



УДК 622.822.225

HAZARDOUS PROPERTIES OF COAL LAYERS AND THE ACCURACY OF THEIR FORECAST ON THE ESCAPE OF VOLATILE SUBSTANCES ОПАСНЫЕ СВОЙСТВА УГОЛЬНЫХ ШАХТОПЛАСТОВ И ТОЧНОСТЬ ИХ ПРОГНОЗА ПО ВЫХОДУ ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ

Antoshchenko N.I. / Антощенко Н.И.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0001-8901-8263

Rudniev Ye.S. / Руднев Е.С.

s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-4236-8407

Filatiev M.V. / Филатьев М.В.

d.t.s., prof. / д.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-5608-6737

Brozhko R.N. / Брожко Р.Н.

s.t.s., as.prof. / к.т.н.

ORCID: 0000-0002-2365-6278

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля,
Северодонецк, проспект Центральный 59-а, 93401

Аннотация. В работе рассмотрены возможные погрешности определения в пределах отдельных шахтопластов показателя выхода летучих веществ V^{daf} , который используется в нормативной базе Украины для прогноза опасных явлений при ведении горных работ. При разработке нормативных документов предполагалось, что V^{daf} в пределах отдельного шахтопласта остается постоянным показателем. Исследованиями установлено, что V^{daf} остается относительно постоянной величиной, но параллельно с этим выявлена неоднозначная точность определения этого показателя в зависимости от его абсолютного значения. Абсолютные среднеквадратические отклонения (σ_i) для разных шахтопластов от усредняющей прямой составляет $2,29 \div 5,33\%$, а относительные ($\Delta\sigma_i$) - находились в пределах $8,50 \div 213,01\%$. Значения $\Delta\sigma_i$ более 20% соответствует величинам V^{daf} менее 15%. Такая точность определения V^{daf} ставит под сомнения возможность применения этого показателя для прогнозирования опасных свойств шахтопластов.

Ключевые слова: уголь, термическое разложение, выход летучих веществ, метаморфизм, шахтопласты, опасные свойства, прогноз, нормативные документы

Вступление.

Установлено, что в границах отдельного шахтопласта V^{daf} остается относительно постоянной величиной. Наряду с этим установлено, что кроме расположения места отбора проб угля, на точность определения показателя существенное влияние оказывает абсолютное значение V^{daf} . Абсолютные среднеквадратичные отклонения (σ_i) от усредняющей прямой в отдельных интервалах значения составляли $2,29-5,33\%$, а относительные ($\Delta\sigma$) - находились в пределах $8,50 \div 213,01\%$. Максимальные значения $\Delta\sigma$ (более 20%) соответствует значениям V^{daf} менее 15%. В нормативных документах оценка степени метаморфизма углей производится, в том числе для диапазона изменения V^{daf} в пределах $2 \div 8\%$, что может приводить к еще большим относительным отклонениям $\Delta\sigma$ и ошибкам в прогнозировании опасных



свойств шахтопластов. Такая точность определения V^{daf} и других показателей термической деструкции углей ставит под сомнения их использование для прогнозирования опасных свойств шахтопластов.

По своей сути температурное разложение представляет собой очередную искусственную стадию преобразования углей вне недр Земли при более высокой температуре по сравнению с процессом метаморфизма. Оно непосредственно не отражает изменения химическом составе, внутреннем строении и свойств углей, происходившие в прошедшие геологические периоды времени.

Для усовершенствования нормативных документов по безопасному ведению горных работ для характеристики степени метаморфизма углей при прогнозе опасных свойств шахтопластов необходимо использовать классификационные показатели, непосредственно отражающие изменение состава и свойства углей в процессе геологических преобразований.

Основной текст

При ведении горных работ во многих случаях происходят аварии, сопровождающиеся процессами газовой выделению, газодинамических явлений, самовозгорания угля, повышенного образования пыли с ее склонностью к взрываемости. Эти и некоторые другие опасные явления, сопутствующие авариям с тяжелыми последствиями в шахтах, по мнению многих ученых [1–5], обусловлены генетическими свойствами ископаемых углей. Они появились в результате метаморфических процессов преобразования исходного органического вещества под воздействием повышенных температуры и давления в пределах Земли в прошедшие геологические периоды времени. В общепризнанном случае под метаморфизмом подразумеваются разнообразные эндогенные процессы, с которыми связаны изменения в структуре, минеральном и химическом составе углей [6].

Степень метаморфических преобразований согласно требованиям современной нормативной базы Украины по безопасному ведению горных работ [7–10] прогнозируется, в большинстве случаев, одним показателем – массовым выходом летучих веществ при термическом разложении углей без доступа воздуха (V^{daf}).

