

**ХІМІЧНИЙ СКЛАД, ФІЗИЧНІ І ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВІТРЕНІВ  
ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО БАСЕЙНУ, ЩО УТВОРИЛИСЬ ІЗ ТКАНИН  
РІЗНИХ РОСЛИН**

**В. Узюк, Є. Узюк, І. Шайнога**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, e-mail: zaggeol@franko.lviv.ua*

У гірничих виробках шахти виявлено, макроскопічно вивчено, описано й опробовано рештки стовбурів рослин раннього карбону (фітолейми) з вітринізованими тканинами зовнішньої кори (перидерми) лепідодендронів, ботродендронів, сигілярій, каламітів і деревини стовбурів кордаїтів, які залягали в породах різного складу і фаціальної належності. Проби вітренив 17 фітолейм вивчено комплексом вуглепетрографічних, вуглехімічних і технологічних методів. Виявлений і детально описаний вплив систематичної належності рослин, анатомічної належності вітринізованих тканин їхніх стовбурів, а також петрографічного складу і фаціальних особливостей фітолеймовмісних порід на вміст у вітренах вологи, золи, сірки загальної, вуглецю, водню, летких речовин, на спікливість вітренив, їхню теплоту згорання та показник відбиття. За комплексами отриманих результатів досліджень визначено технологічну марку і групу метаморфізму вітренив кожної проби. Вітрени, що утворились із перидерми лепідодендронів, ботродендронів, сигілярій і каламітів, зачислено до марки Г (газові), групи метаморфізму 1Г, а вітрени із ксилеми деревини стовбурів кордаїтів більш метаморфізовані – марки Ж, групи метаморфізму 1Ж. Ця різниця в технологічній марці та групі метаморфізму зумовлена не різними термодинамічними умовами надр Землі, а систематичною належністю рослин, анатомічними особливостями вітринізованих тканин і літолого-фаціальними особливостями вітреновмісних порід.

*Ключові слова:* вітрен, фітолейма, лепідодендрон, ботродендрон, сигілярія, каламіт, кордаїт, марка, метаморфізм.

Вугілля кам'яновугільного періоду складається із мацералів груп вітриніту, семивітриніту, інертиніту, ліптиніту і мінеральних домішок [8]. Головною складовою частиною вугілля середнього карбону є мацерали групи вітриніту. Середня кількість їх у вугіллі нижнього карбону дещо менша і лише в окремих петрогенетичних типах близька до сумарної кількості мацералів груп інертиніту та ліптиніту. Хімічний склад, фізичні і технологічні властивості кларенового і дюрено-кларенового вугілля зумовлені головно мацералами групи вітриніту, а кларено-дюренового і дюренового – взаємодією мацералів груп вітриніту, семивітриніту, інертиніту і ліптиніту [1, 10]. Вплив мацералів кожної групи ізометаморфного вугілля на показники його якості індивідуальний і залежить від особливостей їхньої анатомічної будови, петрографічного, хімічного складу і технологічних властивостей. Науково обґрунтований прогноз якості вугілля можна робити, лише знаючи показники складу і властивостей кожного мацералу всіх груп або мацералів групи, що значно переважає.

---

Мацерали кожної групи утворились із тканин рослин неоднакової анатомічної належності та різних органів вуглетворних рослин. Кожен орган рослини і його тканини мали індивідуальне фізіологічне призначення в її житті, відповідні йому хімічний склад і фізичні властивості. Тому вони перетворювалися у вугілля з різною швидкістю та інтенсивністю за однакових і тим більше різних умов торф'яного болота і надр Землі. Усі ці генетичні чинники також необхідно враховувати під час вивчення показників якості кожного мацералу всіх груп. Попередні вчені вивчали склад і властивості не кожного окремо взятого мацералу конкретної групи, а лише груп мацералів незалежно від систематичної належності й органів рослин, з тканин яких вони утворились, а також літологічних особливостей осади і порід, що вміщують мацерали [2,4,5–7,9]. Згідно з результатами їхніх досліджень, найбільші адсорбційну здатність до води і вміст вологи мають мацерали групи вітриніту низького ступеня вуглефікації, а найменші – мацерали групи фюзиніту (інертиніту) і ліптиніту. Найбільше мінеральних речовин вміщує більшість фюзенізованих мікрокомпонентів (мацералів групи інертиніту за ГОСТ 9414-74), дещо менше – кутинові (групи ліптиніту) і найменше – геліфіковані мікрокомпоненти (групи вітриніту).

Вміст загальної сірки у вугіллі також несталий: найбільший у мацералах групи інертиніту, найменший – у групі вітриніту і дещо більший у мацералах групи ліптиніту. Вихід летких речовин, навпаки, найменший з мацералів групи інертиніту, середній – з мацералів групи вітриніту, найбільший – з мацералів групи ліптиніту. Беззольний кокс спорового концентрату кізеловського вугілля спечений, сплавлений, не спучений; смоляних тіл ткибульського і далекосхідного газового вугілля сплавлений матовий або блискучий твердий, фюзенізованих мікрокомпонентів Донецького довгополум'яного вугілля – порошок, а мікрокомпонентів групи вітриніту лише частково спечений і сплавлений. Вміст вуглецю найбільший у мацералів групи інертиніту, найменший у групі ліптиніту і дещо більший у мацералах групи вітриніту, а вміст водню, навпаки, найменший у мацералах групи інертиніту, найбільший у мацералах групи ліптиніту і середній у мацералах групи вітриніту.

Наведені вище результати досліджень попередніх учених є значним внеском лише в початкове вирішення проблеми складу і властивостей мацералів, оскільки не враховують низки генетичних чинників і потребують подальшої деталізації та уточнень.

Головною метою досліджень було виявлення впливу систематичної належності рослин, тканин різних їхніх органів, складу і літолого-фаціальних особливостей вмісних порід на петрографічний, хімічний склад, фізичні і технологічні властивості вітринітів. Методами петрографічних і вуглехімічних досліджень вивчено вітриніти 17 фітолейм, що утворились із корових тканин (переважно перидерми) стовбурів вуглетворних рослин, у тому числі лепідодендронів – 3, ботродендронів – 3, сигілярій – 7, каламітів – 2 і ксилеми кордаїтів – 2. Фітолейми цих рослин відібрані в шахті Червоноградській-1 із порід, що вміщують вугільні пласти  $n_7^B$ - $n_8$ , тобто практично в одній точці басейну із досить вузького стратиграфічного інтервалу вугленосної товщі нижнього карбону. Це унеможливило вплив різних термобаричних умов перетворення фітомаси і вугілля на його хімічний склад і технологічні властивості та сприяє виявленню ролі вихідного рослинного матеріалу у формуванні значень їхніх показників.

