

<https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.3.277927>
УДК (553.96:552)(477.87+439)

Вулканізм як важливий фактор формування речовинно-петрографічного складу вугілля

А.В. Іванова*, Л.Б. Зайцева

Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна
E-mail: ariadna.vivanova@gmail.com

*Автор для кореспонденції

На прикладі буровугільних родовищ Вішонта та Ільниця подано порівняльну характеристику геологічних умов формування неогенових вугленосних відкладів Панонського басейну (Угорщина) та Закарпатського прогину (Україна). Метою дослідження було встановити роль вулканізму у формуванні петрографічного складу, якісних показників і геохімічних характеристик вугілля родовища Ільниця. Вперше проведено порівняння геоструктурного та палеогеографічного положення, умов формування та залягання вугільних пластів, петрографічного складу, якості та геохімічних особливостей вугілля об'єктів дослідження з огляду на роль вулканізму в формуванні його речовинно-петрографічного складу. Наукова новизна отриманих результатів полягає в обґрунтуванні зв'язку підвищеного вмісту оксиду натрію та специфічного характеру геохімічного складу рідкісних елементів у бурому вугіллі Ільниці з вулканічними процесами, що відбувалися синхронно із торфонакопиченням. Вивчення геологічних умов формування та речовинно-петрографічного складу одновікового вугілля двох родовищ показало, що практично при однаковому ступені вуглефікації і близьких фаціальних умовах утворення спостерігається помітна відмінність в умовах залягання та характеристиках вугілля. Для родовища Ільниця характерні перешаровування вугільних пластів і вугільних пачок з туфогенним матеріалом. Відмінними особливостями вугілля Ільниці є менший вміст компонентів групи гумініту і краща збереженість їх структури, наявність у складі мінеральних домішок туфогенного матеріалу та опалів, більш висока зольність при меншому обводненні торф'яника, підвищений вміст оксиду натрію, інший характер геохімічного складу рідкісних і розсіяних елементів. Це свідчить про те, що одним з факторів відмінностей вивченого вугілля є вулканізм, який проявлявся на родовищі Ільниця синхронно з торфонакопиченням.

Ключові слова: вулканізм; торфонакопичення; буре вугілля; мікрокомпоненти; пірокластика.

Цитування: Іванова А.В., Зайцева Л.Б. Вулканізм як важливий фактор формування речовинно-петрографічного складу вугілля. *Геологічний журнал*. 2023. № 3 (384). С. 64–78. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.3.277927>

Citation: Ivanova A.V., Zaitseva L.B. 2023. Volcanism as an important factor in the formation of the material-petrographic composition of coal. *Geologičnij žurnal*, 3 (384): 64–78. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.3.277927>

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2023. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

© Publisher Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, 2023. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Вступ

В запропонованій роботі наводиться характеристика геологічних умов формування неогенових вугленосних відкладів, петрографічного та якісного складу бурого вугілля на прикладі родовищ Вішонта (Панонський басейн, Угорщина) та Ільниця (Закарпатський прогин, Україна).

Вивчення бурого вугілля Північної Угорщини було розпочато в 40-і роки ХХ ст. Петрографічні та палінологічні дослідження проводилися з кінця 50-х років (Nagy, 1958; Palfalvy, Rakosi, 1977). З 1987 р. започатковано роботи по реконструкції умов накопичення палеоторфовищ і детальному дослідженню петрографічного складу вугілля в Угорському геологічному інституті (Hamor-Vido, 1992, 1998).

Дослідження петрографії та генезису бурого вугілля родовища Ільниця проводилися з другої половини ХХ ст. (Богданова, 1968, 1975; Вальц, 1968, 1975; Зайцева и др., 2004; Иванова и др., 2004; Иванова, Зайцева, 2005, 2022; Сябряй В. и др., 1969; Сябряй С. и др., 2011; Узиюк, 1965; Хмарский, 1960 та ін.).

Представлені в роботі дослідження мали на меті показати, що виявлені відмінності у петрографічному складі та показниках якості одновікового вугілля цих родовищ є прямим наслідком вулканізму, який проявлявся на Закарпатті синхронно з торфонакопиченням.

Для досягнення цієї мети вперше проведено порівняння геоструктурного та палеогеографічного положення, умов формування та залягання вугільних пластів, петрографічного складу, якості та геохімічних особливостей вугілля об'єктів дослідження з огляду на роль вулканізму в формуванні його речовинно-петрографічного складу. Наукова новизна отриманих результатів полягає в обґрунтуванні зв'язку підвищеного вмісту оксиду натрію та специфічного характеру геохімічного складу рідкісних елементів у бурому вугіллі Ільниці з вулканічними процесами, що відбувалися синхронно із торфонакопиченням.

Вуглепетрографічні і вуглехімічні дослідження вугілля проводилися в Інституті геологічних наук НАН України та в Геологічному інституті Угорщини. Геохімічна характеристика вугілля наведена за матеріалами авторів та літературними даними.

Матеріалом для вуглепетрографічних досліджень слугували 36 двосторонні полірованих шліфів і 20 аншліфів бурого вугілля досліджуваних об'єктів. Шліфи вивчалися в прохідному поляризованому світлі на мікроскопі МБИ-6. Вимірювання показника відбиття вітриніту (ПВВ) проводилося у відбитому поляризованому світлі на приладі ПООС-1. Авторами були залучені результати проведеного в Інституті геологічних наук спектрального аналізу 125 проб золи вугілля Ільниці.

При дослідженні вугілля використано сучасні міжнародні класифікації мікрокомпонентів, методика реконструкції умов торфонакопичення за С.Ф.К. Дісселем, методи вітринітової термометрії, вуглепетрографічні, вуглехімічні, геохімічні, аналітичні.

Геоструктурне та палеогеографічне положення, геологія, вугленосність об'єктів дослідження

Родовище Вішонта розташоване в межах Панонського басейну в області зчленування Альпійсько-Карпатсько-Панонського мегаблоку та Середньоугорської лінеаментної зони (Mid-Hungarian Zone), у східному передгір'ї вулканічного масиву Матра (Kovács et al., 2007). Внаслідок Альпійської та Динарської колізій докайнозойський фундамент Панонського басейну являє собою колаж двох основних блоків земної кори – Альпійсько-Карпатсько-Панонського басейну (ALCAPA) та Тисо-Дакійських терейнів (Tisza-Dacia) (Csontos, Vörös, 2004; Kovács et al., 2007; Schmid et al., 2020).

Панонський басейн оточений з півночі та сходу дугою Внутрішніх (Західних) та Зовнішніх Карпат, із заходу та півдня – складчастими системами Альп та Динарид, де розкриваються різновікові донеогенові комплекси (рис. 1).

Закарпатський прогин, у межах якого розташоване родовище Ільниця, на південному заході межує з Панонським масивом та обрамляється складчастими спорудами Внутрішніх Карпат. На північному сході прогин відокремлюється від Складчастих Карпат Закарпатським (Перипенінським) глибинним розломом, на південному заході від Панонського басейну його відділяє Припанонський

