

УДК 622.817.47:622.411.332

 <https://doi.org/10.31996/mru.2020.3.45-49>

М. І. АНТОЩЕНКО, д-р техн. наук, професор кафедри гірництва (Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля), antoschenko@snu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0001-8901-8263>,

В. Ю. ТАРАСОВ, канд. техн. наук, доцент кафедри хімії та охорони праці (Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля), vatarasov81@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3614-0913>,

О. І. ЗАХАРОВА, канд. хім. наук, доцент кафедри хімії та охорони праці (Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля), rubej10@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3400-411X>,

Є. І. ЗУБЦОВ, канд. техн. наук, доцент кафедри хімічної інженерії та екології (Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля), minning707@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4697-1975>

M. ANTOSHCHENKO, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Mining (Volodymyr Dahl East Ukrainian National University), antoschenko@snu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0001-8901-8263>,

V. TARASOV, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Industrial Safety Measures (Volodymyr Dahl East Ukrainian National University), vatarasov81@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3614-0913>,

O. ZAKHAROVA, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of chemistry and industrial safety measures (Volodymyr Dahl East Ukrainian National University), rubej10@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3400-411X>,

Ye. ZUBTSOV, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of chemical engineering and ecology (Volodymyr Dahl East Ukrainian National University), minning707@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4697-1975>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІТРИНІТОВОГО І ФЮЗИНІТОВОГО ВУГІЛЛЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ЯВИЩ У ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТАХ

ИССЛЕДОВАНИЯ ВИТРИНИТОВЫХ И ФЮЗИНИТОВЫХ УГЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ

RESEARCH OF VITRINITE AND FUSINITE COALS FOR PREDICTING GEOLOGICAL HAZARDS IN COAL SEAMS

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Безпека ведення гірничих робіт у вугільних шахтах України регламентується низкою нормативних документів, які ґрунтуються на генетичних класифікаційних показниках вугілля. Одним з вирішальних чинників поділу вугілля за технологічними властивостями є їх зарахування до вітринітових або фюзинітових, що не враховує нормативна база під час визначення небезпечних властивостей шахтопластів. Мета роботи: обґрунтувати доцільність поділу природних копалин вугілля на вітринітове і фюзинітове для виявлення небезпечних властивостей шахтопластів під час проведення гірничих робіт. Методика включає розгляд змін умовних індексів в загальному ряді їхнього ранжування згідно з ДСТУ 25543-2013 окремо для класифікаційних показників вітринітового і фюзинітового вугілля, а також для груп вугілля, не зарахованих до досліджуваних різновидів. Аналіз зміни індексів у рядах ранжування класифікаційних показників дасть змогу виявити відмінні або об'єднувальні особливості побудови цих рядів і дати пропозиції щодо вдосконалення нормативних документів ведення гірничих робіт. Проведено оцінку відмінних властивостей вугілля, які набуває вугілля внаслідок метаморфічних перетворень. Визначено, що кореляційні показники (R^2) зв'язку між умовними індексами рядів з ранжування R_0 , V_{daf}^1 у з умовними індексами загального ряду ранжування за марочною належністю вугілля майже не відрізняються між собою. За показником R_0 значення R_2 для вітринітового і фюзинітового вугілля становили 0,9114 і 0,9221 відповідно. Аналогічні результати отримано для показника V_{daf}^1 , з якого неможливо визначити відмінності за ступенем метаморфічних перетворень між вітринітовим і фюзинітовим вугіллям. Характерні значення показника у також не дають змоги всизначити спрямованість зміни властивостей вугілля через великий розкид значень, що рекомендуються до використання під час складання рядів ранжування. Виявлено характер зміни класифікаційних показників промислової класифікації вугілля для визначення небезпечних властивостей шахтопластів під час проведення гірничих робіт. Показана можливість удосконалення нормативної бази безпечною відпрацьовування шахтопластів шляхом встановлення відмінностей у властивостях вітринітового і фюзинітового вугілля.