Вугілля пластів  $n_7^B$ ,  $n_8$  має такі показники складу та якості, відповідно,  $n_7^B/n_8$  % :  $W^a$  – 1,1/1,2,  $A^d$  – 12/5,8,  $S_t^d$  – 2,8/0,76,  $V^{daf}$  – 37,7/34,8,  $R_o$  – 0,74/0,86,  $C_o^{daf}$  – 79/83,1,

$H_o^{daf} - 4,8/5,2$ ,  $(N+O)_o^{daf} - 1,4/1,6$ ,  $y - 12/10$  мм,  $Q^{daf} - 33$ , 289/34,205 МДж/кг. Згідно з чинним ДСТУ – 3472-96, вугілля обох пластів газове марки Г, що однозначно підтверджує те, що перетворення рослинної фітомаси всіх названих вище фітолейм у вугілля відбувалось за однакових термобаричних умов регіонального метаморфізму, а різниця у значеннях показників аналізів зумовлена переважно анатомо-морфологічними і фізіологічними особливостями вихідних вітренутворювальних тканин рослин та літолого-фаціальними особливостями вмісних порід.

Фітолейми залягали у породах різного складу і фаціальної належності, а саме: пісковиках фації піскових осадів річкових русел, алевролітах фації алевролітових осадів заболочених приморських низин, аргілітах фації глинистих осадів заболочених приморських низин, вуглистих аргілітах фації вуглисто-глинистих осадків торф'яних боліт, що замулюються, сапропелітових аргілітах фації сапропелево-глинистих осадів озер. Надалі у порівняльному описі для того, щоб запобігти частим повторенням визначень фацій, називаємо тільки відповідні їм породи. Інформація про хімічний склад, фізичні і технологічні властивості вітренив вивчених фітолейм зіставлена в таблиці й графічно зображена на рис. 1–10. Під час ретельного аналізу результатів комплексних досліджень добре видно, що односпрямованої зміни всіх показників складу і властивостей вітренив від рослини до рослини немає, наявні показники аналізів, що загалом добре вирізняють вітрени, які утворилися з рослин різних типів систематичної належності, немає також однакових результатів аналізів вітренив різних фітолейм одних і тих же родин рослин. Послідовний опис змін кожного показника складу, властивостей вітренив, визначених методами технічного, елементного, вуглепетрографічного аналізів, а також технологічних досліджень спікливості і теплоти згорання наведено нижче.

*Волога аналітична* ( $W^a$ ) змінюється від 1 % в пробі вітрени, що утворився із ксилеми кордаїта, яка залягала в сапропелітовому аргіліті, до 2,6 % у пробі вітрени, який утворився із корових тканин лепідодендрона, що залягали в аргіліті (див. таблицю, рис. 1). Вітрени, які утворилися із корових тканин лепідодендронів, у більшості проб мають більш сталий вміст вологи аналітичної (1,5–1,6 %), ніж вітрени, що утворилися із корових тканин сигілярій (1,2–1,7 %), каламітів (1,6–1,9 %) і ксилеми кордаїтів (1,0–2,1 %). Вплив складу порід на вміст вологи аналітичної найбільше витриманий у фітолеймах кордаїтів. Вітрен із фітолейми *Cordaites* sp. 9, що залягала у сапропелітовому аргіліті, містить 1 %, а вітрен із фітолейми *Cordaites* sp. 1, що залягала в аргіліті, – 2,1 % вологи аналітичної. Вітрен фітолейми *Calamites* sp. 1, що залягала в пісковиках, містить 1,9 %, а фітолейми *Calamites* sp. 2, що залягала в аргіліті, – 1,6 % вологи аналітичної. Аналогічне збільшення вмісту вологи аналітичної у вітрени зі збільшенням розмірів зерен порід, що вміщують фітолейми, зафіксовано і в сигіляріях (1,6 % у вітрени фітолейми *Sigillaria* sp. 7, що залягала в алевроліті, і 1,2 % у вітрени фітолейми *Sigillaria* sp. 17, що залягала в аргіліті). Вітрени із фітолейм *Sigillaria* sp. 1, 4, 9, 11, які залягали у вуглистих аргілітах, мають порівняно стабільний вміст вологи аналітичної (1,5–1,8 %), який у більшості проб близький до вмісту вологи у вітренах, що залягали в аргілітах (1,2–1,7 %). Загалом, на прикладі вивчених фітолейм виявлено тенденцію до збільшення вмісту вологи аналітичної зі збільшенням розмірів зерен порід, що містять фітолейми. Вплив систематичної належності вітренутворювальних рослин на вміст вологи аналітичної виразно виявляється тільки в разі порівняння результатів аналізів проб вітренив, що утворилися із тканин різної анатомічної належності, які складають одні й ті ж органи рослин різних типів і родин.



Склад і властивості вітренив, що утворились із тканин стовбурів рослин  
різної систематичної належності і залягали в різних породах