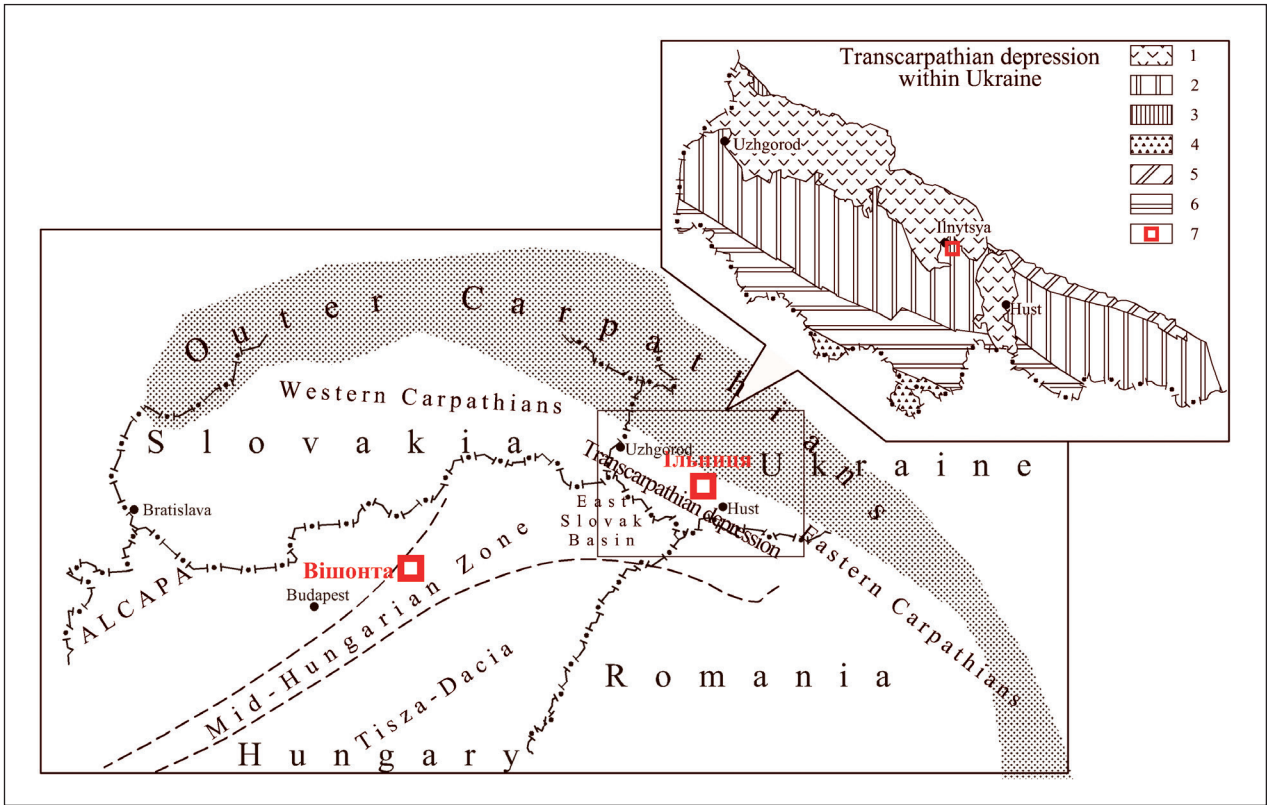


Рис. 1. Геоструктурна позиція родовищ Вішонта та Ільницья (Kovács et al., 2007; Тектоника..., 1988):

1 – Вигорлат-Гутинський вулканічний комплекс; 2 – Центральна зона; 3 – зона Підгалля; 4 – Панонська міжгірська западина; 5 – Крайова зона; 6 – Припанонська зона; 7 – буровугільні родовища

Fig. 1. Geostructural position of the Visonta and Ilnytsia deposits (Kovács et al., 2007; Tectonics..., 1988):

1 – Vygorlat-Hutinsky Volcanic Complex; 2 – Central Zone; 3 – Podhale Zone; 4 – Pannonian Intermountain Depression; 5 – Peripheral Zone; 6 – Near Pannonian zone; 7 – Brown Coal Deposits

глибинний розлом (Тектоника..., 1988). За характером палеогеографічного розвитку неогену Панонський басейн і Закарпатський прогин належать до Центрального Паратетісу (Gozhyk et al., 2015).

До кінця середнього міоцену в Центральному Паратетісі сформувалося мілке солонуватоводне море. Підняття гірських поясів навколо Панонського басейну призвело 11,6–11,3 млн років тому до його відокремлення від решти Центрального Паратетісу та виникнення великого ізольованого Панонського «озера», яке існувало протягом міоцену та пліоцену як внутрішнє солонуватоводне водоймище. В ранньому пліоцені море відступило на південь, звільнивши як Панонський басейн, так і Закарпатський прогин, де залишилися невеликі опріснені озера, вологі алювіальні рівнини та заболочені ділянки (рис. 2) (Elston et al., 1994; Uhrin, Sztanó, 2007; Namor et al., 2013; Horváth et al., 2015).

В Панонському басейні мезозойський фундамент перекритий потужним комплексом вулканогенно-осадових відкладів середнього міоцену, який, в свою чергу, перекривається піщано-глинистими та озерно-болотними відкладами панону (Вадас, 1964). В межах східного передгір'я Матри, яка складена андезитовими вулканітами середнього міоцену, вугленосні утворення верхньої частини панонської товщі представлені прибережними болотними піщано-глинистими відкладами з включеннями туфитів і пластами бурого вугілля (Вадас, 1964; Elston et al., 1994). Прояв андезитового вулканізму в горах Матри завершився в сарматі (15,9 млн років тому) (Namor et al., 2013; Horváth et al., 2015). У верхньопанонських відкладах Угорщини виявлений комплекс фауни, аналогічний фауні прісноводних остракод ільницької світи (Zalanyi, 1955; Буров, Шеремета, 1959). Вугленосні породи у верхній частині

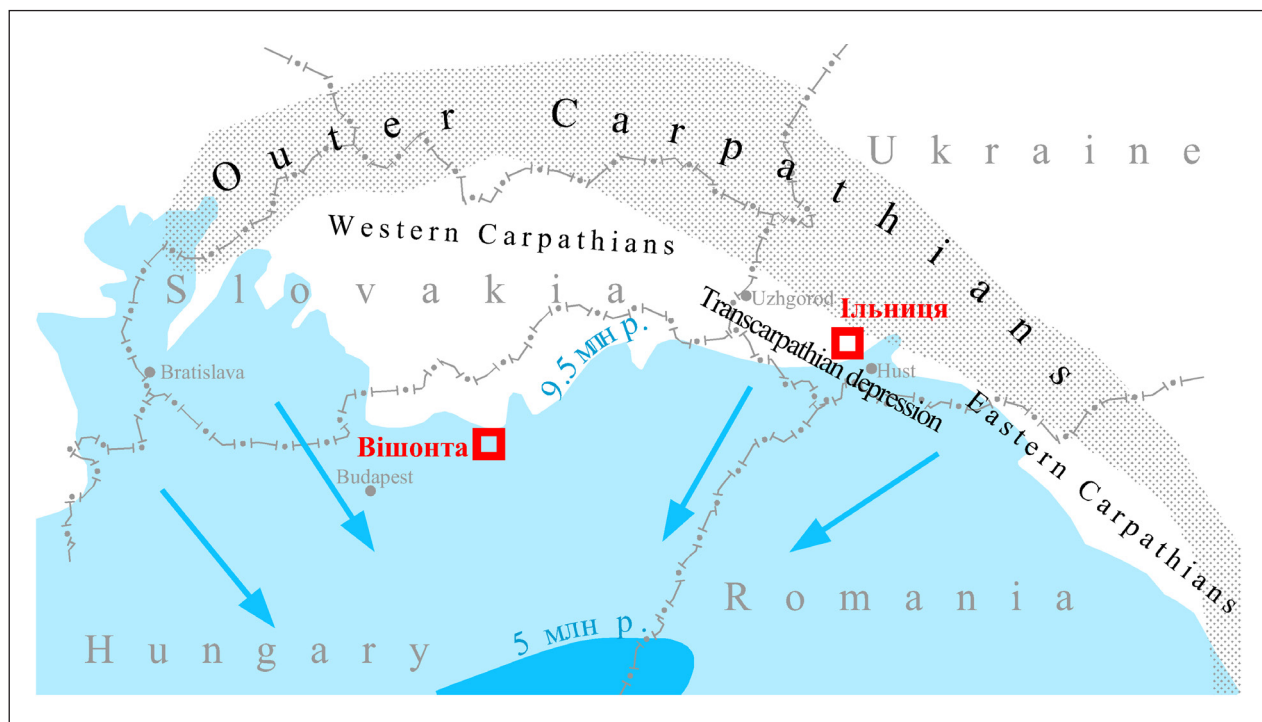


Рис. 2. Положення Панонського моря в пізньому міоцені (9,5 млн років тому) та ранньому пліоцені (5 млн років тому). Стрілками показаний напрямок регресії моря (Uhrin, Sztanó, 2007)

Fig. 2. Position of the Pannonian Sea in the late Miocene (9.5 Ma) and early Pliocene (5 Ma). The arrows indicate the direction of sea regression (Uhrin, Sztanó, 2007)

товщі панонського віку родовища Вішонта відносяться до буровугільної формації Бюккайя (Bukkalja) і мають пліоценовий вік (Elston et al., 1994; Landis et al., 2007). Треба зауважити, що в даному випадку термін «панон» використовується угорськими геологами як такий, що відповідає часу формування всіх відкладів від сармату до початку плейстоцену (Hámor et al., 2013). На рис. 3 наведена стратиграфічна схема кореляції пізньонеогенових відкладів Центрального Паратетису.

Основна частина вугленосних порід родовища Вішонта складається з прісноводних відкладів із чередуванням шарів пухких пісків, глин і бурого вугілля (Landis et al., 2007). На території родовища розвинені від 2 до 7 пластів вугілля робочої потужності (2–15 м), що залягають на глибині 80–120 м (Landis et al., 2007). Вугленосні відклади перекриті галькою андезитів, вулканоміктовими грубозернистими пісками і туфитовими глинами, що є продуктами руйнування товщі андезитових вулканітів, перевідкладених у плейстоцені (Zalanyí, 1955; Освальд и др., 1984; Іванова, Зайцева, 2005; Landis et al., 2007 та ін.).