Ключові слова: вугілля, стадії метаморфізму, ендегенна пожежа, самозаймання, геолого-генетичні чинники.

To establish the necessity of dividing fossil coals into vitrinitic and fusinitic varieties in order to identify the hazardous properties of coal seams during mining.

Methodology. The study of changes in conditional indices in the general ranking series was carried out according to DSTU 25543-2013 separately for the classification indicators of vitrinite and fusinite coals, as well as coal groups not assigned to the considered varieties. Changes in indices in the ranks of classification indicators allow us to identify the distinctive or unifying features of the construction of these series and provide suggestions for improving the regulatory documents of mining operations.

Outcome. The safety of mining in Ukrainian coal mines is regulated by a number of regulatory documents that are based on genetic classification indicators of coal. One of the decisive factors of dividing coals by technological properties is their classification as vitrinitic or fusinitic, which is not taken into account by the regulatory framework when establishing the hazardous properties of coal seams.

The analysis of distinctive properties acquired in the process of metamorphic transformations between vitrinite and fusinite coals has been carried out. It is established that the correlation indices (R^2) of the relationship between conditional indexes of R_0 , V_{daf}^1 and y ranking series with the conditional indices of the general ranking series by brand of coal are practically the same. In terms of R_0 , the values of R_2 for vitrinitic and fusinite coals were 0,9114

and 0,9221, respectively. Similar results were obtained for the V_{daf} indicator, according to which it is impossible to establish differences in the degree of metamorphic transformations between vitrinite and fusinite coals. The characterizing values of the y indicator do not make it possible to establish the direction of change in the properties of coal. The used values of this indicator have a large scatter in the compilation of coal ranking.

Scientific novelty. The nature of change in the classification indicators of industrial classification of coal for identifying the hazardous properties of coal seams in mining operations has been identified.

Practical relevance. The possibility of improving the regulatory framework for safe mining of coal seams by establishing differences in the properties of vitrinite and fusinite coals.

Keywords: coal, metamorphism, endogenous fire, spontaneous combustion, geological and genetic factors.

Постановка проблеми. Метаморфические преобразования ископаемых углей во многом определяют проявление опасных свойств шахтопластов при ведении горных работ. К ним относятся повышенное газовыделение, внезапные выбросы угля и газа, склонность к самовозгоранию и пылеобразующей способности, взрывчатость угольной пыли и другие свойства, обуславливающие аварии в подземных условиях с трагическими последствиями, в том числе и гибелью людей [1]. На протяжении многих лет такие аварии, к большому сожалению, периодически повторяются в угольных шахтах.

Безопасность ведения горных работ в угольных шахтах Украины регламентируется рядом нормативных документов [2–6]. В них для характеристики опасных свойств шахтопластов используются некоторые генетические классификационные показатели углей. Наиболее совершенной по генетическим и технологическим параметрам является промышленная классификация углей [7]. В ней, в отличие от нормативных документов [2–6], использовано значительное количество классификационных показателей. Одним из решающих факторов деления по технологическим свойствам углей является отнесение их к витринитовым или фюзинитовым. В уже существующей нормативной базе [2–6] при установлении опасных свойств шахтопластов такая градация углей не предусмотрена. Изучение этого вопроса является актуальным для угольной промышленности, так как он связан с усовершенствованием нормативной базы безопасной отработки угольных пластов.

Цель: обосновать необходимость деления ископаемых углей на витринитовые и фюзинитовые разновидности для выявления опасных свойств шахтопластов при ведении горных работ.

Задачи: установить взаимосвязь и направленность классификационных показателей витринитовых или фюзинитовых углей при определении опасных свойств шахтопластов.

Изложение основного материала. Рассмотрение изменения условных индексов классификационных показателей витринитовых и фюзинитовых углей в общем ряду их ранжирования согласно документу [7], а также групп углей, не отнесенных к рассматриваемым разновидностям, позволило выявить как отличительные, так и объединяющие особенности построения этих рядов и рекомендовать предложения по усовершенствованию нормативных документов [2–6].