Но- мер п/п	Порода, що вміщує фітолейму	Номер проби	Вітрентворюю- вальна рослина	Технічний аналіз, %				Характер коксового короляка
				W <sup>a</sup>	A <sup>d</sup>	S <sub>t</sub> <sup>d</sup>	V <sup>dat</sup>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Алевроліт	1064–1089	<i>Lepidodendron</i> sp.1	1,5	10,1	1,75	35,4	Спечений частково сплавлений
2	Аргіліт	689–706	<i>Lepidodendron</i> sp.2	2,6	15,0	7,43	35,5	Спечений не сплавлений
3	Аргіліт	654–672	<i>Lepidodendron</i> sp.3	1,6	4,6	1,66	34,8	Спечений частково сплавлений
4	Алевроліт	729–735	<i>Bothrodendron mi- nutifolium</i>	1,3	10,6	1,80	35,4	Спечений не сплавлений
5	Аргіліт вуглистий	673–688	<i>Bothrodendron</i> sp.5	1,7	15,3	1,58	35,1	Спечений частково сплавлений
6	Аргіліт вуглистий	561–568	<i>Bothrodendron</i> sp.1	1,8	9,1	2,36	34,0	Сплавлений спучений
7	Алевроліт	595–603	<i>Sigillaria</i> sp. 7	1,6	15,4	1,31	34,4	Спечений частково сплавлений
8	Аргіліт вуглистий	864–880	<i>Sigillaria</i> sp. 1	1,5	11,8	2,24	37,6	Сплавлений спучений
9	Аргіліт	1205–1232	<i>Sigillaria (Eusigilla- ria)</i> sp.16	1,7	10,4	2,69	36,8	Спечений не сплавлений
10	Аргіліт	622-643	<i>Sigillaria (Eusigilla- ria)</i> sp.17	1,2	14,0	1,69	34,9	Спечений частково сплавлений
11	Аргіліт вуглистий	11 ф (т)	<i>Sigillaria</i> sp. 11	1,9	6,9	1,94	32,0	Сплавлений спучений
12	Аргіліт вуглистий	839–854	<i>Sigillaria</i> sp. 4	1,6	4,3	1,84	35,6	Сплавлений спучений
13	Аргіліт вуглистий	470–479	<i>Sigillaria</i> sp. 9	1,6	8,3	2,01	36,8	Сплавлений не спучений
14	Пісковик	42ф(ш)17	<i>Calamites</i> sp. 1	1,9	9,3	2,04	34,9	Спечений сплавлений
15	Аргіліт	978–1001	<i>Calamites</i> sp. 2	1,6	16,2	6,15	35,2	Спечений сплавлений
16	Аргіліт сапропелі- товий	448–463	<i>Cordaites</i> sp.9	1,0	5,3	1,58	36,4	Сплавлений спучений
17	Аргіліт	935–973	<i>Cordaites</i> sp.1	2,1	7,2	1,38	30,0	Слабко спечений

Закінчення табл.

Но- мер п/п	Вітренутворювальна рослина	Спикли- вість за ДТА	Індекс Рога	Елементний аналіз, %		Питома теплота згорання, МДж/кг		Показник відбиття вітриніту, R <sub>o</sub> , %	Марка за ДСТУ 3472-96
				C <sub>o</sub> <sup>daf</sup>	H <sub>o</sub> <sup>daf</sup>	аналітич- ної проби, Q <sup>a</sup>	сухого без- зольного палива, Q <sup>daf</sup>		
1	4	10	11	12	13	14	15	16	17
1	<i>Lepidodendron</i> sp. 1	7		82,6	5,7			0,75	Г
2	<i>Lepidodendron</i> sp. 2	7		76,8	5,0				Г
3	<i>Lepidodendron</i> sp. 3	9		82,1	5,2				Г
4	<i>Bothrodendron minutifolium</i>			81,6	5,6				Г
5	<i>Bothrodendron</i> sp. 5	6		82,6	5,4				Г
6	<i>Bothrodendron</i> sp. 1	21	47	80,9	5,1	30,401	34,044		Г
7	<i>Sigillaria</i> sp. 7	7		82,6	5,5				Г
8	<i>Sigillaria</i> sp. 1	18	62	80,9	5,3	29,779	34,307		Г
9	<i>Sigillaria (Eusigillaria)</i> sp. 16	7		87,1	5,2	29,844	33,914	0,68	Г
10	<i>Sigillaria (Eusigillaria)</i> sp. 17			80,7	5,8			0,88	Г
11	<i>Sigillaria</i> sp. 11	19	66	81,9	5,2	31,305	34,325		Г
12	<i>Sigillaria</i> sp. 4	24		82,3	5,4	32,372	35,652		Г
13	<i>Sigillaria</i> sp. 9			81,4	5,5				Г
14	<i>Calamites</i> sp. 1	6	60	84,0	5,4	30,453	34,216		Г
15	<i>Calamites</i> sp. 2	7		79,3	5,4			0,82	Г
16	<i>Cordaites</i> sp. 9	20	84	85,1	5,5	33,482	35,695	0,90	Ж
17	<i>Cordaites</i> sp.1	0		82,8	5,0	31,107	34,259	0,94	Ж

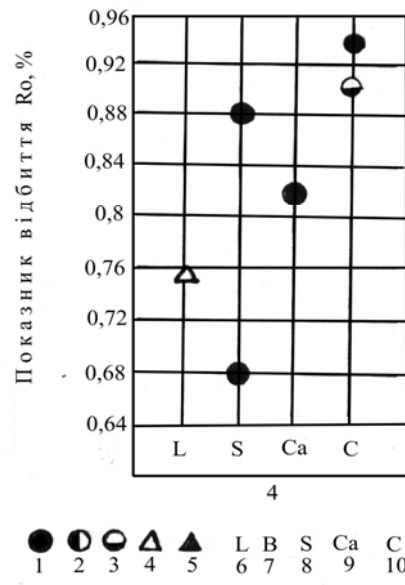
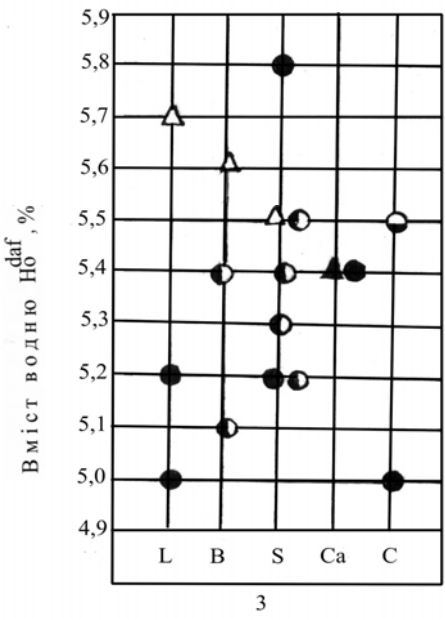
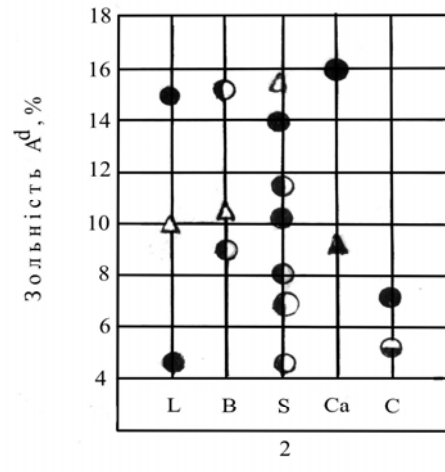
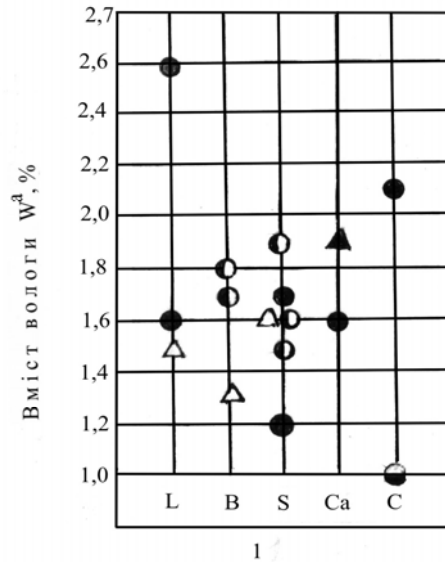