При разработке нормативных документов предполагалось, что показатель V^{daf} и некоторые другие критерии оценки степени метаморфизма углей, являются относительно постоянными в пределах одного шахтного поля. От достоверности принятого допущения в значительной мере зависит точность прогноза проявления опасных свойств каждого шахтопласта. В большинстве случаев границами шахтных полей являются, как правило, относительно крупные геологические нарушения [11]. Близость расположения к ним мест отбора проб угля, несомненно, влияет на получаемые результаты оценки свойств шахтопластов. Так, например, дегазирующее влияние Карловского и Софиевского сбросов распространялось на расстояние до 680 м. [12]. В непосредственной близости к геологическим нарушениям газоносность угля не



превышала $10 \text{ м}^3 / \text{т.г.б.м.}$, а вне зоны их влияния она стабилизировалась на уровне $30 \text{ м}^3 / \text{т.г.б.м.}$. Изменение газоносности антрацитового пласта происходило также и в зависимости от расстояния до верхней границы метановой зоны. Метаноносность угленосных отложений определяется, в основном, глубиной залегания пластов, степенью метаморфизма угля, наличием покровных отложений и другими факторами [13].

Приведенная информация указывает на возможное изменение газоносности в зависимости от места отбора проб угля при разных значениях глубины и расстояния до геологического нарушения или зоны газового выветривания. В свою очередь в нормативных документах [7–10] используются эмпирические зависимости газоносности и других опасных свойств проявления шахтопластов при ведении горных работ от степени метаморфизма углей без учета влияния этого фактора. Практически во всех случаях прогнозирование проявления опасных свойств и вероятность возникновения аварийных ситуаций устанавливается [7–10] по отношению к отдельному шахтопласту. Индивидуальная оценка проявления опасных свойств каждого шахтопласта производится, в общем случае, с использованием пяти показателей степени метаморфизма углей. Кроме показателя V^{daf} в отдельных случаях дополнительно для характеристики свойств антрацитов применяют объемный выход летучих веществ (V_v^{daf}) и логарифм удельного электросопротивления ($\lg \rho$). В остальных случаях для установления опасных свойств шахтопластов иногда рассматривают также толщину пластического слоя (y) и марки углей (M). Их корректировка на возможное влияние геологических нарушений, глубины ведения горных работ и удаленности от зоны газового выветривания не производится. По этой причине представляет научный и практический интерес установление возможных границ диапазонов изменения показателей степени метаморфизма углей в пределах одного шахтопласта. В ряде случаев возникает также необходимость обосновать возможность использования показателей степени метаморфизма углей без их корректировки для установления проявления опасных свойств шахтопластов в разных угольных бассейнах. Результаты исследований в данном направлении необходимы для усовершенствования требований нормативной базы по безопасной отработке угольных шахтопластов, что свидетельствует об их актуальности.

Идея заключается в использовании экспериментальных данных о количественном значении одного из основных показателей степени метаморфизма углей, определенного разными исследователями для конкретного шахтопласта в разные периоды времени его отработки. Это позволяет проанализировать случайным образом сформированные базы данных о фактических диапазонах изменения классификационного показателя в пределах совокупности рассматриваемых шахтопластов.

Цель – установить возможные абсолютные и относительные индивидуальные погрешности определения одного из основных показателей степени метаморфизма V^{daf} в границах отдельного шахтопласта при случайном



месте отбора проб угля.

Методика. Одним из основных и наиболее изученным показателем степени метаморфизма углей является выход летучих веществ (V^{daf}). Для прогноза проявления опасных свойств шахтопластов при ведении горных работ этот показатель используется во всех нормативных документах [7–10]. Достаточно объёмная информация о значениях показателя V^{daf} содержится в «Каталоге шахтопластов СССР по пылевому фактору» [10]. В нем приведены данные для 2193 шахтопластов разных угольных бассейнов. Основное количество данных относится к шахтопластам Донецкого бассейна (1773). На долю остальных бассейнов приходятся сведения о 460 шахтопластах, в том числе для Львовско–Волынского бассейна приведены данные об 46 шахтопластах. Параллельно с данными [10] к анализу привлекли сведения о выходе летучих веществ для 206 шахтопластов согласно другим источникам [1–4, 14, 15].

Для исключения возможных ошибок в установлении соответствия между рассматриваемыми шахтопластами согласно разным источникам информации, производилась проверка их принадлежности по названию шахт, местному наименованию пластов и их геологическим символам.

Результаты статистической обработки пар данных весового выхода летучих веществ V_1^{daf} и V_2^{daf} , позаимствованных соответственно из «Каталога шахтопластов СССР по пылевому фактору» [10] и других [1–4, 14, 15] источников, показали тесную корреляционную взаимосвязь между ними (рис. 1).