Согласно промышленной классификации [7] в качестве основного показателя применяется среднее отражение витринита (R_o). Его количественные значения довольно точно определены в общем ряду ранжирования всех углей по их марочному признаку. Предполагается [7], что с увеличением значений R_o , возрастают метаморфические преобразования углей. В качестве вспомогательных показателей, в дополнение к основному, применяются еще девять. Они способствуют более точному определению технологических свойств углей для их промышленного применения. Следует отме-

тить, что вспомогательные показатели в большинстве случаев [7] применяются только для характеристики метаморфических преобразований отдельных видов углей. К таким показателям относятся массовый выход летучих веществ при термическом разложении углей (V_{daf}) и толщина пластического слоя (y). Параллельно с применением в промышленной классификации [7], показатели V_{daf} и y используются в качестве основных для оценки и прогнозирования опасных свойств шахтопластов. Их недостатком, по сравнению с R_o , являются трудности определения указанных параметров для бурых и антрацитовых углей. По этой причине их применение ограничивается в промышленной классификации [7] только характеристикой каменных углей. Из всех 10 применяемых классификационных показателей [7], только для R_o , V_{daf} и y указаны практически все значения нижних и верхних пределов диапазонов их предполагаемых изменений. В целом установлена 81 разновидность по марочному признаку углей для их промышленного использования. Такая детальная градация и наличие данных о возможных изменениях показателей R_o , V_{daf} и y представляют возможность ранжировать отдельно витринитовые и фюзинитовые угли по нижним и верхним пределам изменения их параметров.

Присвоение условных индексов (I_k) выполнили в общем порядке разновидностей всех (витринитовых, фюзинитовых и не отнесенных к ним) углей по их марочным признакам согласно нормативному документу [7]. Первый условный индекс соответствует бурым углям (марка Б, группа 1Б), второй – бурым (марка Б, группа 2Б, подгруппа 2БВ) и так далее по мере усиления степени метаморфизма углей. Последний условный 81-й индекс в этом ряду соответствует антрацитам (марка А, группа 3А, подгруппа 3АФ).

Ещё шесть обособленных рядов ранжирования, согласно нижнему и верхнему пределам изменения показателей R_o , V_{daf} и y [7], составили индивидуально для витринитовых, фюзинитовых и углей, не отнесенных к ним по мере увеличения параметров R_o , V_{daf} и y .

Результаты. Установление отличительных свойств, приобретенных в процессе метаморфических преобразований между углями, авторы проводили по результатам статистической обработки (таблица, рис. 1–3) зависимости условных индексов ($I_{R_o}^n$), ($I_{R_o}^a$), $I_{V_{daf}}^n$ ($I_{V_{daf}}^a$) и I_y^n (I_y^a) от условных индексов (I_k) ранжирования по марочной принадлежности углей согласно их промышленной классификации [7].

По результатам предварительной статистической обработки установлено, что корреляционные показатели (R^2) связи между условными индексами рядов витринитовых и фюзинитовых углей по ранжированию R_o , V_{daf} и y с условными индексами общего ряда ранжирования по марочной принадлежности углей (I_k) практически не отличаются между собой (рис. 1 и 2).

По показателю R_o эти зависимости (рис. 1а и 2а) описываются практически не отличающимися между собой уравнениями 1. Корреляционные показатели R^2 также мало отличаются и соответственно равны 0,9114 и 0,9221.