Рис. 1–4. Вплив вуглетворних рослин і вмісних порід на: 1 – вміст у вітрени вологи аналітичної; 2 – зольність вітрени; 3 – вміст у вітрени водню; 4 – показник відбиття вітрени.  
 1–5 – породи, що вміщують вітрени: 1 – аргіліт; 2 – аргіліт вуглистий; 3 – аргіліт сапропелітовий; 4 – алевроліт; 5 – пісковик; 6–10 – рослини, з тканин яких утворилися вітрени: 6 – лепідодендрон; 7 – ботродендрон; 8 – сигілярія; 9 – каламіт; 10 – кордайт.

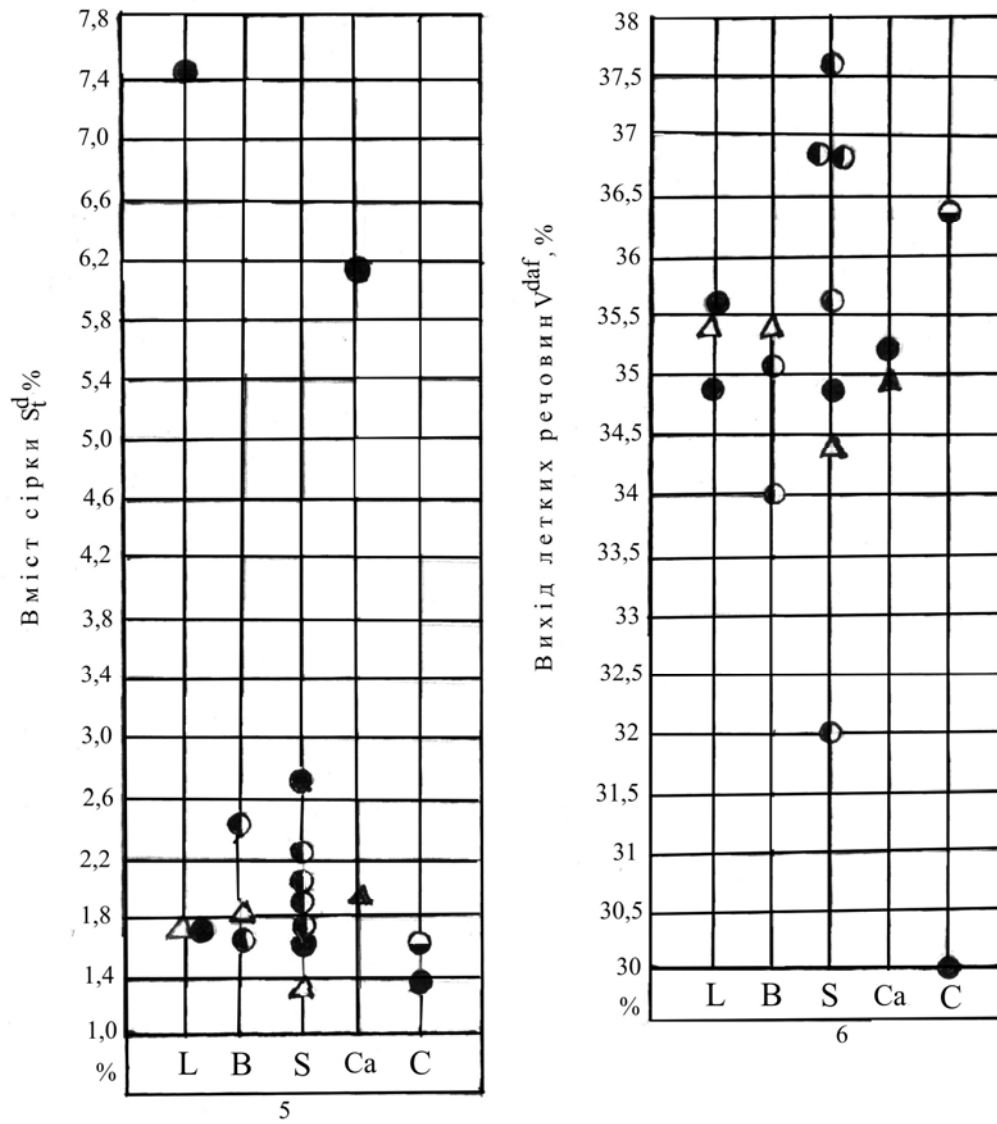


Рис. 5–6. Вплив вуглетворних рослин і вмісних порід на: 5 – вміст у вітрені сірки загальної; 6 – вихід з вітрену легких речовин. Умовні позначення ті ж, що й на рис. 1–4.