У Закарпатському прогині складчасто-глибовий мезозойсько-палеогеновий фундамент незгідно перекривається неогеновою моласою потужністю 3,0–3,5 км (Вадас, 1964; Іванова, Зайцева, 2005). Вугленосна товща прогину, що представлена теригенними та вулканогенними породами, накопичувалася протягом близько 10 млн років, починаючи з пізнього сармату і закінчуючи в пізньому пліоцені (Егоров, 1985). На початку міоцену різко активізувався рух земної кори вздовж шовних зон Закарпатського та Припанонського глибинних розломів, до яких була приурочена вулканічна діяльність. Основний і кислий магматизм в ефузивній та інтрузивній формах проявився тут протягом середнього міоцену до пліоцену включно (Круглов и др., 1985). За даними (Кутас, Майцин, 2014), вулканічна Вигорлат-Гутинська гряда, що складена переважно андезитами, а також андезито-базальтами, базальтами, андезито-дацитами, дацитами та їх туфами, сформувалась у пліоцені. Затухання вулканічної діяльності відбулось у кінці пліоцену (Щерба та ін., 2008). В той же час, за даними

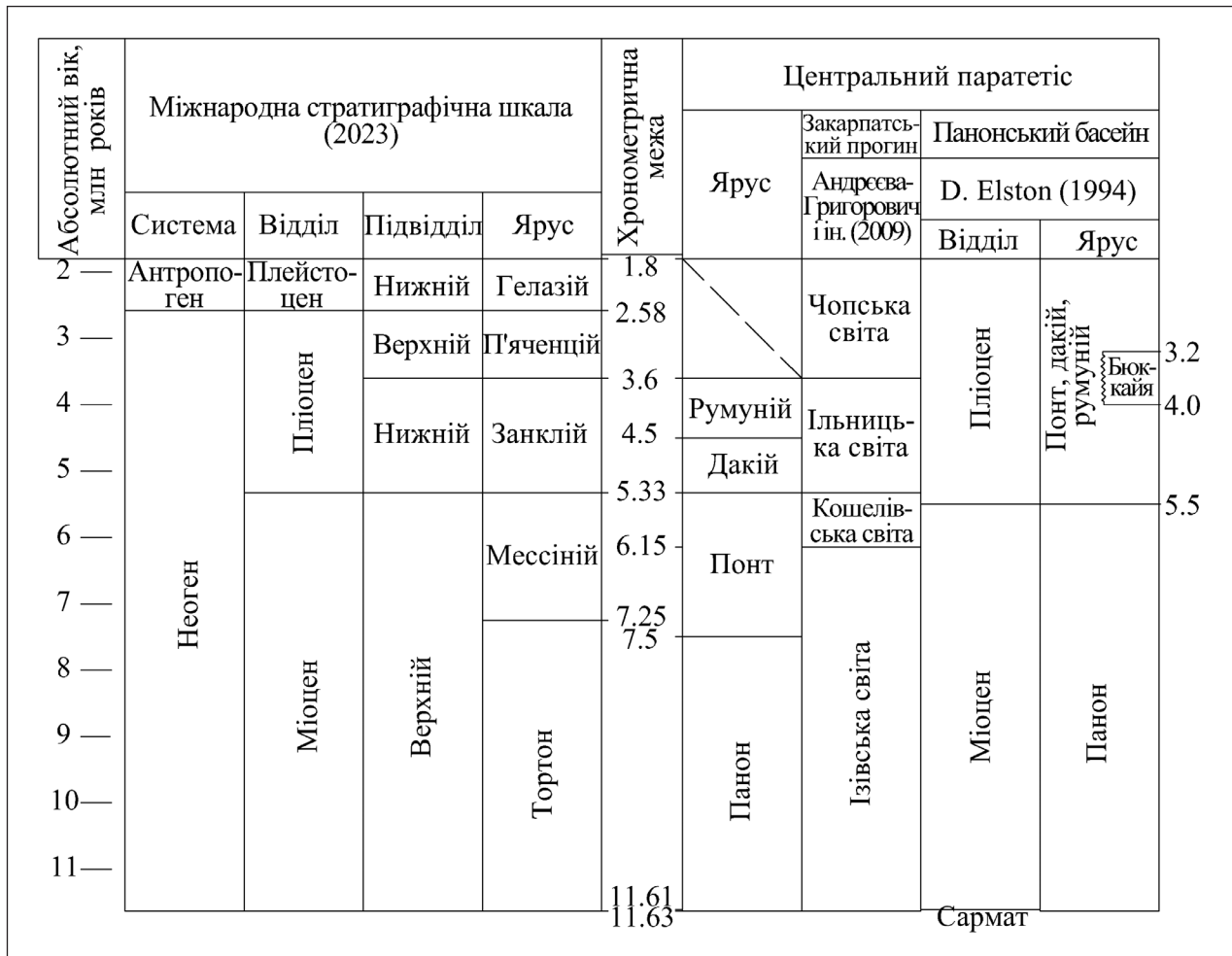


Рис. 3. Стратиграфічна схема верхнього міоцену і пліоцену Закарпатського прогину та Панонського басейну

Fig. 3. Stratigraphic layout of the Upper Miocene and Pliocene in the Transcarpathian depression and Pannonian basin

вимірювання абсолютного віку (Микита, 2014; Приходько та ін., 2020), вулканічні породи гряди датуються $9,1 \pm 1,3 - 13,0 \pm 0,9$ млн років, що відповідає верхам середнього та верхньому міоцену. Згідно з висновками деяких дослідників (Ступка та ін., 2006; Шевчук, Василенко, 2014; Глеваська, 2000), центри вулканізму в межах Вигорлат-Гутинської гряди зміщуються на схід і південний схід. Відповідно зменшується і вік вулканічних порід від 13,0–11,4 млн років на заході до 8,6–5,3 млн років на південному сході, в межах Келіман-Харгітської гряди, що продовжує Вигорлат-Гутинську гряду в межах Угорщини. За даними В.В. Гордієнка (Gordienko, 2017), в зв'язку з магматичною активізацією зони Закарпатського прогину 2–15 млн років тому на глибині 20–25 км формувалися магматичні осередки, які могли давати в верхню частину кори вторинні вторгнення, що живили

вулкани. О.С. Ступка із співавторами (Ступка та ін., 2006) зафіксували наявність еруптивних утворень у вигляді лужних базальтоїдів пізньоміоценового–постпліоценового віку (0,2–11,0 млн років). Тобто під час формування вугленосної ільницької світи пліоценового віку, очевидно, відбувалася вулканічна діяльність.

Родовище Ільниця знаходиться в Ільницькій синкліналі, розташованій у східній частині Чоп-Мукачівської западини, у південно-західному передгір'ї Вигорлат-Гутинського вулканічного хребта (Іванова, Зайцева, 2005). Синкліналь виповнена прісноводними відкладами вугленосної ільницької світи, що підтверджується знахідками численних прісноводних остракод і молюсків (Буров, Шеремета, 1959; Gozhyk et al., 2015). Вугленосні відклади представлені пірокластичними та піщано-глинистими породами. Вони вміщують п'ять

Таблиця 1. Розріз вугільного пласта, розкритого в шахті Вішонта (нульовий горизонт) (Landis et al., 2007)
Table 1. Cross-section of the coal seam exposed in the Visonta mine (zero horizon) (Landis et al., 2007)

№ з/п	Опис порід	Потужність, м	Зольність, %
1	Верхній пласт. Вугілля темно-коричневе, з включеннями лігнітів до 30–35 %	0,80	5,48
2	Вугілля темно-коричневе глинисте, з включеннями лігнітів менше 10 %	0,11	48,55
3	Вугілля темно-коричневе, з включеннями лігнітів до 25–30 %	0,70	16,08
4	Вугілля темно-коричневе глинисте	0,14	49,58
5	Вугілля темно-коричневе, з включеннями лігнітів до 25–30 %	0,81	21,65
6	Аргіліт вуглисті	0,60	52,05
7	Вугілля темно-коричневе, з включеннями лігнітів до 25 %	0,59	15,38
8	Вугілля темно-коричневе глинисте	0,16	44,97
9	Вугілля темно-коричневе, з включеннями лігнітів до 15–20 %	0,64	13,39
10	Вугілля темно-коричневе глинисте	0,17	39,93
11	Вугілля темно-коричневе, з включеннями лігнітів до 15–20 %	0,44	9,42
12	Вугілля темно-коричневе, з включеннями лігнітів до 10 %	0,45	15,70
13	Аргіліт темно-сірий	0,05	–
14	Вугілля темно-коричневе, з включеннями лігнітів до 10 %	0,50	15,70
15	Підшва – аргіліт жовтувато-сірий	0,10	–

Таблиця 2. Розріз 5-го вугільного пласта Ільницького родовища на глибині 95,7–98,0 м (св. бш)
Table 2. Cross-section of the 5th coal seam of the Ilyntsia deposit at a depth of 95.7–98.0 m (well бш)

№ з/п	Опис порід	Потужність, м	Зольність, %
1	Покрівля – алевроліт	–	–
2	Аргіліт вуглисті	0,25	51,59
3	Туфіт слабо вуглисті	0,10	84,84
4	Вугілля темно-коричневе сильно засмічене туфогенно-глинистим матеріалом	0,10	49,13
5	Туфіт слабо вуглисті	0,55	66,38
6	Вугілля темно-коричневе сильно засмічене туфогенно-глинистим матеріалом	0,10	45,71
7	Глина сіра	0,15	85,28
8	Аргіліт вуглисті	1,05	53,99
9	Підшва – туфіт	–	–

вугільних пластів робочої потужності (0,7–3,0 м), що залягають на глибинах від 6,3 до 135,2 м (Сябряй и др., 1969; Іванова, Зайцева, 2005). На відміну від Вішонта вугленосні відклади Ільниці, на думку авторів, формувалися в період активної вулканічної діяльності.