Таблиця. Условные индексы рядов ранжирования углей (I_k) по отражению витринита (R_o), массовому выходу летучих веществ (V_{daf}), толщине пластического слоя (y) по марочной принадлежности [7]

Витринитовые угли									Фюзинитовые угли									Прочие угли												
Марка	Группа	Подгруппа	Классификационные показатели						Марка	Группа	Подгруппа	I_k	Классификационные показатели						Марка	Группа	Подгруппа	I_k	Классификационные показатели							
			R_o		V_{daf}		y						R_o		V_{daf}		y						R_o		V_{daf}		y			
			$I_{R_o}^H$	$I_{R_o}^E$	$I_{V_{daf}}^H$	$I_{V_{daf}}^E$	I_y^H	I_y^E					$I_{R_o}^H$	$I_{R_o}^E$	$I_{V_{daf}}^H$	$I_{V_{daf}}^E$	I_y^H	I_y^E					$I_{R_o}^H$	$I_{R_o}^E$	$I_{V_{daf}}^H$	$I_{V_{daf}}^E$	I_y^H	I_y^E		
Б	2Б	2ВВ	2	2	2	-	-	-	-	Б	2Б	2БФ	3	3	3	-	-	-	-	Б	1Б	-	1	1	1	-	-	-	-	
	3Б	3ВВ	4	4	5	-	-	-	-		3Б	3БФ	5	5	6	-	-	-	-	Г	2Г	-	20	17	17	9	9	59	64	
Д	-	ДВ	6	6	4	6	6	6	6	Д	-	ДФ	10	8	8	18	25	10	10	ГЖ	1ГЖ	-	25	13	20	27	31	70	66	
	-	-	7	7	7	10	13	7	7		-	-	11	15	11	31	39	11	11		1ГЖ	-	26	27	28	12	15	71	74	
	-	-	8	14	10	14	20	8	8		-	-	12	21	13	19	26	12	12	Ж	1Ж	-	27	28	24	32	16	68	67	
	-	-	9	20	12	17	24	9	9	ДГ	-	ДФ	14	10	15	20	27	14	29		-	-	28	38	36	28	17	69	68	
ДГ	-	ДГВ	13	9	14	16	23	13	28	Г	1Г	1ГФ	17	12	9	22	29	42	41		-	2Ж	-	29	29	29	13	18	75	75
Г	1Г	1ГВ	15	11	22	7	7	41	40		-	-	18	16	16	8	8	43	42		-	-	30	30	30	29	19	72	71	
			16	23	25	21	28	15	30				19	24	26	23	30	16	31				31	40	37	30	32	73	72	
ГЖО	1ГЖО	1ГЖОВ	21	18	18	24	10	44	62	ГЖО	1ГЖО	1ГЖОФ	22	19	19	25	11	45	63	КЖ	-	-	32	39	42	43	33	74	73	
	2ГЖО	2ГЖОВ	23	25	27	26	12	46	56		2ГЖО	2ГЖОФ	24	26	23	11	14	67	65	СС	1СС	-	65	22	21	63	38	29	16	
К	1К	1КВ	33	41	43	44	34	60	69	К	1К	1КФ	35	43	45	46	35	62	70		-	-	66	35	32	15	21	30	17	
			34	42	44	45	53	61	57				36	42	46	47	54	63	58		3СС	2СС	-	67	36	53	42	22	31	18
	2К	2КВ	37	53	60	33	40	64	59				39	54	61	35	42	66	61		-	-	68	37	33	64	51	32	19	
			38	60	55	34	41	65	60	КО	1КО	1КОФ	41	32	31	52	37	48	44		-	-	69	46	54	70	52	33	20	
КО	1КО	1КОВ	40	31	38	51	36	47	43				42	45	39	55	61	49	45		-	-	70	64	58	71	59	34	21	
	2КО	2КОВ	43	47	40	66	58	50	46			2КОФ	46	48	41	67	62	53	49		-	-	71	68	69	65	60	35	22	
			44	51	47	36	43	51	47				47	52	48	37	45	54	50											
			45	55	49	53	44	52	48				48	56	50	54	46	55	51											
КСН	-	КСНВ	49	33	34	38	47	17	32	КСН	-	КСНФ	50	34	35	39	48	18	33											
КС	1КС	1КСВ	51	49	51	40	49	19	34	КС	1КС	1КСФ	52	50	52	41	50	20	35											
	2КС	2КСВ	53	61	56	48	55	21	36		2КС	2КСФ	55	66	63	50	57	23	37											
			54	65	62	49	56	22	27	ОС	1ОС	1ОСФ	59	58	68	59	66	58	55											
ОС	1ОС	1ОСВ	56	57	57	56	63	56	52		2ОС	2ОСФ	61	75	66	61	68	25	39											
			57	67	64	57	64	40	53	ТС	-	ТСФ	63	63	59	68	70	27	14											
			58	73	67	58	65	57	54				64	72	71	69	72	28	15											
		2ОСВ	60	74	65	60	67	24	38	Т	1Т	1ТФ	73	59	73	73	73	37	24											
ТС	-	ТСВ	62	62	70	62	69	26	13		2Т	2ТФ	75	71	75	75	75	39	26											
Т	1Т	1ТВ	72	69	72	72	71	36	23	А	1А	2ТФ	77	77	77	-	-	-	-											
		2ТВ	74	70	74	74	74	38	25		2А	2АФ	79	79	79	-	-	-	-											
А	1А	1АВ	76	76	76	-	-	-	-		3А	3АФ	81	81	81	-	-	-	-											
	2А	2АВ	78	78	78	-	-	-	-				-	-	-	-	-	-	-											
	3А	3АВ	80	80	80	-	-	-	-				-	-	-	-	-	-	-											