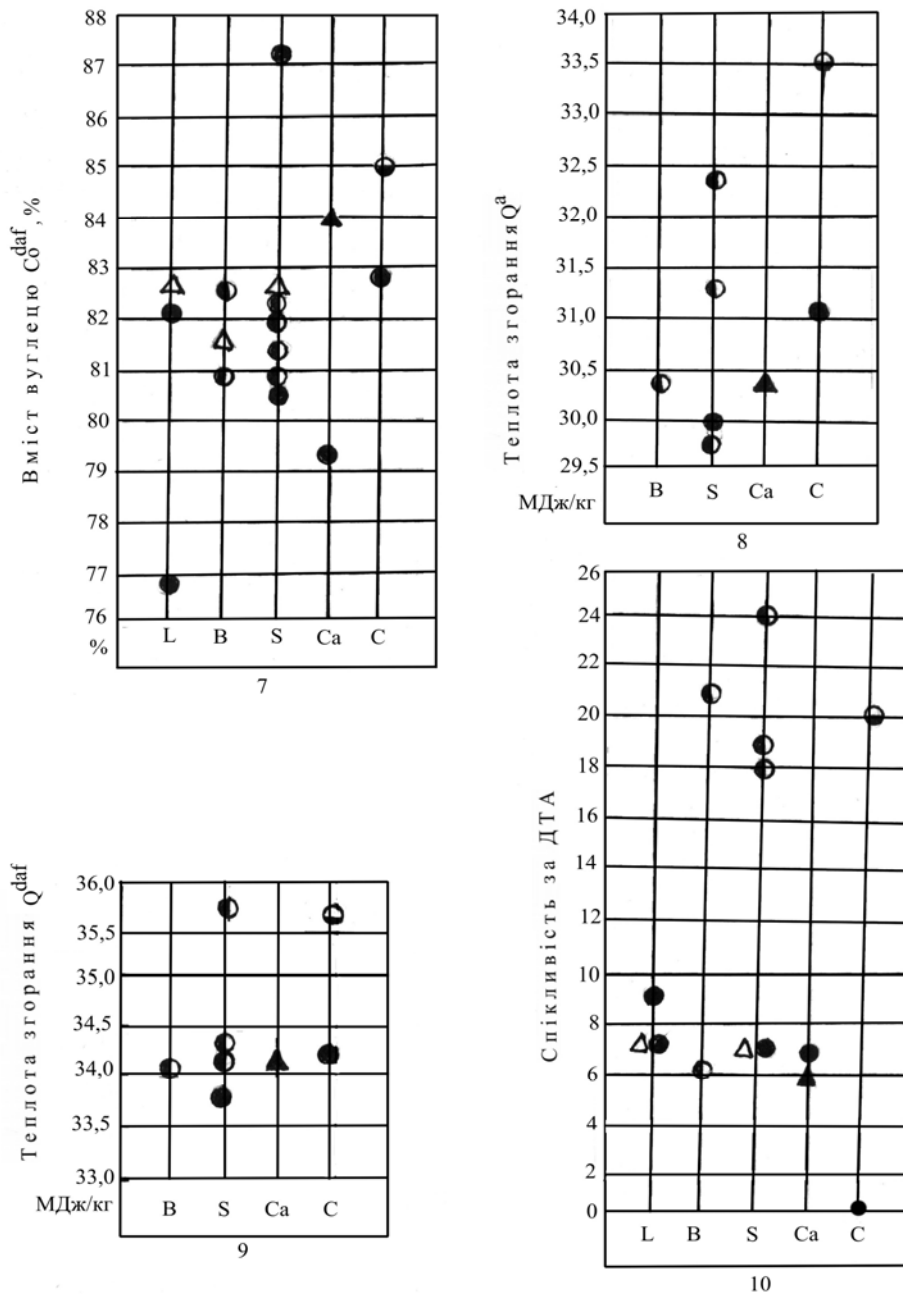


Рис. 7–10. Вплив вуглетворних рослин і вмісних порід на: 7 – вміст у вітрени вуглецю; 8 – теплоту згорання аналітичної проби; 9 – теплоту згорання сухого беззольного палива; 10 – спікливість вітрени. Умовні позначення ті ж, що й на рис. 1–4.

---

Зольність ( $A^d$ ) вітренив вивчених фітолейм змінюється в широких межах – від 4,3 до 16,2 % (див. таблицю, рис. 2). Мінімальні її значення виявлені в поодиноких пробах вітренив, що утворились із корових тканин лепідодендронів (4,6 %) і сигілярій (4,3 %), а максимальні (15,4 і 16,2 %) – у вітренах, які утворились, відповідно, із корових тканин сигілярій та каламітів. У переважній більшості проб вітренив, які утворились із рослин різної систематичної належності, зольність змінюється від 9,1 до 14 %. На цьому фоні добре вирізняються проби вітренив, які утворились із ксилеми стовбурів кордаїтів, порівняно низькою і сталою зольністю, що дорівнює 5,3–7,2 %.

Вміст водню в органічній беззольній масі вітренив ( $H_o^{daf}$ ), що утворились із тканин стовбурів рослин різних типів та родів, змінюється від 5,0 (*Lepidodendron* sp. 2) до 5,8 % (*Sigillaria* (*Eusigillaria*) sp. 17). Залежність вмісту водню у вітренах від типової або родової належності вітрентворювальних рослин, складу і фаціальної належності порід, що вміщують фітолейми, на прикладі вивчених фітолейм не виявлена. У переважній більшості проаналізованих проб вітренив вміст водню становить 5,2–5,5 % (див. таблицю, рис. 3).

Показник відбиття вітриніту ( $R_o$ ) змінюється в широкому діапазоні – від 0,68 до 0,94 %, незважаючи на те, що всі вивчені фітолейми залягали в зоні розміщення пластів  $n_7^B - n_8^B$ , тобто в однакових термобаричних умовах (див. таблицю, рис. 4). Мінімальні значення показника відбиття характерні для вітренив, які утворились із корових тканин стовбурів сигілярій (фітолейма *Sigillaria* sp. 16, що залягала в аргіліті) і лепідодендрона (фітолейма *Lepidodendron* sp. 2, що залягала в алевроліті). Вони дорівнюють, відповідно, 0,68 і 0,75 %. Середні значення показника відбиття вітриніту, що дорівнюють 0,82 і 0,88 %, характерні, відповідно, для вітренив, які утворились із тканин стовбурів каламіта (фітолейма *Calamites* sp. 2) та із корових тканин стовбура сигілярії (фітолейма *Sigillaria* sp. 17). Максимальні значення показника відбиття (0,90–0,94 %) мають вітрени, що утворились із тканин ксилеми стовбура кордаїта. У цьому разі вітрен фітолейми *Cordaites* sp. 9, що залягав у аргіліті сапропелітовому, має менший показник відбиття (0,90 %), ніж вітрен, що залягав у аргіліті покрівлі пласта  $n_8$  (0,94 %). Усе наведене вище свідчить про наявність певної залежності показника відбиття вітриніту від систематичної належності вітрентворювальних рослин, і в тому числі від анатомічного складу вітрентворювальних тканин.

За значеннями показників відбиття вітриніту, виходу летких речовин та інших показників складу і якості вітрени вивчених фітолейм лепідодендронів, ботродендронів, сигілярій і каламітів зачислені до марки Г (газові) за ДСТУ 3472–94 [3], а вітрени із фітолейм стовбурів кордаїтів – до марки Ж (жирні).