Про це свідчить наявність вулканічного попелу у вугіллі та перешаровування вугільних пластів і вугільних пачок туфогенним матеріалом. Для порівняння умов накопичення торфовищ наведені розрізи вугільних пластів обох родовищ (табл. 1, 2).

Речовинний склад і якість вугілля

Пласти досліджених родовищ представлені гумусовим вугіллям. Вугілля Вішонти бурувато-коричневого й темно-коричневого кольору, масивне, нерідко землисте, матове. Колір вугілля Ільниці змінюється від світло- до темно-коричневого, воно щільне або слабо щільне, рідше землисте, матове і напівматове. Вугілля родовищ характеризується переважаючим вмістом мікрокомпонентів групи гумініту і представлене в основному такими петрографічними типами: гелітами, ліпоідо-гелітами, іноді ліпоідо-фюзиніто-гелітатами.

На родовищі Вішонта вміст гумініту в середньому становить 87 %, в Ільниці – 79 %, мікрокомпонентів групи ліптиніту – відповідно 9 та 14 %, інертиніту – 4 та 7 %. Більш високий вміст мікрокомпонентів групи гумініту та більш низький – ліптиніту та інертиніту у вугіллі Вішонти, скоріше за все, пов'язаний із більшою зволоженістю боліт і в зв'язку з цим дещо іншими, у порівнянні з Ільницею, складом похідної рослинності та умовами перетворення торфу (Зайцева и др., 2004).

У вугіллі Ільницького родовища спостерігається більша кількість структурних мікрокомпонентів групи гумініту (44 %) порівняно з вугіллям Вішонти (34 %). Це свідчить про кращу збереженість рослинного матеріалу ільницького вугілля та підтверджує більш високу швидкість його захоронення через масову загибель рослинності при вулканічних виверженнях.

Мінеральні компоненти вугілля Вішонти найчастіше представлені сульфідами та глинистим матеріалом, Ільниці – сульфідами (піритом), кварцом, опалом, глинистим і туфогенно-глинистим матеріалом (Сябряй та ін., 1969; Зайцева и др., 2004). Наявність туфогенного матеріалу та опалів є характерною особливістю вугілля Ільниці. Опали, переважно світлого кольору, іноді коричневі через забарвлення органікою, трапляються у середній частині вугільного пласта, в його покрівлі, місцями в туфах і туфітах, що перекривають вугільний пласт. Наявність у складі мінеральних домішок туфогенного матеріалу та опалів є наслідком вулканічної та гідротермальної діяльності. Кремниста речовина опалів, що акумулювалась органічною речовиною торфу, при-

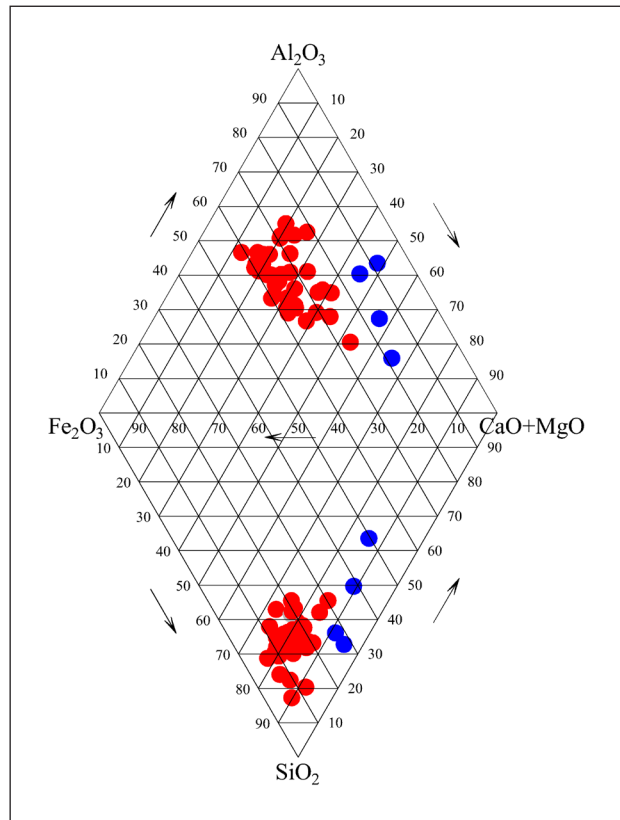


Рис. 4. Хімічний склад золи вугілля родовищ Вішонта (сині маркери) та Ільниці (червоні маркери)

Fig. 4. Diagram of the chemical composition of coal ash in the Visonta (blue marks) and Ilnytsia (red marks) deposits

внесена, можливо, термальними водами з кременистих туфів, туфітів і вивержених порід кислого складу (Сябряй та ін., 1969).

Показники якості вугілля (за середніми значеннями) свідчать, що вугілля Вішонти середньозольне (20,2 %), сірчисте (3,4 %). Вихід легких (65,5 %), вміст вуглецю (66,2 %) та показник відбиття вітриніту (0,27–0,29 %) відповідають бурому вугіллю стадії вуглефікації Б1. Вугілля Ільниці високозольне (27,3 %) та середньосірчисте (1,7 %). Вихід легких (63,2 %), вміст вуглецю (67,0 %) і показник відбиття вітриніту (0,31–0,32 %) відповідають бурому вугіллю стадії вуглефікації Б1 (Іванова и др., 2004; Landis et al., 2007).

Результати хімічних аналізів золи вугілля (рис. 4) свідчать про переважання серед мінеральних домішок у вугіллі Ільниці кремнеземистої складової. Високий вміст оксиду кремнію підтверджується виявленням при мікроскопічному дослідженні у вугіллі кварцу та опалу. У золі вугілля Вішонти простежується

деякий тренд у напрямку карбонатної складової (CaO + MgO), що свідчить про більш високу обводненість торфовищ Вішонти. Оскільки в шліфах не спостерігалися мінерали карбонатів, можна припустити, що кальцій і магній входять до складу сорбційної золи в немінеральній формі.

Вугілля Вішонти містить в золі 0,5–0,9 % оксиду натрію. На відміну від Вішонти, сумарний вміст оксидів лужних металів у золі вугілля Ільниці за середніми значеннями по всіх пластах становить 2,6 %, досягаючи максимального значення 9 % (Іванова и др., 2004). Основна частка від цієї кількості належить натрію, бо калій, який не є вуглефілним елементом, пов'язаний з глинистою складовою та його частка в золі не перевищує 1 %. Тобто за критеріями вмісту натрію вугілля Ільниці належить до солоного. Оскільки вугленосні відклади ільницької світи формувалися в умовах прісноводних водоймищ, натрій в такій кількості міг надходити до торфовищ Ільниці тільки з продуктами вулканічної діяльності (Іванова, 2016).

Геохімічна характеристика вугілля

Джерелом надходження в палеоторфовище Вішонти мікроелементів слугували продукти руйнування вулканічних міоценових порід від кислого до основного складу (Вадас, 1964; Seghedi et al., 2004; Namor et al., 2013) та гідротермальні процеси. У вугіллі Вішонти у кількостях, що за середніми значеннями перевищують кларкові, містяться Pb, Co, Cu, Ga, Mo, Sb, Se, Th, Y, Zr. Такі елементи, як As, Cr, Cs, Hg, Mn, V, Zn, перевищують кларки в 2 рази, Rb, Sc – в 3 рази, Sn – в 5 разів, Nb – в 8 разів (Tewalt et al., 2010). Наявність Co, V, Cr пов'язана, ймовірно, з надходженням до палеоторфовища з теригенною складовою основних та ультраосновних порід, Mo, Y, Sc, Rb, Cs – з продуктами ерозії порід кислого складу. Накопичення Zr і Th могло бути наслідком надходження в палеоторфовище продуктів ерозії кори вивітрювання по кислому субстрату, Mn – по основному субстрату. Надходження до торфовищ As, Zn, Hg, Sb, Sn, Cu, Pb, Se спричинене, можливо, епігенетичними гідротермальними процесами, пов'язаними з утворенням сульфідної мінераліза-

ції. Наявність Ga, а також високий вміст Nb може бути наслідком проникнення до торфовищ термальних вуглекислих вод (Юдович, Кетрис, 2015; Dai et al., 2017).

У вугіллі Ільницького родовища, за нашими та літературними даними (Смирнов, 1969; Іванова и др., 2004), виявлені такі рідкісні елементи, як Ge, V, Y, Yb, вміст яких у золі вугілля за середніми значеннями перевищує кларкові показники. На окремих ділянках вугільних пластів у кількостях вище кларкових спостерігаються Be і Sc. У поодиноких пробах у кількості значно вище кларкових визначено Mo, Sn, Cu, Cr, Co, Ni, Ce, La. Присутність таких елементів, як Ge, Be, Mo, Sn, Cu, Ba, Sc, Y, Yb, Cr, Ce, La, пов'язана з їх надходженням з продуктами виверження кислого складу при синхронному вулканізмі. Накопичення V, Cr, Mn, Co, Ni також могло бути сингенетичним у результаті надходження до торфовища матеріалу виверження основного складу (Юдович, Кетрис, 2005, 2015; Dai et al., 2017). Прояви у вугіллі рідкісних і розсіяних елементів як продуктів виверження підтверджує думку авторів про наявність в межах Закарпатського прогину пліоценового вулканізму.