Примечание. $I_{R_o}^H, I_{V_{daf}}^H, I_y^H$ и $I_{R_o}^E, I_{V_{daf}}^E, I_y^E$ – индексы ранжирования углей соответственно по нижним и верхним пределам изменения показателей R_o, V_{daf} и y .

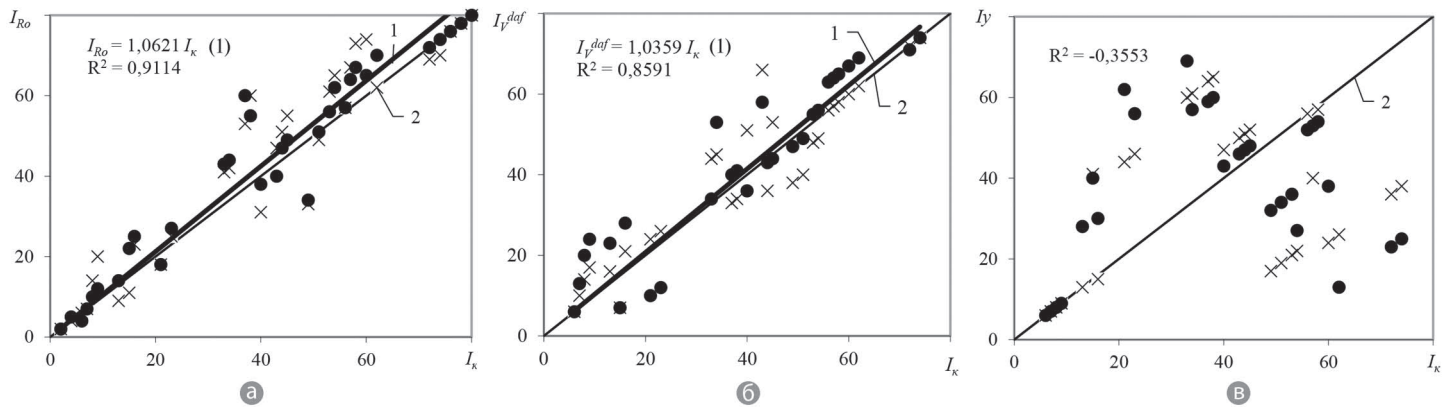


Рис. 1. Зависимость индексов рядов ранжирования витринитовых углей по отражению витринита I_{Ro} (а), массовому выходу летучих веществ $I_{V^{daf}}$ (б) и толщине пластического слоя I_y (в) от индексов ранжирования углей I_k согласно промышленной классификации по марочной принадлежности [7]