Сірчистість ( $S_i^d$ ) вітренив змінюється в більшості проб від 1,38 до 2,69 % і лише в поодиноких пробах досягає 6,15 (вітрен, який утворений із тканин каламіту) і 7,43 % (вітрен, утворений із тканин лепідодендрона). Порівняно сталий вміст сірки загальної мають вітрени, утворені із ксилеми кордаїтів (1,38–1,58 %), а вітрени, утворені із корових тканин сигілярій і каламітів, вирізняються великою нестабільністю її вмісту, відповідно, від 1,31 до 2,69 і від 2,04 до 6,15% (див. таблицю, рис. 5).

Вихід летких речовин ( $V^{daf}$ ) із вітренив, що утворились із різних рослин, дуже несталий і змінюється від 30 (вітрен із ксилеми кордаїта) до 37,6 % (вітрен із корових тканин сигілярій). Найбільша сталість виходу летких речовин характерна для вітренив, що утворились із тканин каламітів (34,9–35,2 %), близькі до нього значення (34,0–35,4 %) мають вітрени, що утворились із корових тканин лепідодендронів і ботроден-

дронів, а найменше стали (30,0–36,4 %) вітрени, що утворились із ксилеми кордаїтів (див. таблицю, рис. 6). Для вітренив, утворених із корових тканин сигілярій, загалом, характерні більші значення виходу летких речовин (35,6–37,6 %), ніж для вітренив, які утворені з корових тканин лепідодендронів, каламітів і кордаїтів. Вплив складу і фаціальної належності порід, що містять фітолейми, на вихід летких речовин не однозначний для вітренив, що утворились із рослин різної систематичної належності. Найвиразніше це виявляють у разі зіставлення результатів щодо вітренив, які утворились із тканин ксилеми стовбурів кордаїтів. Наприклад, вітрен фітолейми, що залягала в аргілітах, мав 30,0 %, а фітолейми, відібраної із сапропелітового аргіліту, – 36,4 % виходу летких речовин. На відміну від них, вітрени, що утворились із корових тканин лепідодендронів та ботродендронів і залягали в алевролітах, мали майже такі ж значення (35,4 %), як і вітрени, відібрані з аргілітів (34,8 %) і вуглистих аргілітів (35,1 %). Відсутність однозначної залежності між складом, фаціальною належністю вмісних порід і виходом летких речовин дуже добре виявляється в разі порівняння результатів аналізів вітренив, які утворились із корових тканин сигілярій, а саме: вихід летких речовин із вітренив сигілярій, що залягали у вуглистих аргілітах і аргілітах, змінюється, відповідно, від 32,0 до 37,6 % і від 34,4 до 36,8 %, а вітрен, який залягав у алевролітах, має 34,4 % виходу летких речовин.

*Вміст вуглецю* у сухій беззолній органічній масі ( $C_o^{daf}$ ) вивчених вітренив, утворених із тканин стовбурів рослин різної систематичної належності, змінюється від 76,8 (*Lepidodendron* sp. 2) до 87,1 % (*Sigillaria* sp. 16). Найбільший розкид значень вмісту вуглецю (76,8–87,1 %) характерний для вітренив, що утворились із корових тканин стовбурів плауноподібних рослин (лепідодендронів і сигілярій), а середній (79,3–84,0 %) – для вітренив, що утворились із тканин ксилеми стовбурів кордаїтів (див. таблицю, рис. 7). У переважній більшості проб вітренив, які утворились із тканин окремо взятих лепідодендронів, ботродендронів і сигілярій, вміст вуглецю порівняно близький і дорівнює, відповідно, 82,1–82,6; 80,9–82,6 та 80,7–82,6 %. Максимальні значення вмісту вуглецю (82,8–85,1 %) і середні його дисперсії (2–3 %) характерні для вітренив, що утворились із тканин ксилеми стовбурів кордаїтів, а середній вміст (79,3–84,0 %) за максимальної дисперсії 4,7 % – для вітренив, що утворились із тканин стовбурів каламітів. Склад порід близької фаціальної належності (аргіліти і вуглисті аргіліти), що містять фітолейми лепідодендронів і сигілярій, не впливає на вміст вуглецю у вітренах. Збільшення фаціальних відмін порід, що містять фітолейми кордаїтів, супроводжує поява суттєвих відмін у вмісті вуглецю. Наприклад, вітрен, який утворився із тканин ксилеми стовбура, що залягав у сапропелітовому аргіліті, містить 85,1 % вуглецю, а в аргілітах покрівлі пласта  $n_8$  – 82,8 %. Вітрен, що утворився із тканин стовбура каламіта і залягав у пісковіку, містить 84,6 % вуглецю, тоді як вітрен, що залягав у аргіліті заболоченої приморської низовини – лише 79,3 %. Максимальним вмістом вуглецю, що дорівнює 87,1 %, виділяється серед вивчених фітолейм вітрен, який утворився із корових тканин фітолейми *Sigillaria* (*Eusigillaria*) sp. 16, відібраної з аргіліту, що є фацією заболоченої приморської низовини.

*Теплота згорання* визначена лише за вісьмома аналітичними пробами з усіх 17 вивчених іншими методами. Результати аналітичних визначень перераховували на сухе беззолне паливо за такою загальноприйнятою у державних стандартах формулою:

$$Q^{\text{daf}} = Q^{\text{a}} \frac{100}{100 - (W^{\text{a}} + A^{\text{a}})}$$

де  $W^{\text{a}}$  – вміст вологи аналітичної, %;  $A^{\text{a}}$  – зольність вітрени, %.

Переважна більшість визначень (чотири) припадає на вітрен, який утворився із корових тканин стовбурів сигілярій (див. таблицю, рис. 8, 9). Вивчено також по одній пробі вітренив, які утворились із корових тканин стовбурів ботродендрона, каламіта і дві проби вітренив, які утворились із тканин ксилеми стовбурів кордаїтів. Найбільшу теплоту згорання аналітичної проби, що дорівнює 33,582 МДж/кг, має вітрен, який утворився із тканин ксилеми стовбура кордаїта, що залягав у сапропелітовому аргіліті. У перерахунку на сухе беззольне паливо вона становить 35,695 МДж/кг. Мінімальне значення теплоти згорання аналітичної проби (29,779 МДж/кг  $Q^{\text{a}}$ , або 34,307 МДж/кг  $Q^{\text{daf}}$ ) має вітрен, який утворився із корових тканин *Sigillaria* sp. 1, що залягала у вуглистому аргіліті. Вітрен, який утворився із корових тканин стовбура ботродендрона (фітолейма *Bothrodendron* sp.1, що залягала у вуглистому аргіліті), має теплоту згорання аналітичної проби 30,40 МДж/кг (або 34,044 МДж/кг  $Q^{\text{daf}}$ ), що дуже близьке до теплоти згорання вітрени, утвореного з тканин стовбура каламіта (30,453  $Q^{\text{a}}$ , або 34,216  $Q^{\text{daf}}$ ), що залягав у пісковіку. Отже, на вивченому фактичному матеріалі не виявлено конкретної однозначної залежності теплоти згорання вітрени від систематичної належності вітrenoутворювальних рослин. Винятком є лише фітолейма кордаїта, що залягала в сапропелітовому аргіліті, вітрен якої відрізняється від вітренив усіх інших фітолейм значно більшою теплотою згорання аналітичної проби і сухого беззольного вітрени, які становлять, відповідно, 33,482 і 35,695 МДж/кг. Це наводить на думку про можливість виявлення певної залежності між теплотою згорання вітренив і систематичною належністю рослин, що їх утворюють, у випадку вивчення більшої кількості проб вітренив, утворених із тканин різних рослин.