Генезис вугілля та обговорення одержаних результатів

Алохтонно-автохтонне торфонакопичення як на території Вішонти, так і на території Ільницького родовища відбувалось в умовах розчленованого рельєфу передгір'я і значного перевищення областей зносу над областями накопичення. Зони передгірських рівнин були зайняті болотяним і вологим береговим лісом із змінною границею залежно від ступеня підтоплення водами прісноводних водоймищ (Іванова, Зайцева, 2005).

За даними більшості дослідників-палінологів (Хмарський, 1960; Ильинская, 1968; Рыбакова, 1980; Syabryai, 1997; Сябряй и др., 2011 та ін.), рослинний вихідний матеріал палеоторфовищ Ільниці був представлений частіше покритонасінними листопадними породами. Меншою мірою спостерігалися голонасінні, переважно таксодієві та соснові. У невеликій кількості відзначені спорові рослини. Переважний розвиток мали деревні

форми, рідше траплялися чагарникові та трав'янисті групи, пов'язані з більш вологими умовами. За палінологічними дослідженнями території Вішонти (Zalany, 1955; Nagy, 1958; Сябряй и др., 2011) домінуючими рослинами-торфоутворювачами були голонасінні (таксодієві та соснові), на другому місці – покрито-насінні листопадні породи. Як і в Ільниці, були розвинуті переважно деревні форми. Меншою мірою траплялися чагарникові та трав'янисті водні рослини.

При реконструкції умов торфонакопичення за мікрокомпонентним складом вугілля методом С.Ф.К. Дісселя (Diessel, 1986) були використані два параметри: індекс збереження рослинних тканин TPI (співвідношення вмісту структурних тканин до безструктурних) та індекс геліфікації GI (співвідношення вмісту геліфікованих тканин до фюзенізованих). Отримана діаграма (рис. 5) показує, що при формуванні вугілля як Вішонти, так й Ільниці торфонакопичення відбувалося у вологих і обводнених лісових болотах, в умовах озер, що заростають (лімнічні умови), а також у зоні обводненої прибережної низовини (лімно-гельматичні та гельматичні умови). Як видно на діаграмі, накопичення торфу на території Вішонти відбувалося в умовах більшого обводнення, що проявилось у більш високому вмісті у вугіллі цього родовища компонентів групи гумініту та карбонатної складової золи вугілля.

Аналогічні дані отримані при реконструкції умов торфонакопичення за вуглепетрографічною моделлю, що містить два параметри: вегетаційний індекс (VI), який вказує на тип рослинності, та індекс впливу ґрунтових вод (GWI) (Sen, 2016). Побудована діаграма (рис. 6) свідчить, що при формуванні вугілля як Вішонти, так й Ільниці торфонакопичення відбувалося переважно в умовах прибережної обводненої низовини, озерно-болотної рівнини (лімнічні умови), обводнених і вологих лісових боліт.

Таким чином, при практично однаковому ступені вуглефікації і досить близьких фаціальних умовах торфонакопичення спостерігається помітна відмінність речовинно-петрографічного складу одновікового вугілля обох родовищ.

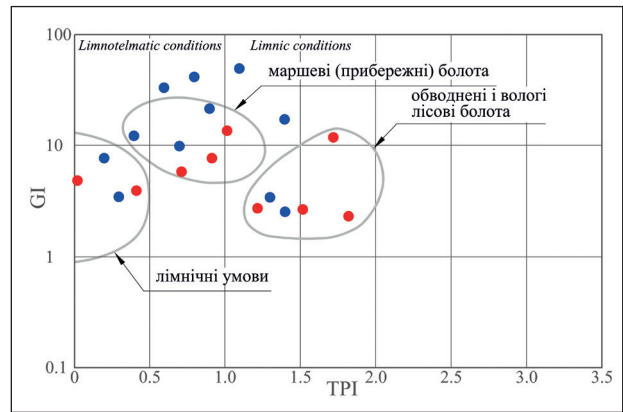


Рис. 5. TPI-GI діаграма умов торфонакопичення родовищ Вішонта (сині маркери) та Ільниця (червоні маркери). TPI – індекс збереження рослинних тканин, GI – індекс геліфікації

Fig. 5. TPI-GI diagram of peat accumulation conditions in the Visonta (blue marks) and Ilnytsia (red marks) deposits. TPI – plant tissue preservation index, GI – gelification index

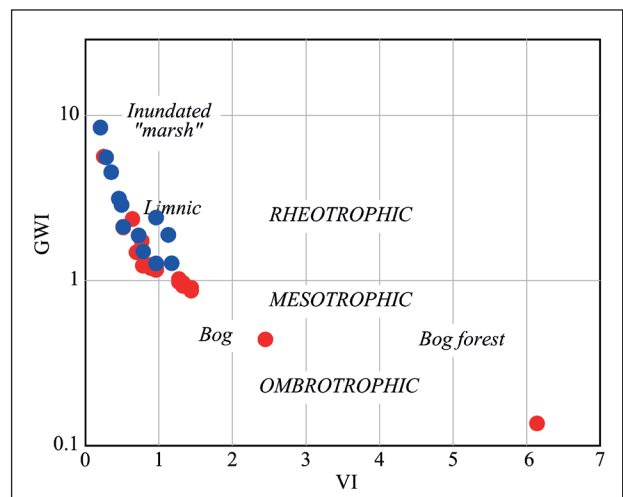


Рис. 6. VI-GWI діаграма умов торфонакопичення родовищ Вішонта (сині маркери) та Ільниця (червоні маркери). VI – вегетаційний індекс, GWI – індекс впливу ґрунтових вод

Fig. 6. VI-GWI diagram of peat accumulation conditions in the Visonta (blue marks) and Ilnytsia (red marks) deposits. VI – vegetation index, GWI – ground water index

Висновки

Вперше проведений порівняльний аналіз умов формування та залягання вугільних пластів, якісного складу та геохімічних особливостей вугілля родовищ, що розташовані в межах Панонського басейну та Закарпатського прогину, з огляду на роль вулканізму у формуванні його речовинно-петрографічного складу. Наукова

новизна отриманих результатів полягає в обґрунтуванні зв'язку підвищеного вмісту оксиду натрію і специфічного характеру геохімічного складу рідкісних елементів у бурому вугіллі Ільниці з вулканічними процесами, що відбувалися синхронно із торфонакопиченням.

Алохтонно-автохтонне торфонакопичення як Вішонти, так й Ільниці відбувалося в умовах розчленованого рельєфу передгір'я і значного перевищення областей зносу над областями накопичення, в близьких фаціальних умовах на прибережній обводненій низовині з прісними водоймами, озерно-болотній рівнині та в зоні обводнених і вологих лісових боліт. Але на території Вішонти накопичення торфу відбувалося в умовах більшого обводнення, що позначилося на більш високому вмісті у вугіллі цього родовища компонентів

групи гумініту, меншому вмісті інертиніту та більш високому вмісті в золі вугілля карбонатної складової.

Перешаровування вугільних пластів і вугільних пачок з туфогенним матеріалом, краща збереженість рослинного матеріалу при практично однаковому ступені вуглефікації, більш висока зольність при меншому обводненні торфовища, наявність у складі мінеральних домішок туфогенного матеріалу та опалів, підвищений вміст оксиду натрію та характер геохімічного складу рідкісних елементів свідчить, що торфонакопичення на родовищі Ільниця, на відміну від Вішонти, супроводжувалось синхронним вулканізмом.

Робота виконана в ІГН НАН України в рамках НДР на тему «Еволюція вугленосних та вуглеводневмісних формацій України» 2019–2023 років (КПКВК 6541030).