1 – усредняющие прямые; 2 – биссектрисы координатных сеток

•, × – значения индексов рядов ранжирования соответственно по нижним и верхним величинам классификационных показателей; R^2 – коэффициент детерминации

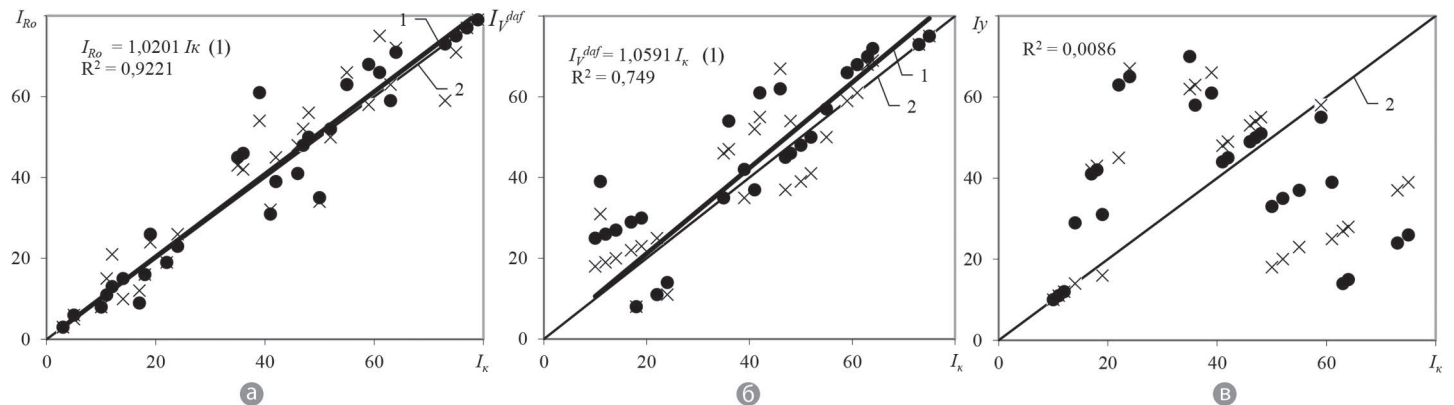


Рис. 2. Зависимость индексов рядов ранжирования фюзинитовых углей по отражению витринита I_{Ro} (а), массовому выходу летучих веществ $I_{V^{daf}}$ (б) и толщине пластического слоя I_y (в) от индексов ранжирования углей I_k согласно промышленной классификации по марочной принадлежности [7]

1 – усредняющие прямые; 2 – биссектриса координатных сеток

•, × – значения индексов рядов ранжирования соответственно по нижним и верхним величинам классификационных показателей; R^2 – коэффициент детерминации