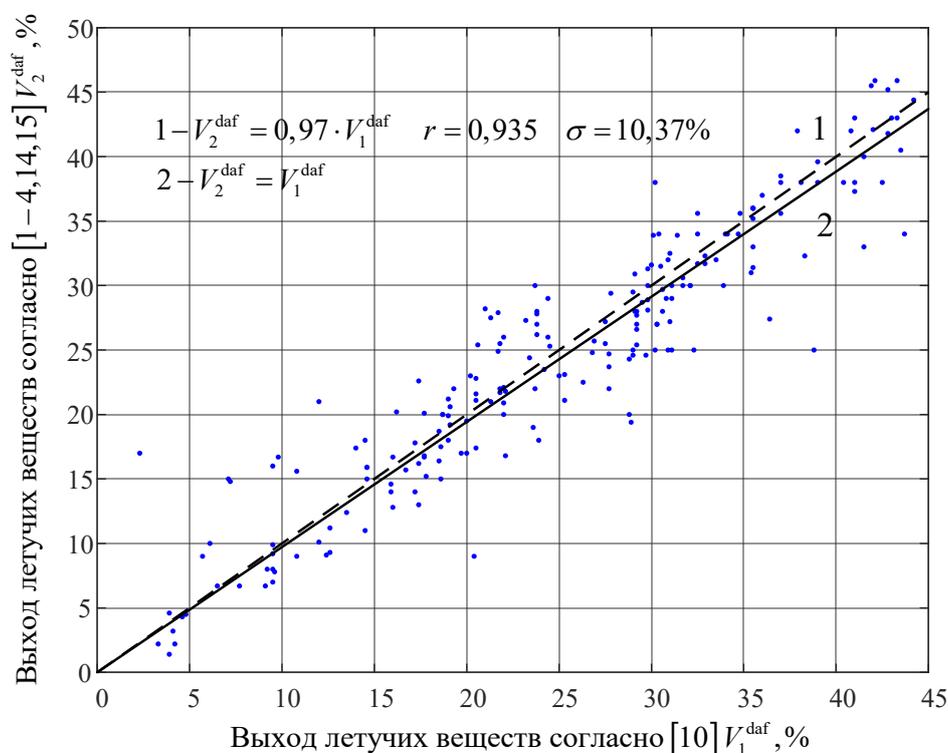


Рисунок 1- Соответствие выхода летучих веществ при термическом разложении углей разных угольных месторождений между данными (V_1^{daf}), каталога [10] и приведенными в других [1–4, 14, 15] источниках (V_2^{daf})



1 - прямая, полученная по результатам обработки экспериментальных данных методом наименьших квадратов;

2 - биссектриса координатной сетки;

• - точки, определяющие соотношения между V_1^{daf} и V_2^{daf} ;

r, σ - соответственно коэффициент корреляции и среднее квадратическое отклонение

Авторская разработка

Коэффициент корреляции (r) для рассматриваемой выборки из 206 пар данных был довольно высоким (0,935). Это свидетельствует о том, что в границах отдельного шахтопласта значение массового выхода летучих веществ при термическом разложении углей остается относительно постоянной величиной. В идеальном случае экспериментальные точки взаимозависимости функции $V_2^{\text{daf}} = f(V_1^{\text{daf}})$ должны располагаться на отрезке прямой биссектрисы (2) координатной сетки. Полученная усредняющая прямая регрессии (1) незначительно отличается от биссектрисы (2). С другой стороны экспериментальные данные из разных источников в значительной части случаев существенно отклоняется от рассматриваемых прямых (1, 2). Одной из причин такой ситуации может быть отбор проб угля в разных частях шахтного поля и на разном удалении от зон влияния геологических нарушений и газового выветривания. Кроме места отбора проб угля в шахтном поле на значительные отклонения $\sigma = 10,37\%$ экспериментальных данных от усредняющих прямых (1, 2) могла оказать точность определения выхода летучих веществ при термическом разложении углей без доступа воздуха. Для оценки влияния этого фактора рассмотрели абсолютные среднее квадратические отклонения ($\bar{\sigma}_i$) в отдельных диапазонах изменения V^{daf} (табл. 1).

Абсолютные среднее квадратические отклонения (σ_i) находились в интервале $2,29 \div 5,33\%$ с корреляционной зависимости ($r = 1$) от \bar{V}_i^{daf} (рис. 2а). Среднее ее значение (прямая 1) составляет $3,8\%$.

Таблица 1

Сведения о значениях среднее квадратических отклонений (СКО) ($\bar{\sigma}_i$) от усредняющей прямой 1 (рис. 1) в отдельных диапазонах изменения V_i^{daf}

Диапазоны изменения V_i^{daf} , %	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45
Среднее значение V_i^{daf} в диапазоне, %	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5
Абсолютное СКО в диапазоне $\bar{\sigma}_i$, %	5,33	4,23	3,62	2,29	4,22	3,08	3,17	4,38	3,61
Относительное СКО $\Delta\bar{\sigma}_i = \frac{\bar{\sigma}_i}{\bar{V}_i^{\text{daf}}} \cdot 100, \%$	213,01	56,4	28,95	13,07	18,74	11,19	9,76	11,78	8,50

Авторская разработка



Относительные среднеквадратические отклонения ($\Delta\sigma_i$) определяется зависимостью:

$$\Delta\sigma_i = \frac{\bar{\sigma}_i}{\bar{V}_i^{\text{daf}}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