Подяки. Автори висловлюють вдячність анонімним рецензентам за приділену увагу та конструктивні зауваження, які дозволили доповнити та значно покращити представлену роботу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Андрєєва-Григорівич А., Пономарьова Л., Приходько М., Семененко В. Стратиграфія неогенових відкладів Закарпатського прогину. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2009. № 2 (147). С. 58–70.
- Богданова М.В. Закономерности изменения бурых углей Украины в процессе углефикации. *Вопросы метаморфизма углей и эпигенеза вмещающих пород*. Ленинград: Наука, 1968. С. 25–36.
- Богданова М.В. Зависимость химической характеристики бурых углей от факторов углеобразования. *Метаморфизм углей и эпигенез вмещающих пород*. Москва: Недра, 1975. С. 29–39.
- Буров В.С., Шеремета В.Г. Верхнеплиоценовые образования Советского Закарпатья. *Изв. вузов. Геология и разведка*. 1959. № 7. С. 50–59.
- Вадас Э. Геология Венгрии. Москва: Мир, 1964. 532 с.
- Вальц И.Э. Первичные и диагенетические изменения микроструктуры растительного материала на торфяной и бурогольной стадиях. *Вопросы метаморфизма углей и эпигенеза вмещающих пород*. Ленинград: Наука, 1968. С. 15–25.
- Вальц И.Э. Петрографические признаки торфов и бурых углей. *Метаморфизм углей и эпигенез вмещающих пород*. Москва: Недра, 1975. С. 17–29.
- Глеваська А.М. Магнітостратиграфія, геохронологія та деякі особливості неогенового магматизму Українських Карпат. *Матеріали наук. конф. «Геологічна наука та освіта в Україні на межі тисячоліть: стан, проблеми, перспективи»*: До 55-річчя геол. ф-ту ЛНУ ім. Івана Франка. Львів, 2000. С. 14.
- Егоров А.И. Угленосные и горючесланцевые формации Европейской части СССР. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1985. 192 с.
- Зайцева Л.Б., Іванова А.В., Хамор-Відо М. Порівняльна характеристика петрографічного складу бурого вугілля неогенових вугленосних формацій України та Угорщини (на прикладі родовищ Ільниця та Вішонта). *Геол. журн.* 2004. № 2 (308). С. 73–79.
- Іванова А.В. Генезис і еволюція солоного вугілля України та проблеми його освоєння. Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Київ: ІГН НАН України, 2016. 40 с.
- Іванова А.В., Зайцева Л.Б. Умови неогенового торфонакопичення в Закарпатському прогині та на Панонському масиві. *Геол. журн.* 2005. № 1 (311). С. 82–88.
- Іванова А.В., Зайцева Л.Б. Вулканізм як важливий фактор формування речовинно-петрографічного складу вугілля. *Геологічна будова та корисні копалини України*: Тез. доп. Всеукр. наук. конф. (Київ, 12–13 жовт. 2022 р.). Київ, 2022. С. 255–259.
- Іванова А.В., Зайцева Л.Б., Хамор-Відо М., Панаї Л. Якість вугілля як індикатор умов торфонакопичення (на прикладі родовищ Ільниця та Вішонта). *Геол. журн.* 2004. № 3 (309). С. 46–51.

- Ильинская И.А. Неогеновая флора Закарпатской области УССР. Ленинград: Наука, 1968. 122 с.
- Круглов С.С., Смирнов С.Е., Спитковская С.М., Фильшинский Л.Е., Хижняков А.В. Геодинамика Карпат. Киев: Наукова думка, 1985. 136 с.
- Кутас Р., Майцин Д. Геотермические условия зон неовулканизма Закарпатского прогиба. *Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Сер. Геологія*. 2014. № 3 (66). С. 39–43.
- Микита М.М. Характеристика вулканічних комплексів Закарпаття. *Фізична географія та геоморфологія*. 2014. Вип. 4 (76). С. 29–37.
- Освальд Д., Селеш Л., Киш Й., Радоц Д., Макраи Л., Немеди-Варга З., Фалуш Г. Угольные бассейны и месторождения Венгерской Народной Республики. *Угольные бассейны и месторождения стран-членов СЭВ и СФРЮ*. Москва: Секретариат СЭВ, 1984. С. 162–193.
- Приходько М.Г., Жабіна Н.М., Богданова М.І. Вигорлат-Гутинське вулканічне пасмо Закарпатського внутрішнього прогину (сучасний аспект). *Геол. журн.* 2020. № 1 (370). С. 34–46. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2020.1.196976>
- Рыбакова Н.О. Состояние палинологической изученности неогеновых отложений Закарпатской области УССР. *Палеонтологические исследования на Украине*. Киев: Наукова думка, 1980. С. 298–309.
- Смирнов Б.И. Особенности накопления акцессорных микроэлементов углями Ильницкого месторождения. *Геология и геохимия горючих ископаемых*. 1969. № 18. С. 71–76.
- Ступка О., Ляшкевич З., Пономарьова Л., Гнилко О., Братусь Л., Ступка Ок., Лемішко О., Кулянда М., Романів Р., Тернавський М., Попова Л. Еволюція Українських Карпат і суміжних областей з позиції регіональної геодинаміки. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2006. № 3–4. С. 58–75.
- Сябряй В.Т., Ємець Т.П., Єфімов В.М. Речовинно-петрографічний склад вугілля верхньої буровугільної формації Ільницького родовища Закарпаття. *Геол. журн.* 1966. Т. 26, № 6 (111). С. 38–48.
- Сябряй В.Т., Сябряй С.В., Дьоменко Д.П. Опали Закарпатської вугленосної площі, генетично пов'язані з буровугільними покладами. *Геол. журн.* 1969. Т. 29, № 6 (129). С. 64–84.
- Сябряй В.Т., Левитский Б.П., Сябряй С.В., Емец Т.П. Вещественный и спорово-пыльцевой состав угленосных формаций геосинклинальной части УССР. Киев: Наукова думка, 1969. 294 с.
- Сябряй С.В. Палинологічне дослідження бурого вугілля Ільницького родовища в Закарпатті. *Укр. ботан. журн.* 1967. Т. 24, № 4. С. 85–91.
- Сябряй С.В., Иванова А.В., Зайцева Л.Б. Сравнительная характеристика углей из верхнеплиоценовых отложений Украины и Венгрии и условия их формирования. *Тектоніка та стратиграфія*. 2011. № 38. С. 78–84.
- Тектоника Украины*: Круглов С.С., Цыпко А.К. (ред.). Москва: Недра, 1988. 253 с.
- Хмарский Н.З. Петрографическая характеристика миоценовых углей Закарпаття и некоторые вопросы их генезиса. *Науч. зап. Днепрпетр. ун-та*. 1960. Вып. 59. С. 163–172.
- Шевчук В.В., Василенко А.Ю. Новая схема геодинамического контроля неогенового магматизма Закарпаття. *Вісн. ОНУ. Сер. Геогр. та геол. науки*. 2014. Т. 19, вип. 4. С. 284–292.
- Щерба О.С., Попп І.Т., Радковець Н.Я. Палеоокеанографічні ситуації седиментації в Закарпатському неогеновому басейні. *Зб. наук. пр. Ін-ту геол. наук НАН України*. 2008. Вип. 1. С. 199–203.
- Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимические и минералогические индикаторы вулканогенных продуктов в осадочной толще. Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2015. 724 с.
- Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 650 с.
- Csontos L., Vörös A. Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2004. No. 1 (210). P. 1–56. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.palaeo.2004.02.033>
- Dai S., Ward C.R., Graham I.T., French D., Hower J.C., Zhao L., Wang X. Altered volcanic ashes in coal and coal bearing sequences: a review of their nature and significance. *Earth Science Reviews*. 2017. Vol. 175. P. 44–74. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.10.005>
- Diessel C.F.K. The correlation between coal facies and depositional environments. In: *Advances in the study of the Sydney Basin (Proc. 20th. Symp.)*. Newcastle: Univ. Newcastle, 1986. P. 19–22.
- Elston D.P., Lantos H., Hamor T. High Resolution Polarity Records and the Stratigraphic and Magnetostratigraphic Correlation of Late Miocene and Pliocene (Pannonian, s.l.) Deposits of Hungary. In: Teleki P.G., Mattick R.E. Kókai J. (Eds.), *Basin analysis in petroleum exploration*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994. P. 111–142.
- Gordienko V.V. Thermal processes, geodynamics, mineral deposit, 2017. URL: <https://ivangord2000.wixsite.com/tectonos> (Дата звернення 31.08.2023)
- Gozhyk P., Semenenko V., Andreeva-Grigorovich A., Maslun N. The correlation of the Neogene of Central and Eastern Paratethys segments of Ukraine with the International Stratigraphic Chart based on planktonic microfossils. *Geologica Carpathica*. 2015. Vol. 66 (3). P. 235–244. <https://doi.org/10.1515/geoca-2015-0022>
- Hamor-Vido M. Reconstruction of peat-forming environments on Miocene brown coal sequences (North Hungary). *Acta Geologica Hungarica*. 1992, Vol. 35 (2). P. 165–175.
- Hamor-Vido M. Historical review of Hungarian coal facies models. In: Hamor-Vido M. (Ed.), *Commission II Coal Facies Working Group White Paper. Spec. Publ. of the International Committee for Coal and Organic Petrology*. 50th ICCP Meeting, 21–26. Sept. 1998, Porto, Portugal, 1998. P. 22–27.
- Hámor G., Áron J., Kovács S., Nagymarosy A., Szederkényi T. Genesis and Evolution of the Pannonian Basin. In: *Geology of Hungary*. Springer: Berlin Heidelberg, 2013. P. 149–200. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-21910-8>

