбувається у напрямку до центру досліджуваної площі. Його найбільша потужність дорівнює 6,60 м (св. 7005). Це характерно також для зміни потужності всієї вугленосної товщі, яка досягає 25–30 м у центрі площі і зменшується у північному і південному напрямках.

Гradient розщеплення в меридіональному напрямку на різних відрізках змінюється від 0,16 до 0,45 м/км, а в середньому – 0,28 м/км. Розщеплення пласта v_0^3 , контури якого простягаються субширотно, відбувається у напрямках з півночі на південь і з півдня на північ на площі 202,7 км², утворюючи складну поетапну (трихразову) біфуркацію. Необхідно відмітити, що фрагменти його контурів на заході площі перетинаються державним кордоном, а на сході разом зі всією кам'яновугільною товщею знищені розмивом вугленосної формації.

Морфологія вугільного пласта v_0^3 і його складових змінена під впливом внутрішньоформаційного і епігенетичного (формаційного) розмиву кам'яновугільних відкладів. Фрагмент внутрішньо-формаційного розмиву, який відноситься переважно до епіторфяних розмивів вугільного пласта, розташовано на Новинській ділянці. Він обумовлений абразійною діяльністю, оскільки в покрівлі пласта залягає вапняк. Його контур направлений за межі ділянки.

Розмив вугленосної товщі на досліджуваній території (епігенетичний розмив вугленосної формації) значно зменшив площу розповсюдження пластів вугілля, промислову вугленосність і, головню, сформував сучасні контури їхньої морфології, які відображають лише частину кам'яновугільних відкладів, які до посткарбонowego розмиву займали значно більшу територію. Сучасна конфігурація границі епігенетичного розмиву є вторинною – денудаційною. Вона простягається субмеридіонально і охоплює всю Ковельську площу. Виходячи із співвідношення поверхні, контуру розмиву і морфології пластів вугілля (їхньої потужності, будови, простягання границь розщеплення і ін.) можна зробити висновок: зруйнована щонайменше частина пласта разом з вугленосною товщею, яка зіставима за об'ємом із збереженою.

Загалом сучасна конфігурація контуру розповсюдження кам'яновугільних відкладів ЛВБ є наслідком виявлення астурійських тектонічних рухів і більш пізнього глибокого доверхньоюрського і доверхньокрейдowego ерозійного і абразійного зрізів. Львівсько-Волинський басейн і, зокрема, Ковельська вугленосна площа складають найбільш піднесену замкнену периферійну частину великого Львівсько-Люблінського прогину, де посткарбонів денудаційні процеси проходили особливо інтенсивно. Це обумовило відсутність у стратиграфічному розрізі відкладів карбону басейну, молодше пізньобашкирських (вестфала А) в його центральній частині і пізньосерпуховських (постіваничівських) на території Ковельської площі.

Промислові вугільні пласти нижньої підформації Львівсько-Волинського басейну формувалися в різних умовах. На півночі басейну в межах Ковельської вугленосної площі промисловий вугільний пласт

ν_0^3 , розташований в нижній частині підформації дуже близько від основи, яка представлена доугленосними відкладами раннього палеозою. Суттєва зміна його морфології визначається специфічними умовами вуглеутворення. До початку формування вугленосних відкладів вивчена площа становила собою заболочену приморську низовину з доволі розчленованим ерозійно-тектонічним рельєфом. Її реконструкція, з використанням при побудові у якості умовного (нульового) горизонту підосви вугільного пласта $\nu_0^{3н}$, показала, що перевищення докарбонового палеорельєфу складає 20 м і більше (рис. 3). В центральній частині території існувало велике (ширина більше 20 км) широтне долиноподібне зниження, де нагромаджувався русловий і заплавний алювій.