Для рассматриваемой выборки возможные значения выхода летучих веществ V_i^{daf} находились в диапазоне 1 ÷ 50%, а абсолютные среднеквадратические отклонения ($\bar{\sigma}_i$) в отдельных диапазонах изменения V_i^{daf} составляли 2,29 ÷ 5,33%. Исходя из возможных значений V_i^{daf} и $\bar{\sigma}_i$, рассчитали согласно уравнению (1) ожидаемые минимальные ($\Delta\sigma_{\text{min}}$), максимальные ($\Delta\sigma_{\text{max}}$) и средние ($\Delta\sigma_{\text{cp}}$) относительные среднеквадратические отклонения.

Минимальное значение $\Delta\sigma_{\text{min}}$ будет наблюдаться при максимальном значении V_i^{daf} ($\approx 50\%$) и минимальном $\bar{\sigma}_i$ ($\approx 2,29\%$). Для этого случая

$$\Delta\sigma_{\text{min}} = \frac{2,29 \cdot 100}{50} = 4,58\%.$$

Максимальное значение $\Delta\sigma_{\text{max}}$ будет наблюдаться при $V_i^{\text{daf}} = 1\%$ и $\bar{\sigma}_i = 5,33\%$:

$$\Delta\sigma_{\text{max}} = \frac{5,33 \cdot 100}{1,0} = 533\%.$$

Исходя из аналогичных рассуждений среднее значение $\Delta\sigma_{\text{cp}}$ для рассматриваемой выборки определяется средними возможными значениями $\bar{V}_i^{\text{daf}} \approx 25\%$ и $\bar{\sigma}_i = 3,8\%$:

$$\Delta\sigma_{\text{cp}} = \frac{3,8 \cdot 100}{25} = 15,2\%.$$

Исходя из приведенных расчетов и графика изменения $\Delta\bar{\sigma}_i$ (рис. 2) следует, что \bar{V}_i^{daf} более или менее достоверно определяется при его значениях выше 25%. Относительное среднеквадратическое отклонение в этом случае составляет около 15%, что вполне приемлемо для технических расчетов.

При значениях выхода летучих веществ в диапазоне 25 ÷ 8% резко снижается точность определения \bar{V}_i^{daf} , так как относительные среднеквадратические отклонения могут превышать 50%. Это ставит под сомнение применение выхода летучих веществ в рассматриваемом диапазоне его изменения как надежного классификационного показателя степени метаморфизма углей при установлении опасных свойств шахтопластов.

Еще в большей степени снижается точность определения массового выхода летучих веществ при его значениях менее 8%. В этом случае относительные среднеквадратические отклонения $\Delta\bar{\sigma}_i$ могут превышать 500%. Такая точность определения любого параметра недопустима для применения его в инженерных расчетах.

Особенности точности определения массового выхода летучих веществ



были учтены при разработке ГОСТов классификации углей по их генетическим и технологическим параметрам.