- Horváth F., Musitz B., Balázs A., Végő A., Uhrin A., Nádor A., Koroknai B., Pap N., Tóth T., Wórum G. Evolution of the Pannonian basin and its geothermal resources. *Geothermics*. 2015. Vol. 53. P. 328–352. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2014.07.009>
- Kovács I., Csontos L., Szabó C., Bali E., Falus G., Benedek K., Zajacz Z. Paleogene - early Miocene igneous rocks and geodynamics of the Alpine-Carpathian-Pannonian-Dinaric region: An integrated approach. In: Beccaluva L., Bianchini G., Wilson M. (Eds.), *Cenozoic Volcanism in the Mediterranean Area*. Geological Society of America Special Paper. 2007. Vol. 418. P. 93–112. <https://doi.org/10.1130/SPE418>
- Landis E.R., Rohrbacher T.J., Gluskoter H.J., Fodor B., Gombar G. Quality of selected Hungarian coals. *U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2006-5289*. 2007. 107 p.
- Nagy E. A matraaljai felsopannonian kori barnakoszen palinologiai orzsgalata. *Magyar Állami Földtani Intézet évkönyve*. XLVII. Kötet 1. Budapest: Muszaki Könyvkiadó, 1958. 353 p.
- Palfalvy I., Rakosi L. A visontai lignittelepes öszlet növénymaradványai. *Magyar állami földtani intézet évi Jelentése*. 1977. P. 47–66.
- Seghedi I., Downes H., Szakacs A., Mason P.R.D., Thirlwall M.F., Rosu E., Pecskey Z., Marton E., Panaiotu C. Neogene Quaternary Magmatism and Geodynamics in the Carpathian-Pannonian Region: A Synthesis. *Lithos*, 2004. Vol. 72. P. 117–146. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lithos.2003.08.006>
- Sen S. Review on coal petrographic indices and models and their applicability in paleoenvironmental interpretation. *Geosciences Journal*. 2016. Vol. 20 (5). P. 719–729. <https://doi.org/10.1007/s12303-015-0046-x>
- Syabryai S. Floristic characters of the Upper coal bearing formation in the Transcarpatians. *European Coal Geology and Technology. Geol. Society Spec. Publication*. 1997. No. 125. P. 229–236.
- Tewalt S.J., Belkin H.E., Sanfilipo J.R., Merrill M., Palmer C.A., Warwick P.D., Karlsen A.W., Finkelman R.B., Park A.J. Chemical analyses in the World Coal Quality Inventory. Version 1. *U.S. Geological Survey Open-File Report 2010-1196*. 2010. 7 p.
- Uhrin A., Sztanó O. Reconstruction of Pliocene fluvial channels feeding Lake Pannon (Gödöllő Hills, Hungary). *Geologica Carpathica*. 2007. Vol. 58 (3). P. 291–300.
- Zalányi B. Évaluation stratigraphique des faunes d'Ostracodes. *Rapp. annuel de l'Inst. Géologique de Hongrie sur l'année 1953*. Partie II, 1955. P. 503–528.

Надійшла до редакції 25.05.2023

Прийнята 04.09.2023

REFERENCES

- Andreyeva-Grygorovych A., Ponomaryova L., Prykhodko M., Semenenko V. 2009. Stratigraphy of Neogene deposits of the Transcarpathian Foredeep. *Geology and Geochemistry of Combustible Minerals*, 147 (2): 58–70 (in Ukrainian).
- Bogdanova M.V. 1968. Regularities in the alteration of brown coals in the Ukraine in the course of coalification. In: *Issues of the Metamorphism of Coals and Epigenesis of Host Coals*. Leningrad: Nauka, pp. 25–36 (in Russian).
- Bogdanova M.V. 1975. Dependence of brown coals chemical properties on coal-forming factors. In: *Metamorphism of coals and epigenesis of host rocks*. Moscow: Nedra, pp. 29–39 (in Russian).
- Burov V.S., Sheremeta V.G. 1959. Upper Pliocene formations of the Soviet Transcarpathia. *News of high schools. Geology and Exploration*, 7: 50–59 (in Russian).
- Csontos L., Vörös A. 2004. Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 210 (1): 1–56. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.palaeo.2004.02.033>
- Dai S., Ward C.R., Graham I.T., French D., Hower J.C., Zhao L., Wang X. 2017. Altered volcanic ashes in coal and coal bearing sequences: a review of their nature and significance. *Earth Science Reviews*, 175: 44–74. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.10.005>
- Diessel C.F.K. 1986. The correlation between coal facies and depositional environments. In: *Advances in the study of the Sydney Basin (Proc. 20th. Symp.)*. Newcastle: Univ. Newcastle, pp. 19–22.
- Egorov A.I. 1985. Coal-bearing and combustible shale formations of the European part of the USSR. Rostov-on-Don: Publishing House of the Rostov State University (in Russian).
- Elston D.P., Lantos H., Hamor T. 1994. High Resolution Polarity Records and the Stratigraphic and Magnetostratigraphic Correlation of Late Miocene and Pliocene (Pannonian, s.l.) Deposits of Hungary. In: Teleki P.G., Mattick R.E. Kókai J. (Eds.), *Basin analysis in petroleum exploration*. Dordrecht: Kluwer Academic, pp. 111–142.
- Gordienko V.V. 2017. Thermal processes, geodynamics, mineral deposits. <https://ivangord2000.wixsite.com/tectonos> (Accessed 31.08.2023).
- Gozhyk P., Semenenko V., Andreeva-Grigorovich A., Maslun N. 2015. The correlation of the Neogene of Central and Eastern Paratethys segments of Ukraine with the International Stratigraphic Chart based on planktonic microfossils. *Geologica Carpathica*, 66 (3): 235–244. <https://doi.org/10.1515/geoca-2015-0022>
- Hámor G., Áron J., Kovács S., Nagymarosy A., Szederkényi T. 2013. Genesis and Evolution of the Pannonian Basin. In: *Geology of Hungary*. Springer: Berlin Heidelberg, pp. 149–200. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-21910-8>

- Hamor-Vido M. 1992. Reconstruction of peat-forming environments on Miocene brown coal sequences (North Hungary). *Acta Geologica Hungarica*, 2 (35): 165–175.
- Hamor-Vido M. 1998. Historical review of Hungarian coal facies models. In: Hamor-Vido M. (ed.), *Commission II Coal Fades Working Group White Paper. Spec. Publ. of the International Committee for Coal and Organic Petrology*. 50th ICCP Meeting, 21–26. Sept. 1998, Porto, Portugal, pp. 22–27.
- Hlevaska A.M. 2000. Magnetostratigraphy, geochronology and some features of the Neogene magmatism of the Ukrainian Carpathians. In: *Geological Science and Education in Ukraine on the Threshold of Millennium: State, Problems, Perspectives. On the occasion of the 55th anniversary of the Faculty of Geology of the Lviv National University: Materials of the scientific conference*. Lviv, p. 14 (in Ukrainian).
- Horváth F., Musitz B., Balázs A., Végh A., Uhrin A., Nádor A., Koroknai B., Pap N., Tóth T., Wórum G. 2015. Evolution of the Pannonian basin and its geothermal resources. *Geothermics*, 53: 328–352. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2014.07.009>
- Ilyinskaya I.A. 1968. Neogene flora of the Transcarpathian region of the Ukrainian SSR. Leningrad: Nauka (in Russian).
- Ivanova A.V. 2016. Genesis and evolution of high-chlorine coals of Ukraine and use problems, Abstracts of DSc (Geol.-Miner.) Dissertation. Kyiv: Publishing House of Institute of Geological Sciences (in Ukrainian).
- Ivanova A.V., Zaitseva L.B. 2005. Conditions of Neogene peat accumulation in the Transcarpathian depression and the Pannonian massif. *Geologičnij žurnal*, 1 (311): 82–88 (in Ukrainian).
- Ivanova A.V., Zaitseva L.B. 2022. Volcanism as an important factor in the formation of the material-petrographic composition of coals. In: *Geological structure and mineral deposits of Ukraine*, All-Ukrainian Scientific Conference Abstract. Kyiv, pp. 255–259 (in Ukrainian).
- Ivanova A.V., Zaitseva L.B., Hamor-Vido M., Papai L. 2004. Coal quality as an indicator of peat accumulation conditions (on the example of Ilyntsia and Vishonta deposits). *Geologičnij žurnal*, 3 (309): 46–51 (in Ukrainian).
- Khmarsky N.Z. 1960. Petrographic characterisation of the Miocene coals of Transcarpathia and some questions of their genesis. *Scientific notes of Dnepropetrovsk University*, 59: 163–172 (in Russian).
- Kovács I., Csontos L., Szabó C., Bali E., Falus G., Benedek K., Zajacz Z. 2007. Paleogene - early Miocene igneous rocks and geodynamics of the Alpine-Carpathian-Pannonian-Dinaric region: An integrated approach. In: Beccaluva L., Bianchini G., Wilson M. (Eds.), *Cenozoic Volcanism in the Mediterranean Area*. Geological Society of America Special Paper, 418: 93–112. <https://doi.org/10.1130/SPE418>
- Kruglov S.S., Smirnov S.E., Spitkovskaya S.M., Filshtinsky L.E., Khizhnyakov A.V. 1985. Geodynamics of the Carpathians. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Kutas P., Majcin D. 2014. Geothermal conditions of volcanism zones in Transcarpathian depression. *Bulletin of the Taras Shevchenko Nat. Univ. of Kyiv. Geology*, 66 (3): 39–43 (in Russian).
- Landis E.R., Rohrbacher T.J., Gluskoter H.J., Fodor B., Gombar G. 2007. Quality of selected Hungarian coals. *U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2006-5289*.
- Mykyta M.M. 2014. Characteristics of volcanic complexes in Transcarpathia. *Physical Geography and Geomorphology*, 76 (4): 26–34 (in Ukrainian).
- Nagy E. 1958. A matraaljai felsopannonian kori barnakoszen palinologiai orzsgalata. *Magyar Állami Földtani Intézet évkönyve*. XLYII. Kotet 1. Budapest: Muszaki Könyvkiadó. (in Hungarian).
- Oswald D., Seles L., Kish J., Radoc D., Makrai L., Nemedi-Varga Z., Falush G. 1984. Coal basins and deposits of the Hungarian People's Republic. Coal basins and deposits of the CMEA member countries and the SFRY. Moscow: CMEA Secretariat, pp. 162–193 (in Russian).
- Palfalvy I., Rakosi L. 1977. A visontai lignittelepes öszlet növénymaradványai. *Magyar állami földtani intézet évi Jelentese*. pp. 47–66 (in Hungarian).
- Prykhodko M.G., Zhabina N.M., Bogdanova M.I. 2020. Vygorlat-Gutin volcanic ridge of Transcarpathian Inner Deep (modern aspect). *Geologičnij žurnal*, 1 (370): 34–46. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2020.1.196976> (in Ukrainian).
- Rybakova N.O. 1980. State of palynological knowledge of Neogene deposits in the Transcarpathian region of the Ukrainian SSR. In: *Paleontological research in Ukraine*. Kyiv: Naukova Dumka, pp. 298–309 (in Russian).
- Seghedi I., Downes H., Szakacs A., Mason P.R.D., Thirlwall M.F., Rosu E., Pecskay Z., Marton E., Panaiotu C. 2004. Neogene Quaternary Magmatism and Geodynamics in the Carpathian-Pannonian Region: A Synthesis. *Lithos*, 72: 117–146. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lithos.2003.08.006>
- Sen S. 2016. Review on coal petrographic indices and models and their applicability in paleoenvironmental interpretation. *Geosciences Journal*, 20: 719–729. <https://doi.org/10.1007/s12303-015-0046-x>
- Shcherba O.S., Popp I.T., Radkovets N.Y. 2008. Paleoceanographical conditions of sedimentation in the Transcarpathian Neogene basin. *Collection of Scientific Works of the Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine*, 1: 199–203 (in Ukrainian).
- Shevchuk V.V., Vasylenko A.U. 2014. The new geodynamic control scheme of the Neogene Volcanism in Transcarpathia. *Odesa National University herald. Geography and Geology*, 19 (4): 284–292 (in Russian).
- Smirnov B.I. 1969. Peculiarities of accessory microelements accumulation by coals of the Ilnitsa deposit. *Geology and geochemistry of fossil fuels*, 18: 71–76 (in Russian).