Проведенні палеоморфологічні реконструкції показали, що в період формування вугільних пластів $\nu_0^{3н}$ і $\nu_0^{3в}$, а також вапняку V_1 долиноподібне зниження зазнавало більш спадкове опускання, порівняно з сусідніми (північною і південною) більш піднесеними ділянками. Це виявилось не тільки в підвищеній потужності алювію і у цілому вугленосних відкладів, які підстиляють вапняк V_1 , але і в акумулятивно-тектонічному розщепленні вугільного пласта ν_0^3 на два пласта в області палеодолини. Материнська речовина пласта ν_0^3 накопичувалась у палеоторф'яниках, розташованих як в межах великого широтного долиноподібного зниження, так і на північному і південному просторах. Найбільш сприятливі умови для формування палеоторф'яників існували на схилах палеодолини; в меншій ступені – у її центральній частині, яка характеризувалась високим рівнем стояння води, підвищеною гідродинамікою, переміщенням у торф'яники значної кількості теригенного матеріалу, обумовлюючи складну будову вугільних пластів і їхню збільшену зольність. Слабка обводненість і інтенсивне розкладання рослинної маси в аеробних умовах не сприяло утворенню потужних торф'яників на припіднятих ділянках.

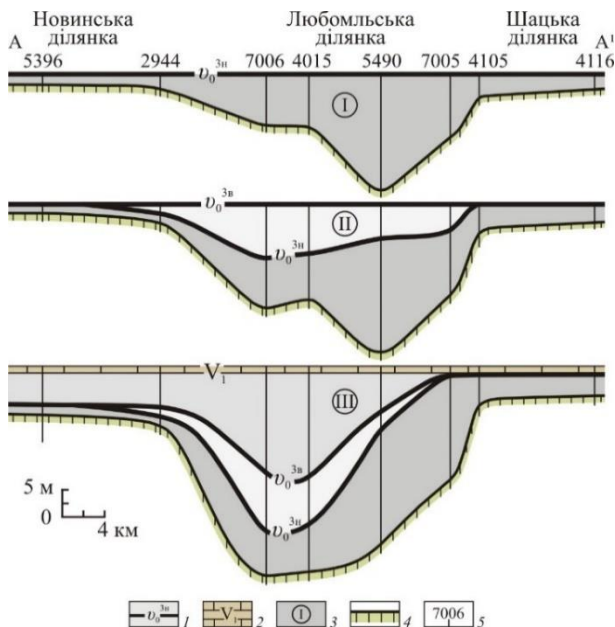


Рис. 3. Реконструкція поетапного формування акумулятивно-тектонічного розщеплення вугільного пласта v_0^3 і поверхні докам'яновугільних відкладів по лінії А–А¹ Ковельської вугленосної площі ЛВБ

1 – вугільний пласт та його синоніміка; 2 – пласт вапняку і його синоніміка; 3 – етапи формування розщеплення: I – формування нижнього вугільного пласта, основи розщеплення; II – утворення породного прошарку розщеплення і верхнього вугільного пласта; III – завершення формування розщеплення і його перекриття породними відкладами та вапняком V_1 ; 4 – поверхня докам'яновугільних відкладів; 5 – бурова свердловина та її номер. Розташування лінії розрізу – див. рис. 1.

Таким чином, у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні встановлено тектонічну залежність між вугленосністю і особливостями довугленосного палеорельєфу у межах його північного продовження, яка проявилася у біфуркації вугільного пласта і ускладненні його будови у напрямку долиноподібного зниження. Такий тип торфонагромадження, який характерний для вугленосної формації давніх платформ, поширений безпосередньо на ерозійній поверхні утворень, які їх підстилають.

У ЛВБ поряд з тектонічними встановлені також атектонічні розщеплення вугільних пластів (рис. 4, 5). Для з'ясування природи атектонічних розщеплень пластів вугілля застосовували наведену методику, яка ґрунтується на палеорекострукції і порівнянні потужностей первинної органічної речовини в суцільній частині вугільного пласта і породних відкладів, розташованих поряд у зоні його розщеплення. Після реконструкції, яка виконана з урахуванням коефіцієнтів ущільнення відкладів, первинна генетична потужність досліджуваного горизонту як правило є сталою, а розщеплення пласта спричинено не тектонічними рухами, а зміною палеогеографічної обстановки.

Їхньою особливістю, на відміну від тектонічних, є близька до постійної первинна потужність нерозщепленої і розщепленої частин вугільного пласта, невелика потужність породного прошарку у зоні розщеплення (до 1,55 м), мале значення градієнту розщеплення (0,1–5,6 м/км), значне поширення у зоні розщеплення вуглистих аргілітів, локальна, переважно замкнена (незамкнена внаслідок епігенетичних розмивів пласта), овальна форма площі розщеплення пласта і невеликі її розміри (0,26–3,9 км²) (див. табл. 2). У таких випадках основними чинниками, які визначають розщеплення пластів, є локальні нерівності ложа палеоторф'яників, а також епізодичне привнесення в область торфонагромадження уламкового матеріалу, з його подальшою неоднорідною усадкою та ущільненням рослинної маси. Останнє підтверджується значним поширенням у зонах розщеплень вуглистих аргілітів, які різні дослідники відносять до фації заливних торф'яних боліт і сапропелевих озер, водойм, які заростають або боліт без торфонагромадження.