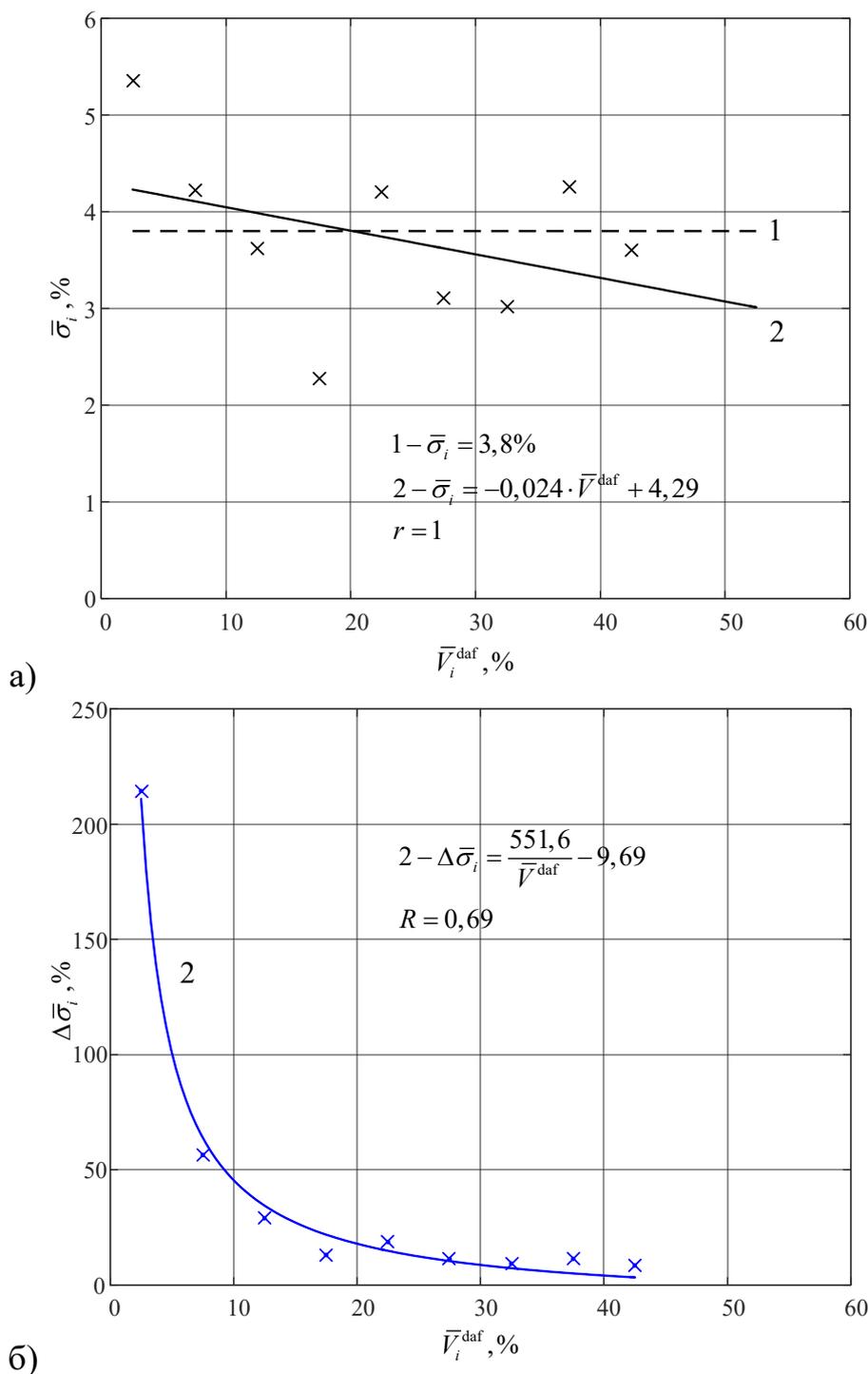


Рисунок 2 - Зависимость изменения абсолютных (а) и относительных (б) ($\Delta\bar{\sigma}_i$) среднеквадратических отклонений от значения выхода летучих веществ в отдельных интервалах \bar{V}_i^{daf} :

1 (а) - прямая зависимости среднего абсолютного значения $\bar{\sigma}_i$;

2 (б)- кривая изменения относительного значения $\Delta\bar{\sigma}_i$;

× - средние значения $\bar{\sigma}_i$ и $\Delta\bar{\sigma}_i$ в соответствующих диапазонах \bar{V}_i^{daf} ;

r, R - коэффициент корреляции и корреляционное отношение.

Авторская разработка



Согласно [16] V^{daf} используется как классификационный показатель для деления ископаемых углей на виды топлива. При $V^{\text{daf}} = 8\%$ и более угли относят к каменным, а при $V^{\text{daf}} < 8\%$ - к антрацитам. В диапазоне $V^{\text{daf}} = 8 \div 48\%$ и более с помощью этого показателя угли по их потребительским свойствам делят на 21 тип. Высокая погрешность определения V^{daf} в диапазоне 8-25% при установлении потребительских свойств согласно промышленным классификациям компенсировалась рассмотрением дополнительных показателей, характеризующих технологические свойства углей. Окончательный подбор комплекса классификационных показателей для рассматриваемых углей устанавливался опытным путем с последующей проверкой в производственных условиях. Благодаря такому подходу создана современная промышленная классификация [16].

Прогнозировать подобным образом опасные свойства шахтопластов не представляется возможным, ввиду отсутствия условий для проведения соответствующих экспериментов в шахтных условиях. По этой причине в нормативных документах [7-10] выход летучих веществ при термическом разложении углей без доступа воздуха остается практически единственным классификационным показателем степени метаморфизма. При установлении отдельных видов опасных свойств шахтопластов используются значения $V^{\text{daf}} \geq 4\%$ [3-5], что не исключает относительной ошибки до 100% в определении этого показателя. В нормативных документах [7-8] оценка степени метаморфизма углей производится для диапазона изменения V^{daf} в пределах 2-8%, что также может приводить к существенным погрешностям. Приведенные факты свидетельствуют, что современная нормативная база Украины по безопасной отработке угольных месторождений требует ее усовершенствования в части прогнозирования опасных свойств шахтопластов с использованием других показателей степени метаморфизма углей.