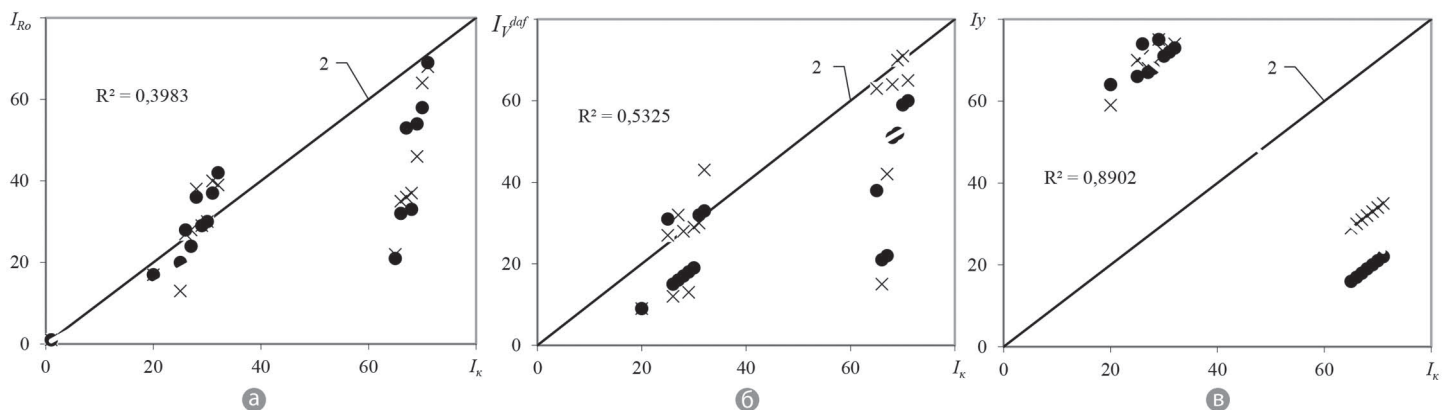


Рис. 3. Зависимость индексов рядов ранжирования углей, не отнесенных к витринитовым или фюзинитовым, по отражению витринита I_{Ro} (а), массовому выходу летучих веществ $I_{V^{daf}}$ (б) и толщине пластического слоя I_y (в) от индексов ранжирования углей I_k согласно промышленной классификации по марочной принадлежности [7]

2 – биссектриса координатных сеток

•, × – значения индексов рядов ранжирования соответственно по нижним и верхним величинам классификационных показателей; R^2 – коэффициент детерминации

Аналогичные результаты получены для показателя V^{daf} (рис. 1б и 2б), по которым невозможно установить различия в степени метаморфических преобразований между витринитовыми и фюзинитовыми углями.

По изменению индексов, характеризующих ранжирование значений показателя y , нельзя установить направленность изменения свойств углей по этому показателю ввиду большого разброса (рис. 1в и 2в), рекомендуемых [7] значений этого показателя, которые использовали при составлении рядов ранжирования.

Для обеих выборок данных для витринитовых и фюзинитовых углей отсутствуют значимые корреляционные показатели (рис. 1в и 2в).

Результаты статистической обработки условных индексов, составленных на основании рекомендуемых значений R_o , V^{daf} и y [7] согласно их ранжированию в рядах витринитовых и фюзинитовых углей, не дают основания для адекватных определений степени их метаморфических преобразований. Такой вывод подтверждается, при разных значениях корреляционных показателей R^2 для I_{R_o} , $I_{V^{daf}}$ и I_y (рис. 1 и 2), равномерным расположением точек ниже и выше биссектрисы координатных точек.

Такие зависимости условных индексов $I_{R_o}^H$ ($I_{R_o}^G$) и $I_{V^{daf}}^H$ ($I_{V^{daf}}^G$) не наблюдались для углей, не классифицированных [7] как витринитовые или фюзинитовые (рис. 3а и 3б). В этих случаях подавляющее количество точек находится ниже биссектрис координатных сеток, что указывает на возможные отличия в степени метаморфических преобразований рассматриваемых углей от витринитовых или фюзинитовых. Условные индексы I_y^H (I_y^G) более или менее равномерно располагаются относительно биссектрисы (2) координатной сетки (рис. 3в). Таким образом, полученные результаты (рис. 3) свидетельствуют, что классификационные показатели R_o , V^{daf} и y отражают разные физико-химические характеристики метаморфических преобразований углей, которые не относятся к витринитовым или фюзинитовым согласно промышленной классификации [7].

Преимущественное расположение точек индексов $I_{R_o}^H$ ($I_{R_o}^G$) и $I_{V^{daf}}^H$ ($I_{V^{daf}}^G$) (рис. 3а и б) по одну сторону от биссектрис координатных сеток может свидетельствовать об искусственном подборе комплекса классификационных показателей для установления марок углей с похожими теплотехническими свойствами для использования их в определенных отраслях промышленности.