За формою і походженням у вугленосній формації ЛВБ переважне поширення має біфуркація пластів вугілля. Вона властива прибережно-морському (прибережно-басейновому) типу вуглеутворення.

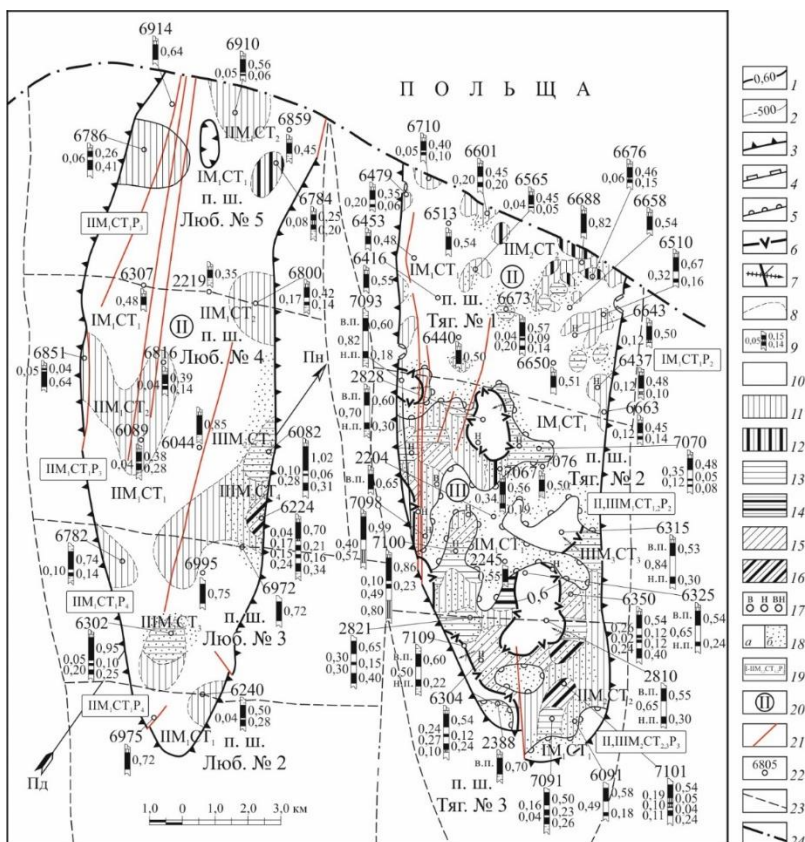


Рис. 4. Карта морфології вугільного пласта № Південно-Західного вугленосного району Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну

1 – ізопахіти пласта, м; 2 – ізогіпси підосви пласта, м; контури: 3 – епігенетичного посткарбонівового розмиву вугленосної формації; 4 – епігенетичного внутрішньоформацийного (переважно епіторф'яного) розмиву вугільного пласта; 5 – передбачуваного виклинювання вугільного пласта, пачки; 6, 7 – розщеплення вугільного пласта, штриховкою зображено, яка вугільна пачка пласта зображена на карті; 8 – зон і ділянок, які відрізняються потужністю і будовою пласта; 9 – структура пласта, потужність вугільних пачок і породних прошарків; площі поширення різної будови пласта: 10 – простої (без породних прошарків – СТ₁); 11 – середньої складності (один породний прошарок – СТ₂); 12 – середньої складності з одним породним прошарком, який

частково або повністю складений вуглистим аргілітом; 13 – складної (два породних прошарки) – СТ₃); 14 – складної з двома породними прошарками, які частково або повністю складені вуглистим аргілітом; 15 – дуже складної (три і більше породних прошарків – СТ₄); 16 – дуже складної з трьома і більше породними прошарками, які представлені вуглистим аргілітом; 17 – розташування вуглих аргілітів: в – в покрівлі вугільного пласта, н – в підшві пласта, вн – в покрівлі і підшві пласта; 18 – мінливість потужності вугільного пласта: а – ділянки з слабкою і середньою мінливістю (простого типу – М₁), б – ділянки з сильною і дуже сильною мінливістю (складного і дуже складного типу – М₂); 19 – буквено-цифровий індекс переважний для шахтопласта; 20 – морфолого-генетичні зони пластів: І – прості (переважно прості) будови, ІІ – неоднорідної складної (“мозаїчної”) будови, ІІІ – розщеплення; 21 – розривні тектонічні порушення; 22 – бурова свердловина і її номер; 23 – технічна межа шахтного поля; 24 – державний кордон.