Кроме места отбора проб угля в шахтном поле и абсолютной величиной V^{daf} на погрешность ее определения влияет также зольность [17, 18]: чем она выше, тем сильнее искажается значение V^{daf} . С ростом зольности увеличивается доля летучих веществ из минеральных компонентов и уменьшается доля органической массы, к которой относится общая величина летучих веществ из органической и минеральной частей угля при пересчете на сухую беззольную массу. Из-за отсутствия способов полной деминерализации пробы, получить точное значение V^{daf} лабораторным путем невозможно, а пересчет летучих веществ на органическую массу приводит к завышению показателя. В настоящее время показатель V^{daf} лишь приближенно характеризует поведение органической массы углей при термической деструкции и совершенно неприемлем для расчетов при высокой зольности проб. В соответствии со сложившейся ситуацией при установлении потребительских свойств каменных углей их зольность не должна превышать 10% [19]. Пробы с большей зольностью предварительно обогащают в



органических или неорганических жидкостях согласно разработанным ГОСТам. Такое искусственное снижение показателя содержания минеральных примесей в пробах угля при определении V^{daf} не соответствует природному состоянию шахтопластов, что несомненно сказывается на точности прогнозирования их опасных свойств.

Наличие устойчивой связи между V_2^{daf} и V_1^{daf} ($r = 0,935$, рис. 1) при отборе проб угля на разном удалении от зон газового выветривания и геологических нарушений свидетельствует о том, что выход летучих веществ при термическом разложении углей является довольно стабильным показателем для отдельно рассматриваемого шахтопласта независимо от угольного месторождения. Это, в значительной степени, обусловлено слабой корреляционной зависимостью выхода летучих веществ от глубины зоны газового выветривания ($r = 0,51$) и ее практическое отсутствие ($r = 0,05$) от угла залегания пластов [20].

Проведенные исследования подтвердили некоторое постоянство показателя выхода летучих веществ для угля отдельного шахтопласта вне зависимости от места отбора проб. Наряду с этим, учитывая неоднозначное изменение относительных среднеквадратических отклонений в зависимости от абсолютных значений показателя, нельзя считать его применение научно обоснованным для установления степени метаморфических преобразований углей при выходе летучих веществ менее 25%. Как было установлено ранее относительное среднеквадратическое отклонение для таких случаев может превышать 100%, что заведомо указывает на возможность получения недостоверных результатов при прогнозе проявления опасных свойств для значительного количества шахтопластов.

Использование показателя выхода летучих веществ для прогноза опасных свойств шахтопластов [7-10] позаимствовано, без должного научного обоснования, по аналогии его применения в промышленной классификации [16]. Для установления потребительских свойств пробы угля готовятся на сухую или на сухую беззольную массу [19], что не соответствует состоянию угля в шахтопластах при ведении горных работ. При прогнозе склонности шахтопластов к проявлению их опасных свойств необходимо учитывать имеющиеся различия между лабораторным определением показателей и условиями нахождения угля в производственных условиях. Они в первую очередь, отличаются наличием природной влаги и зольности при ведении горных работ.

Также без должного научного обоснования в нормативных документах [7-10] выход летучих веществ при термическом разложении углей принят как классификационный показатель степени метаморфизма углей. Общепринятым понятием метаморфизма является превращение бурого угля последовательно в каменный уголь и антрацит в результате изменения химического состава, структуры и физических свойств угля в недрах, преимущественно под влиянием повышенной температуры и давления [6]. Летучие продукты при термическом разложении углей непосредственно не могут характеризовать



изменения химического состава, структуры и физические свойства углей, происходившие в прошедшие геологические периоды времени. По своей сути процессы температурного разложения является очередной искусственной стадией преобразования углей при более высоких температурах [21]. Процессы метаморфизма углей в природных условиях достигали определенной степени преобразования органической массы при температуре не более 650⁰С. Термическое же разложение согласно требованиям химико-технического анализа производят при 900 или 850⁰С [19].

Заключение и выводы

Проведенные исследования позволяют сделать важные для усовершенствования нормативной базы безопасной отработки угольных пластов вывод:

1. Выход летучих веществ при термическом разложении углей является относительно постоянным показателем для отдельных шахтопластов разных угольных бассейнов, что подтверждается высокой взаимной корреляционной зависимостью между результатами лабораторных испытаний проб угля, отобранных в разных частях шахтных полей.

2. Относительная погрешность определения весового выхода летучих веществ для всех рассматриваемых угольных бассейнов зависит от абсолютного значения показателя. Максимальные относительные среднеквадратические отклонения более 100% наблюдаются при выходе летучих веществ менее 8%, а при выходе летучих веществ более 25% - они стабилизируются на уровне 10 ÷ 20%.

3. При разработке нормативных документов по безопасной отработке угольных шахтопластов, показатель весового выхода летучих веществ для характеристики степени метаморфизма без достаточного научного обоснования позаимствован из промышленных классификаций, характеризующих потребительские свойства углей.

4. Значение весового выхода летучих веществ согласно методикам установления потребительских свойств определяют в лабораторных условиях при искусственном снижении зольности менее 10% и удалении внешней влаги, что не соответствует производственным условиям проявления опасных свойств шахтопластов при ведении горных работ.

5. По своей сути температурное разложение представляет собой очередную искусственную стадию преобразования углей вне недр Земли при более высокой температуре по сравнению с процессами метаморфизма. Продукты разложения непосредственно не отражают изменения в химическом составе, внутреннем строении и свойствах углей, происходившие в прошедшие геологические периоды времени.