- Stupka O., Lyashkevich Z., Ponomaryova L., Hnylko O., Bratus L., Stupka Ok., Lemishko O., Kulyanda M., Romaniv R., Ternavskiy M., Popova L. 2006. Evolution of the Ukrainian Carpathians and adjacent regions from regional geodynamics positions. *Geology and geochemistry of fossil fuels*, 3–4: 58–75 (in Ukrainian).
- Syabryai S. 1997. Floristic characters of the Upper coal bearing formation in the Transcarpathians. *European Coal Geology and Technology. Geol. Society Spec. Publication*, 125: 229–236.
- Syabryai V.T., Syabryai S.V., Dyomenko D.P. 1969. Opals of the Transcarpathian coal-bearing area, genetically related to brown coal deposits. *Geologičnij žurnal*, 29, 6 (129): 64–84 (in Ukrainian).
- Syabryai V.T., Yemets T.P., Yefimov V.M. 1966. Substance and petrographic composition of the coal of the upper brown coal formation of the Ilnytsa deposit in Transcarpathia. *Geologičnij žurnal*, 26, 6 (111): 38–48 (in Ukrainian).
- Syabryay S.V. 1967. Palynological study of brown coal of Ilnytsia deposit in Transcarpathia. *Ukrainian Botanical Journal*, 24 (4): 8–91 (in Ukrainian).
- Syabryay S.V., Ivanova A.V., Zaitseva L.B. 2011. Comparative characteristics of coals from the Upper Pliocene deposits of Ukraine and Hungary and depositional environments. *Tectonics and stratigraphy*, 38: 78–84 (in Russian).
- Syabryay V.T., Levitsky B.P., Syabryay S.V., Yemets T.P. 1969. Material and spore-pollen composition of coal-bearing formations of the geosynclinal part of the Ukrainian SSR. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Tectonics of Ukraine. 1988. Kruglov S.S., Tsypko A.K. (Eds.). Moscow: Nedra (in Russian).
- Tewalt S.J., Belkin H.E., Sanfilipo J.R., Merrill M., Palmer C.A., Warwick P.D., Karlsen A.W., Finkelman R.B., Park A.J. 2010. Chemical analyses in the World Coal Quality Inventory. Version 1. *U.S. Geological Survey Open-File Report 2010-1196*.
- Uhrin A., Sztanó O. 2007. Reconstruction of Pliocene fluvial channels feeding Lake Pannon (Gödöllő Hills, Hungary). *Geologica Carpathica*, 58 (3): 291–300.
- Vadas E. 1964. The geology of Hungary. Moscow: Mir (in Russian).
- Valts I.E. 1968. Primary and diagenetic alterations of the microtexture of plant material at the peat and brown coal stages. In: *Problems of the Metamorphism of Coals and Epigenesis of Host Coals*, Ivanov, G.A. and Pogrebitskii, E.O. (Eds.). Leningrad: Nauka, pp. 15–25 (in Russian).
- Valts I.E. 1975. Petrographic features of peat and brown coal. In: *Metamorphism of Coals and Epigenesis of Host Rocks*. Moscow: Nedra, pp. 17–29 (in Russian).
- Yudovich Ya.E., Ketris M.P. 2005. Toxic impurity elements in fossil coals. Yekaterinburg: Urals Branch of the Russian Academy of Sciences (in Russian).
- Yudovich Ya.E., Ketris M.P. 2015. Geochemical and mineralogical indicators of volcanogenic products in sedimentary strata. Moscow-Berlin: Direct media (in Russian).
- Zaitseva L.B., Ivanova A.V., Hamor-Vido M. 2004. Comparative characteristic of petrographic composition of brown coals from the Neogene coal-bearing formation of Ukraine and Hungary (after the example of Ilnytsa and Vishonta coal-fields). *Geologičnij žurnal*, 2 (308): 73–79 (in Ukrainian).
- Zalányi B. 1955. Évaluation stratigraphique des faunes d'Ostracodes. *Rapp. annuel de l'Inst. Géologique de Hongrie sur l'année 1953*, Partie II: 503–528.

Received 25.05.2023

Accepted 04.09.2023

Volcanism as an important factor in the formation of the material-petrographic composition of coal

A.V. Ivanova, L.B. Zaitseva

Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

E-mail: ariadna.vivanova@gmail.com

A comparative description of the geological conditions of the formation of the Neogene coal deposits of the Pannonian Basin (Hungary) and the Transcarpathian Depression (Ukraine) is given on the example of the Visonta and Ilnytsia coal deposits. The aim of the study was to determine the role of volcanism in the formation of the petrographic composition, qualitative indicators and geochemical characteristics of the coal of the Ilnytsia deposit. For the first time, a comparative analysis of the conditions of formation and occurrence of coal seams, qualitative composition and geochemical characteristics of coal deposits located in the Pannonian Basin and the Transcarpathian Depression was carried out with regard to the role of volcanism in the formation of their material and petrographic composition. The scientific novelty of the obtained results lies in the substantiation of the connection between the facts of the increased content of sodium oxide and the specific nature of the geochemical composition of rare elements in the Ilnytsa brown coal with the volcanic processes that occurred simultaneously with the peat accumulation. The study of the geological conditions of formation and the material and petrographic composition of coal of the same age from two deposits showed that with practically the same degree of coalification and similar facies conditions of formation, there is a noticeable difference in the conditions of occurrence and characteristics of coal. The Ilnytsia deposit is characterized by the alternation of coal seams and

coal beds with tuffaceous material. The peculiarity of the Ilnytsia coal is the lower content of components of the huminite group and better preservation of their structure, the presence of mineral impurities of tuffogenic material and opals in the composition, higher ash content with less watering of the peatland, increased content of sodium oxide, different nature of geochemical composition of rare and scattered elements. This indicates that one of the factors of differences between the studied coals is volcanism, which manifested itself in the Ilnytsia deposit synchronously with peat accumulation.

Keywords: *volcanism; peat accumulation; brown coal; microcomponents; pyroclastics.*