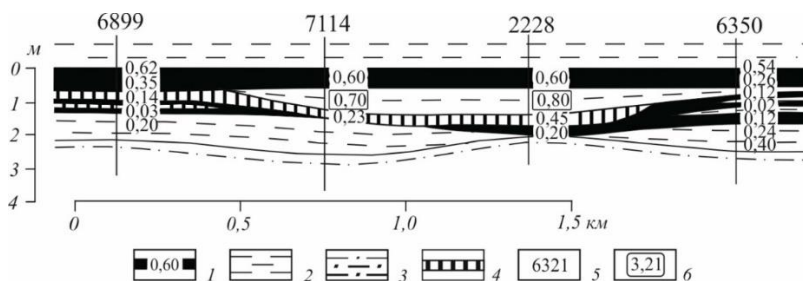


Рис. 5. Деталізований морфологічний розріз розщеплення вугільного пласта № Тягівського родовища Південно-Західного вугленосного району Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну

1 – вугільний пласт і його потужність; 2 – аргіліт; 3 – алевроліт; 4 – вуглистий аргіліт; 5 – номер свердловини; 6 – потужність безвугільних відкладів у зоні розщеплення вугільного пласта.

Територіальний розподіл виділених морфолого-генетичних типів розщеплень вугільних пластів басейну має зональний характер (рис. 6). Атектонічні розщеплення пластів вугілля переважно поширені в менш тектонічно активній зоні (нерозщеплених або слабо розщеплених пластів), розташований у зовнішній частині Львівського палеозойського прогину. Тектонічні розщеплення притаманні тектонічно активнішій зоні (розщеплених та кількаразово розщеплених пластів), яка належить до внутрішньої частини Львівського палеозойського прогину, а також

Ковельській вугленосній площі. Межа між виділеними зонами збігається з Белз-Миятинською зоною насувів і Володимир-Волинським (Північним) розломом.

Характер площинного розподілу різних типів розщеплень слід враховувати при розвідці і розробці вугільних родовищ басейну.



Рис. 6. Територіальний розподіл морфолого-генетичних типів розщеплень вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну

Зони переваги розщеплення пластів: 1 – атектонічних (зона нерозщеплених і слабо розщеплених пластів), 2 – тектонічних (зона головним чином розщеплених пластів); 3, 4 – частини Львівського палеозойського прогину: 3 – зовнішня, 4 – внутрішня; 5 – контур промислової вугленосності (а), поширення карбонових відкладів (б); 6 – розривні тектонічні порушення; 7 – вугільні родовища і площі: I – Волинське, II – Забузьке, III – Межирічанське, IV – Тягівське, V – Любельське, VI – Ковельська вугленосна площа.

ВИСНОВКИ

Розщеплення вугільних пластів Львівсько-Волинського басейну характеризуються більш обмеженим поширенням, а їхня морфологія – менш різноманітна на відміну від інших кам'яновугільних басейнів.

Визначено коефіцієнт усадки потужності пласта початкової органічної речовини в процесі вуглефікації в ряді зрілий торф – кам'яне вугілля Т_{зр} – К, який розраховано для вугільних пластів басейну за методом породних прошарків. У ЛВБ він становить 4,8 і узгоджується з опублікованими раніше величинами усадки, отриманими за допомогою інших методів.

На основі палеорекострукції первинної потужності рослинної маси вугільних пластів і безвугільних відкладів, які заміщують їх уздовж простягання у зоні розщеплень, з урахуванням коефіцієнтів ущільнення порід, у ЛВБ проведено морфолого-генетичну типізацію розщеплень вугільних пластів і виділено тектонічні і атектонічні типи розщеплень.