6. Для усовершенствования нормативных документов по безопасному ведению горных работ для характеристики степени метаморфизма углей при прогнозе опасных свойств шахтопластов необходимо использовать классификационные показатели, непосредственно отражающие изменение состава и свойства углей в процессе геологических преобразований.



Литература:

1. Айруни А.Т. Теория и практика борьбы с рудничными газами на больших глубинах. М.: Недра 1981, 336 с.
2. Эттингер И.Л., Шульман Н.В. Распределение метана в порых ископаемых углей. М.: Наука. 1975. 112 с.
3. Греков С.П., Пашковский П.С., Орликова В.П.. Тепловой эффект окисления углей и эндогенная пожароопасность / Уголь Украины. 2014. №10. С.46-50.
4. Акиньшин Б.Т. Метаморфизм и взаимосвязь микро– и макропористой структуры, влажности угля с газоносностью пластов / Уголь Украины. 1985. №3. С.37–39.
5. Медведев Э.Н., Саранчук В.И., Качан В.Н. Оценка пылеобразующей способности углей в ряду метаморфизма / Уголь Украины. 1984. №8. С.32–33.
6. ГОСТ 17070–2014. Угли. Термины и определения. Межгосударственный стандарт. – М.: Стандартинформ. 2015. 17 с.
7. СОУ 10.7.00174088.011–2005. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям. Издание официальное. Минуглепром Украины. К.: 2005. 221 с.
8. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. К. Основа. 1994. 311 с.
9. Руководство по предупреждению и тушению эндогенных пожаров на угольных шахтах Украины : КД 12.01.402 – 2000. Донецк : НИИГД. 2000. 216 с.
10. Руководство по борьбе с пылью в угольных шахтах. М.: Недра. 1979. 319 с.
11. Каталог шахтопластов Донецкого угольного бассейна с характеристикой горно–геологических факторов и явлений/Академия наук СССР, ИГД им. А. А. Скочинского. М.: МУП СССР. 1982. 268с.
12. Формирование динамики метановыделения из подрабатываемого массива при отработке газоносных угольных пластов: Монография / Н.И. Антощенко, В.Н. Окалелов, В.И. Павлов и др. Алчевск : ДонГТУ. 2013. 221с.
13. Брижанев А.М., Шейко Ю.М, Джамалова Х.Ф. Влияние тектонических нарушений на распределение газов в угленосных отложениях Донбасса. / Уголь Украины. 1982. №2. С.39–40.
14. Бутузова Л.Ф., Шакир Ш.М., Кулакова В.О., Колбаса В.А. Взаимосвязь между технологическими свойствами углей и составом технического экстрактов // Вестник Донецкого технического университета. 1(1). 2016. С.13–20.
15. Василенко Т.А. Влияние горно-геологических и структурных факторов на содержание метана в угольных пластах / Т.А. Василенко, В.Г. Гринев, А.Н. Молчанов, Д.А. Пономаренко / Збірник наукових праць УкрДГРІ. 2015. № 1. С.46–55.
16. ГОСТ 25543-2013. Межгосударственный стандарт. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам. Издание официальное. М.: Стандартинформ. 2014. 19 с.



17. Жуков П.П., Пашенко В.И. Об оценке выхода летучих веществ из угля / Уголь Украины. 1985. № 9. С.39–40.

18. Водолазский В.Т. О показателях степени метаморфизма каменных углей Донбасса / Уголь Украины. 1980. № 6. С. 35–36.

19. Августевич И.В., Сидорук Е.И., Броновец Т. М. Стандартные методы испытания углей. Классификации углей. – М.: «Реклама мастер», 2019. 576 с.

20. Водолазский В.Т. Связь глубины газового выветривания с углом залегания пластов и их метаморфизмом / Уголь Украины. 1980. № 1. С. 38.

21. Антощенко Н.И., Томалак Н.В. Сятковский С.Л. Влияние температуры на степень метаморфизма ископаемых углей / Уголь Украины. 2002. №7. С. 36–38.

References

22. Ayruni, A T. (1981). *Teoriya i praktika borbyi s rudnichnyimi gazami na bolshih glubinah*. Moskva: Nedra.

23. Ettinger, I. L., & Shulman, N. V. (1975). *Raspredelenie metana v porah iskopaemykh ugley*. Moskva: Nauka.

24. Grekov, S. P., Pashkovskiy, P. S., & Orlikova, V. P. (2014). Teplovoy effekt okisleniya ugley i endogennaya pozharoopasnos. *Ugol Ukrainyi*, 10, 46-50.

25. Akinshin, B. T. (1985). Metamorfizm i vzaimosvyaz mikro– i makroporistoy strukturyi, vlazhnosti uglya s gazonosnostyu plastov. *Ugol Ukrainyi*, 3, 37-39.