*Спикливість вітренив*, що утворились із тканин рослин різної систематичної належності, теж неоднакова (див. таблицю, рис. 10). Вітрени всіх трьох вивчених фітолейм стовбурів лепідодендронів і фітолейм стовбурів каламітів мають знижену спикливість, для якої характерні спечені, несплавлені й частково сплавлені лабораторні коксові корольки та малі значення показника ДТА, що дорівнює 7–9. Із трьох вивчених фітолейм ботродендронів вітрени двох спікаються подібно до вітренив із фітолейм лепідодендронів і каламітів з утворенням спеченого несплавленого і спеченого частково сплавленого корольків за показника ДТА, що становить 6, а вітрен однієї фітолейми *Bothrodendron* sp. 1 має підвищену спикливість, виражену сплавленим корольком, порівняно великим значенням показника ДТА, що дорівнює 21, і середнім значенням індексу Рога, що дорівнює 47. Аналогічну високу спикливість мають вітрени трьох фітолейм стовбурів сигілярій. Для неї характерні сплавлені спучені лабораторні коксові корольки, більші значення показника ДТА, що змінюється від 18 до 24, та індексу Рога – 62–66. Вітрени решти чотирьох вивчених фітолейм сигілярій відрізняються гіршою спикливістю, представленою спеченими несплавленими або частково сплавленими лабораторними коксовими корольками і малими значеннями показника ДТА, що дорівнюють 6–7. Особливо різко розрізняються за спикливістю вітрени, які утворились із ксилеми стовбурів кордаїтів. Наприклад, вітрени з фітолейми *Cordaites* sp. 9, що залягала в сапропелітовому аргіліті, має добру спикливість, виражену сплавленим спученим корольком з великими показниками ДТА (20) та індексу Рога (84), а вітрен із фітолейми *Cordaites*

спр. 1, що залягала в аргіліті покрівлі пласта  $n_8$ , значно відрізняється від першої гіршою спікливою, вираженою слабо спеченим корольком і нульовим значенням ДТА. Більшість проб вітренив, які утворились із тканин різних рослин і мали підвищену спікливість, відібрано із фітолейм, що залягали у вуглистих аргілітах, а вітрени із фітолейм, що залягали в аргілітах і алевролітах, мають знижену спікливість. Наведене свідчить про те, що спікання вітренив залежить від систематичної належності вітрениутворювальних рослин та складу і фаціальної належності порід, що їх містять.

Отже, загалом на прикладі вивчених фітолейм виявлено такі особливості вітренив, які утворились із тканин різних вуглетворних рослин.

1. Вітрени, які утворились із корових тканин стовбурів лепідодендрона, містять у більшості проб однакову або близьку кількість води аналітичної (1,5–1,6 %) і сірки загальної (1,66–1,75 %); для них характерна велика постійність і середні значення виходу летких речовин (34,8–35,5 %), що майже не залежить від складу і фаціальної належності фітолеймовмісних порід; низька спікливість, представлена спеченими несплавленими або частково сплавленими корольками і малими (7–9) значеннями показника ДТА; малий показник відбиття вітриніту, що дорівнює 0,75 %.

2. Для вітренив, що утворились із корових тканин стовбурів сигілярій, характерні: підвищений несталий вміст води аналітичної (1,3–1,8 %) і сірки загальної (1,8–2,36 %); переважно більші, ніж у вітренив із тканин лепідодендронів, ботродендронів і каламітів, значення виходу летких речовин (35,6–37,6 %); їхня незалежність від складу і фаціальної належності вмісних порід; малі і середні значення (0,68–0,88 %) показника відбиття та наявність суттєвих відмінностей спікливості. Вітрени одних сигілярій мають знижену спікливість, що представлена спеченим частково сплавленим або не сплавленим корольком і значенням показника ДТА, що становить 7, а вітрени інших сигілярій добре спікаються з утворенням сплавленого спученого королька за великих значень показника ДТА та індексу Рога, які дорівнюють, відповідно, 18–24 і 62–66.

3. Вітрени, що утворились із тканин стовбурів каламітів, відрізняються від вітренив лепідодендронів, ботродендронів, сигілярій і кордаїтів порівняно несталим вмістом води аналітичної (1,6–1,9 %) і сірки загальної (2,14–2,15%); близькими значеннями виходу летких речовин, які явно залежать від складу і фаціальної належності порід (із вітрени, що залягав у пісковіку, – 34,9 %, в аргіліті – 35,2 %); зниженою спікливою, визначеною спеченим несплавленим або частково сплавленим корольком за низьких (6–7) значень показника ДТА; середнім (0,82 %) значенням показника відбиття.

4. Найвиразніше виділяються серед усіх вивчених вітренив ті, які утворились із ксилеми стовбурів кордаїтів. Для них характерна найбільша дисперсія вмісту води аналітичної, яка залежить від складу і фаціальної належності фітолеймовмісних порід (1 % у вітрени, що залягав у сапропелітовому аргіліті і 2,1 % – у вітрени, відібраному із аргіліта); низька зольність (5,3–7,2 %) і мала її дисперсність; порівняно малий вміст сірки загальної, що становить 1,38–1,58 %, найменша сталість виходу летких речовин і дуже добре виражена залежність їх від фаціальної належності вмісних порід (30,0 % у разі залягання вітрени в аргіліті і 36,4 % у сапропелітовому аргіліті); добре виражена відмінність спікливості і залежність її від складу вмісних порід (від слабо спеченого королька за показника ДТА, що дорівнює нулю, до сплавленого спученого королька за показника ДТА та індексу Рога, що дорівнюють, відповідно, 20 і 84 по пробі вітрени із сапропелітового аргіліту; підвищений вміст вуглецю у сухому беззольному вітрени з виразною залежністю його від вмісних порід (82,8 % у вітрени, що залягав у аргіліті, і 85,1 % у вітрени, який відібрано із сапропелітового аргіліту); найбільша теплота згоран-

---

ня вітрени, що залягав у сапропелітовому аргіліті (35,695 МДж/кг) і найбільші (0,90–0,94 %) показники відбиття вітриніту.