Встановлено, що переважна більшість розщеплень вугільних пластів басейну утворилась внаслідок дії тектонічних процесів, які обумовлювали нерівномірне прогинання території торфонагромадження. Амплітуда тектонічних розщеплень вугільних пластів становить понад 2 м. Вони є сталою ознакою прояву конседиментаційних тектонічних рухів під час формування вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну.

За формою і походженням у вугленосній формації басейну переважне поширення має біфуркація вугільних пластів, якій властиве розділення суцільного пласта на дві три і більше вугільних пачок.

Територіальний розподіл виділених морфолого-генетичних типів розщеплень вугільних пластів басейну має зональний характер.

Визначену потужність порід, яка розділяє вугільні пласти в разі їх розщеплення, треба враховувати під час підрахунку запасів вугілля басейну і визначення гірничо-геологічних умов експлуатації, оскільки сприятливі основні параметри й оконтурення ділянок розщеплень вугільних пластів забезпечують надійну промислову оцінку та стабільну й ефективну розробку покладів вугілля.

Проведені морфологічні дослідження мають значення для з'ясування особливостей будови й умов формування покладів вугілля вугленосних відкладів Львівсько-Волинського басейну та їх порівняння з іншими типовими карбовоними формаціями й удосконалення методики морфологічного аналізу.

АНОТАЦІЯ

У розділі викладено результати застосування розрахунків усадки потужності початкової органічної речовини вугілля в інтервалі вуглефікації в ряді зрілий торф – кам'яне вугілля ($T_{зр.} - K$) для проведення морфолого-генетичної типізації розщеплень вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Розглянуто особливості формування розщеплень вугільних пластів. В основу проведених досліджень покладено палеотектонічний аналіз відкладів карбону, морфологічний аналіз покладів вугілля; розрахунковий метод кількісної оцінки скорочення потужності органічної речовини при перетворенні її у вугілля під час вуглефікації; палеореконструкцію первинної потужності рослинної маси пластів вугілля і безвугільних відкладів, які заміщують їх уздовж простягання у зоні розщеплень, з урахуванням коефіцієнтів усадки порід в процесі їх літифікації; побудову деталізаційних морфологічних розрізів та реконструкцію динаміки утворення розщеплень вугільних пластів. Визначено коефіцієнт усадки потужності пласта вихідної органічної речовини при перетворенні її у вугілля, який для вугільних пластів басейну становить 4,8. Проведено морфолого-генетичну типізацію розщеплень вугільних басейну. Показано, що особливості морфології вугільних пластів на різних площах басейну залежали, головнo, від змін палеогеографічних (вплив палеогідрографічних систем) і палеотектонічних чинників. Встановлено, що переважна більшість розщеплень вугільних пластів басейну утворилась внаслідок дії тектонічних процесів. За формою і походженням переважне поширення має біфуркація пластів. Викладені результати доповнюють існуючі уявлення про карбонове вугленагромадження на південному заході Східноєвропейської платформи, зокрема про особливості утворення розщеплень вугільних пластів басейну, вдосконалюють методику морфологічного аналізу покладів вугілля і мають значення у вирішенні практичних завдань, пов'язаних з прогнозною оцінкою промислової вугленосності і подальшим розвитком басейну.