26. Medvedev, E. N., Saranchuk, V. I., & Kachan, V. N. (1984). Otsenka pyileobrazuyushey sposobnosti ugley v ryadu metamorfizma. *Ugol Ukrainyi*, 8, 32-33.

27. GOST 17070–2014. *Ugli. Terminy i opredeleniya. Mezhhgosudarstvennyy standart*. (2015). Moskva: Standartinform.

28. SOU 10.7.00174088.011–2005. *Pravila vedeniya gorniyh rabot na plastah, sklonnyih k gazodinamicheskim yavleniyam*. (2005). Kiev: Minugleprom Ukrainyi.

29. *Rukovodstvo po proektirovaniyu ventilyatsii ugolnyih shaht*. (1994). Kiev: Osnova.

30. *Rukovodstvo po preduprezhdeniyu i tusheniyu endogennyih pozharov na ugolnyih shahtah Ukrainyi: KD 12.01.402*. (2000). Donetsk: NIIGD.

31. *Rukovodstvo po borbe s pyilyu v ugolnyih shahtah*. (1979). Moskva: Nedra.

32. *Katalog shahtoplastov Donetsкого ugolnogo basseyna s harakteristikoy gorno–geologicheskikh faktorov i yavleniy / Akademiya nauk SSSR, IGD im. A.A. Skochinskogo*. (1982). Moskva: MUP SSSR.

33. Antoschenko, N. I., Okalelov, V. N., & Pavlov, V. I. (2013). *Formirovaniye dinamiki metanovyideleniya iz podrabatyivayemogo massiva pri otrabotke gazonosnyih ugolnyih plastov: Monografiya*. Alchevsk: DonGTU.

34. Brizhaney, A. M., Sheyko, Y. M., & Dzhamalova, H. F. (1982). Vliyanie tektonicheskikh narusheniy na raspredelenie gazov v ughenosnyih otlozheniyah Donbassa. *Ugol Ukrainyi*, 2, 39-40.

35. Butuzova, L. F., Shakir, S. M., Kulakova, V. O., & Kolbasa, V. A. (2016). Vzaimosvyaz mezhdru tehnologicheskimi svoystvami ugley i sostavom tehnicheskogo ekstraktov. *Vestnik Donetsкого Tehnicheskogo Universiteta*, 1(1), 13-20.

36. Vasilenko, T. A., Grinev, V. G., Molchanov, A. N., & Ponomarenko, D. A. (2015). Vliyanie gorno-geologicheskikh i struk-turnyih faktorov na sodержanie metana v ugolnyih plastah. *Zbirnik Naukovih Prats UkrDGRI*, 1, 46-55.

37. GOST 25543-2013. *Mezhhgosudarstvennyy standart. Ugli buryie, kamennyie i antratsityi. Klassifikatsiya po geneticheskim i tehrologicheskim parametram. Izdanie ofitsialnoe*. (2014). Moskva: Standartinform.

38. Zhukov, P. P., & Paschenko, V. I. (1985). Ob otsenke vyihoda letuchih veschestv iz uglya. *Ugol Ukrainyi*, 9, 39-40.

39. Vodolazskiy, V. T. (1980). O pokazatelyah stepeni metamorfizma kamennyih ugley Donbassa. *Ugol Ukrainyi*, 6, 35-36.

40. Avgushevich, I. V., Sidoruk, E. I., & Bronovets, T. M. (2019). *Standartnyie metodyi ispytaniya ugley. Klassifikatsii ugley*. Moskva: «Reklama master».



41. Vodolazskiy, V. T. (1980). Svyaz glubinyi gazovogo vyivetrivaniya s uglom zaleganiya plastov i ih metamorfizmom. *Ugol Ukrainyi*, 1, 38.

42. Antoschenko, N. I., & Tomalak, N. V. (2002). Vliyanie temperatury na stepen metamorfizma iskopaemyih ugley. *Ugol Ukrainyi*, 7, 36-38.

Abstract. *The paper considers possible errors in the determination of the volatile matter yield V^{daf} , which is used in the regulatory framework of Ukraine for predicting hazardous phenomena during mining, within individual mine layers. When developing regulatory documents, it was assumed that V^{daf} remains a constant indicator within a particular mine formation. Studies have established that V^{daf} remains a relatively constant value, but in parallel with this, an ambiguous accuracy of determining this indicator has been revealed, depending on its absolute value. The absolute standard deviations (σ_i) for different mines from the averaging straight line are $2.29 \div 5.33\%$, and the relative ($\Delta\sigma_i$) - were in the range of $8.50 \div 213.01\%$. $\Delta\sigma_i$ values over 20% correspond to V^{daf} values less than 15%. Such an accuracy in determining V^{daf} casts doubt on the possibility of using this indicator to predict the hazardous properties of mine layers.*

Key words: *coal, thermal decomposition, volatile matter yield, metamorphism, mine layers, hazardous properties, forecast, regulatory documents.*

Статья отправлена: 17.05.2021 г.

© Антощенко Н.И.