---

1. Атлас углей нижнего карбона Донецкого бассейна / М.Д. Бердюкова, К.И. Иносова, А.М. Ищенко и др. М.: Наука, 1964. 102 с.
2. Боголюбова Л.И., Яблоков В.С. Генетические типы углей среднего карбона юго-западной части Донбасса // Изв. АН СССР, Сер. геол. 1952. № 2. С. 15–21.
3. Вугілля буре, кам'яне та антрацит. Класифікація. ДСТУ 3472-96. К.: Держстандарт України, 1977. 10 с.
4. Гвоздева Н.П. Угли Подмосковского бассейна и их классификация по физико-механическим свойствам. М.: Углетехиздат, 1948. 91 с.
5. Жемчужников Ю.А., Гинзбург А.И. Основы петрологии углей. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 400 с.
6. Корженевская Е.С., Голоушин Н.С. Особенности химико-петрографической характеристики углей Ленского бассейна, Т. 107. М.: Гос. научн.-техн. издат. лит-ры по геологии и охране недр, 1958. 78 с.
7. Нестеренко Л.Л. Основные представления и методы исследования химии и физико-химии углей // Химия и генезис твердых горючих ископаемых. М.: Изд-во АН СССР, 1953. С. 75–84.
8. Угли бурые, каменные и антрациты. Метод определения петрографического состава. ГОСТ 9414-74 (СТ СЭВ 5431-85) М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1987. 21 с.
9. Усачева А.В. Растения-углеобразователи и их составные части, принимающие участие в образовании угля // Геолого-химическая карта Донецкого бассейна. М.: Углетехиздат, 1954. Вып. 8. С. 301–304.
10. Федущак М.Ю., Кушнірук В.О., Бартошинська Є.С. Атлас мікроструктур вугілля Львівсько-Волинського басейну. К.: Наук. думка, 1974. 104 с.

#### **CHEMICAL COMPOSITION, PHYSICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES VITRAINS THE OF LVIV-VOLYN BASIN, THAT FORMED OF FABRICS OF DIFFERENT PLANTS**

**V. Uziuk, E. Uziuk, I. Shaynoha**

*Ivan Franko National University of Lviv  
Hrushevskij Str. 4, Lviv, 79005, e-mail: chigvo@Rambler.ru*

The remnants of the early carbon plants stems (phytoleima) of *Lepidodendrons*, *Botrodendrons*, *Sigillaria*, *Calamites* and the *Cordaites* stem wood, which lay in the rocks of different composition and facies belonging, discovered in the mine workings of the mine, are microscopically studied, described and tested. The vitrains samples of 17 (seventeen) phytoleimas are studied by the complex of carbon-petrological, -chemical and technological methods. The influence of the systematic plants belonging, the anatomic belonging of their stems vitrainized fabrics as well as the petrological composition and the facies peculiarities of the phytologic rocks on the vitrains content of moisture, ash, common sulphur, carbon, hydrogen, volatile

substances, on the vitrains caking, their combustion heat and the index of reflection is defined and described in detail. The technological brand and the group of the vitrains metamorphism of each sample are defined in accordance with the complexes of the research results. The vitrains created from the peryderma of *Lepidodendrons*, *Botrodendrons*, *Sigillaria* and *Calamites* are included to brand "G" (gass), the "1 G" metamorphism group, and more metamorphosed vitrains from the xylene of the cordaites trunk wood- to brand "Zh" (gass), the "1 Zh" metamorphism group. This technological brand difference is caused not by difference thermodynamic earth interior, but the systematic plants belonging, the anatomic peculiarities of the vitrainized fabrics and the lithologically-facies peculiarities of the vitrain-containing rocks.

*Key words:* vitain, phytoleima, *Lepidodendron*, *Botrodendron*, *Sigillaria*, *Calamite*, *Cordaite*, brand, metamorphism.

### **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ СВОЙСТВА ВИТРЕНОВ ЛЬВОВСКО-ВОЛЫНСКОГО БАССЕЙНА, ОБРАЗОВАВШИХСЯ ИЗ ТКАНЕЙ РАЗЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ.**

**В. Узиюк, Е. Узиюк, И. Шайнога**

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко  
ул. Грушевского 4, г. Львов, 79005, e-mail: zaggeol@franko.lviv.ua*

В горных выработках шахты обнаружено, макроскопически изучено, описано и опробовано остатки стволов растений раннего карбона (фитолеймы) с витринизованными тканями внешней коры (перидермы) лепидодендронов, ботродендронов, сигиллярий, каламитов и древесины стволов кордаитов, которые находились в породах различного состава и фациальной принадлежности. Пробы витренов 17 фитолейм изучено комплексом вулгепетрографических, углехимических и технологических методов. Обнаружено и детально описано влияние систематической принадлежности растений, анатомической принадлежности витринизованных тканей их стволов, а также петрографического состава и фациальных особенностей фитолеймсодержащих пород на содержание в витренах влаги, золы, серы общей, углерода, водорода, летучих веществ, на спекаемость витренов, их теплоту сгорания и показатель отражения. По комплексам полученных результатов исследований установлено технологическую марку и группу метаморфизма витренов каждой пробы. Витрены, которые образовались из перидермы лепидодендронов, ботродендронов, сигиллярий и каламитов, отнесены к марке Г (газовые), группы метаморфизма 1Г, а витрены с ксилемы древесины стволов кордаитов более метаморфизованных – марки Ж, группы метаморфизма 1Ж. Эта разница в технологической марке и группе метаморфизма обусловлена не разными термодинамическими условиями недр Земли, а систематической принадлежностью растений, анатомическими особенностями витринизованных тканей и литолого-фациальными особенностями витреносодержащих пород.

*Ключевые слова:* витрен, фитолейма, лепидодендрон, ботродендрон, сигиллярии, каламит, кордаит, марка, метаморфизм.

*Стаття надійшла до редколегії 20.12.2010*

*Прийнята до друку 14.11.2011*