Література

1. Pymonenko L. I., Skopychenko I. M., & Vergelska V. V. Geodynamics of Donets Basin formation. *Tectonics and Stratigraphy*. 2020. № 47. С. 30–42. URL: <http://ts.igs-nas.org.ua/article/view/216109>
2. Matrofaïlo M. Stages of geodynamic development of the Lviv-Volyn Coal Basin. *Geodynamics*. 2023. № 2 (35). С. 33–52. DOI: <https://doi.org/10.23939/jgd2023.02.033>
3. Niemöller B. Flözaufspaltungen in der Grubenfeldern Prosper und Friedrich Heinrich im Westlichen Teil des Niederrheinisch–Westfälischen Steinkolen-gebietes. *Meded. Rijks. Geol. Dienst*. 1981. № 35 (8–14). С. 288–298. URL: <https://eurekamag.com/research/075/492/075492114.php>
4. Prykhodchenko V. F., Shashenko O. M., Sdvyzhkova O. O., Prykhodchenko O. V. & Pilyugin V. I. Predictability of a small-amplitude disturbance of coal seams in Western Donbas. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020. № 4. С. 24–29. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-4/024>
5. Savchuk V. S., Prykhodchenko V. F., Prykhodchenko D. V., & Khomenko N. V. Influence of the geotectonic regime on property formation of coal in the northern edges of the Donetsk basin. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2023. № 5 (12). С. 12–18. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-5/012>
6. Widera M. Tectonic and glaciotectionic deformations in the areas of Polish lignite deposits. *Civil and environmental engineering reports*. 2018. № 28 (1). P. 182–193. DOI: <https://doi.org/10.2478/ceer-2018-0015>
7. Van Asselen S., Karssenbergh D., & Stouthamer E. Holocene peat compaction in fluvial lowlands: Implications to subsidence within deltas. *Geophys. Res. Lett.* 2011. № 38, L24401. DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/2011GL049835>
8. Stouthamer E., & van Asselen S. Potential of Holocene deltaic sequences for subsidence due to peat compaction. *Proc. IAHS*. 2015. № 372. P. 173–178. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/piahs-372-173-2015>
9. Koster K., De Lange G., Harting R., De Heer E., & Middelkoop H. Characterizing void ratio and compressibility of Holocene peat with CPT for assessing coastal–deltaic subsidence. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*. 2018. № 51. P. 21–218. DOI: <https://doi.org/10.1144/qjegh2017-120>
10. Widera M. What can be learned about the deposition and compaction of peat from the Miocene lignite seam exposed in the Chłapowo Clif on the Polish coast of the Baltic Sea? *Geology, Geophysics and Environment*. 2019. № 45 (2). P. 111–132. DOI: <http://dx.doi.org/10.7494/geol.2019.45.2.111>
11. Мала гірнича енциклопедія: у 3-х т. / за ред. В. С. Білецького. Донецьк: Донбас, 2007. Т. 2. 652 с. (С. 159.). URL: https://ia903400.us.archive.org/34/items/t_2_2007/t_2_2007.pdf
12. Матрофаïло М. Дослідження морфології вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Від мінералогії і*

геогнозії до геохімії, петрології, геології та геофізики: фундаментальні і прикладні тренди XXI століття» *MinGeoIntegration XXI*): Збірник праць всеукраїнської конференції, (Київ, 23–25 вересня 2020 р.). Київ, 2020. С. 195–199. URL: http://www.geol.univ.kiev.ua/docs/conf/Mingeo2020_materials.pdf

13. Розщеплення // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D1%89%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F> (дата звернення 14.06.2025).

14. Мала гірнича енциклопедія: у 3-х т. / за ред. В. С. Білецького. Донецьк: Донбас, 2004. Т. 1. 640 с. (стор. 195). URL: https://ia903404.us.archive.org/0/items/t_1_2004/t_1_2004.pdf

15. Матрофайло М. М. Різновиди мінливості морфології вугільних пластів кам'яновугільних басейнів. *Збірник наукових праць ІГН НАН України*. 2018. Том 11. С. 32–39. DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2018.150906>

16. Мала гірнича енциклопедія: у 3-х т. / за ред. В. С. Білецького. Донецьк: Східний видавничий дім, 2013. Т. 3. 644 с. (С. 395). URL: https://dn790002.ca.archive.org/0/items/t_3_2013/t_3_2013.pdf

17. Біфуркація // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Біфуркація> (дата звернення 20.06.2025).

18. Іванов О. К., Кушнірук В. О., Караваєв В. Я., Бартошинська Є. С. Про ступінь ущільнення вугілля і порід Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Доп. АН УРСР. Серія Б*. 1973. № 2. С. 114–117.

19. Матрофайло М. Щодо методики морфологічного аналізу вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Вісник Львів. ун-ту. Серія геологічна*. 2016. Вип. 30. С. 159–164. URL: <https://geology.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/01/14-pp159-164.pdf>

20. Матрофайло М. Застосування морфологічного аналізу вугільних пластів у Львівсько-Волинському басейні. *Вісник Львівського університету. Серія геологічна*. 2017. Вип. 31. С. 56–66. URL: <https://journals.lnu.lviv.ua/index.php/geology/article/view/133>

Information about the author:

Matrofaïlo Mykhailo Mykolaïovych,

Candidate of Geology and Mineralogy Sciences,

Senior Research Scientist,

Senior Research Scientist at the Institute of Geology and Geochemistry
of Combustible Minerals of the National Academy of Sciences of Ukraine
3a, Naukova str., Lviv, 79060, Ukraine