Заключение

Проведенные исследования позволяют авторам предложить обоснованные рекомендации для усовершенствования нормативной базы безопасной обработки угольных шахтопластов:

- согласно рядам ранжирования углей с применением их марочной принадлежности и классификационных показателей среднего отражения витринита, массового выхода летучих веществ, толщины пластического слоя не установлены факторы разделения углей на витринитовые или фюзинитовые при определении опасных свойств шахтопластов;

- значительные отклонения условных индексов ранжирования углей по толщине пластического слоя от биссектрис координатных сеток и одностороннее их расположение для индексов ранжирования по среднему отражению витринита и массовому выходу летучих веществ углей, не отнесенных к витринитовым или фюзинитовым, свидетельствуют об искусственном, неадекватном подборе комплекса показателей для

установления марок по технологическим признакам использования углей в промышленности. Это свидетельствует, что существующие марки углей не во всех случаях могут соответствовать степени их метаморфических преобразований;

- классификационные показатели отражения витринита, массового выхода летучих веществ и толщина пластического слоя отражают разные аспекты степени метаморфических преобразований углей. Направленность изменения показателя толщины пластического слоя при геологических процессах требует дополнительных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Минеев С. П.* Вопросы предупреждения аварий, связанных со взрывами метана в угольных шахтах//Геотехнічна механіка. – 2018. – № 138. – С. 115–136.
2. СОУ 10.1.00174088.011 – 2005. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям. Издание официальное. Минуглепром Украины. – К., 2005. – 221 с.
3. КД 12.01.402-2000. Керівництво із запобігання і гасіння ендогенних пожеж на вугільних шахтах України. Затв. Мінпаленерго України 18.12.2000 нак. № 38. – 215 с.
4. КД 12.01.401-96. Эндогенные пожары на угольных шахтах Донбасса. Предупреждение и тушение. Инструкция. Издание официальное/П. С. Пашковский, В. К. Костенко, В. П. Заславский, А. Т. Хорольский, А. Г. Заболотный и др. – Донецк: НИИГД, 1997. – 68 с.
5. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К.: Основа, 1994. – 311 с.
6. Руководство по борьбе с пылью в угольных шахтах. – М.: Недра, 1979. – 319 с.
7. ГОСТ 25543-2013. Межгосударственный стандарт. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам. Издание официальное. – М.: Стандарт-информ, 2014. – 19 с.

REFERENCES

1. *Mineev S. P.* On the issue of prevention of accidents caused by methane explosions in coal mines//Heotekhnichna mekhanika. – 2018. – № 138. – P. 115–136. (In Russian).
2. Standart SOU 10.1.00174088.011-2005. Rules for conducting mining cracks in layers prone to gas-dynamic phenomena: Regulatory Document Coal Industry of Ukraine. Standard. – Kyiv, 2005. – 221 p. (In Russian).
3. KD 12.01.402-2000. Guidelines for the prevention and suppression of endogenous fires in coal mines of Ukraine. Shut. Ministry of energy of Ukraine – 215 p. (In Ukrainian).
4. KD 12.01.401-96. Endogenous fires in the coal mines of Donbass. Prevention and suppression. Instructions. Official publication/P. S. Pashkovskij, V. K. Kostenko, V. P. Zaslavskij, A. T. Horolskij, A. G. Zabolotnyj et al. – Donetsk: NIIGD, 1997. – 68 p. (In Russian).
5. Ventilation Design Guidelines for Coal Mines. – Kiev: Osnova, 1994. – 311 p. (In Russian).
6. Dust combating manual for coal mines. – Moskva: Nedra, 1979. – 319 p. (In Russian).
7. State standard 25543–2013. Lignites, coals and antracites. Classification by genetic and technological parameters. – Moskva: Standart-inform, 2014. – 19 p. (In Russian).

Рукопис отримано 5.08.2020.