

В. С. Савчук, В. Ф. Приходченко, Е. А. Кузьменко

Национальный горный университет

СЕРА В УГЛЯХ ПЕТРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СТАРОБЕЛЬСКОЙ УГЛЕНОСНОЙ ПЛОЩАДИ

Вивчено сірчистість вугілля і форми її знаходження у промислових вугільних пластах. Розглянуто закономірності зміни вмісту сірки за потужністю вугільних пластів, у стратиграфічному розрізі та по площі їх поширення. Виявлено причини різної збагачуваності вугілля за сіркою.

Ключові слова: вугільний пласт, сірчистість, форми сірки, відновленість, збагачуваність за сіркою.

Изучена сернистость углей и формы ее нахождения в промышленных угольных пластах. Рассмотрены закономерности изменения содержания серы по мощности угольных пластов, в стратиграфическом разрезе и по площади их распространения. Выявлены причины различной обогатимости углей по сере.

Ключевые слова: угольный пласт, сернистость, формы серы, восстановленность, обогатимость по сере.

The sulfur content of coal and form of its location in the industrial coal beds are studied. The regularities of changes of sulfur content in coal beds thickness, in the stratigraphic section and on the area of their distribution are considered. The causes of various coal washability for sulfur are developed.

Key words: coal bed, sulfur content, sulfur forms, reduction, washability for sulfur.

Введение. Уголь был и остается крупнейшим источником энергетического и технологического топлива. Анализ запасов углей Донецкого бассейна показывает, что в их составе преобладают малометаморфизованные угли марок Д, ДГ и Г. Их долевое участие в категории А+В+С₁ составляет около 65 % [1]. Угли, как правило, характеризуются низкой теплотой сгорания, повышенной влажностью, зольностью, сернистостью и засоленностью. Расположены запасы таких марок углей преимущественно на небольших глубинах. Поэтому себестоимость их добычи невысока [2; 3]. В тоже время высокая зольность и сернистость затрудняет их эффективное использование для сжигания на электростанциях. Эффективность и экологическая безопасность использования углей, в значительной степени, зависит от возможности их обогащения, как по золе, так и по сере. Поэтому изучение сернистости и разработка мероприятий по снижению отрицательного воздействия соединений серы на окружающую среду является одной из важнейших задач.

Постановка проблемы. Значительные запасы углей марки Д сосредоточены в пределах Старобельской угленосной площади,

расположенной севернее Луганского геолого-промышленного района [2]. Общие запасы и прогнозные ресурсы на данной площади составляют около 9 млрд. тон. Угленосная площадь состоит из Богдановского и Петровского месторождения, а также Старобельской и Сватовской площади. Запасы представлены сернистыми и многосернистыми углями. Поэтому при геологоразведочных работах наибольшее практическое значение имеет оценка возможности обессеривания при обогащении углей. Изучения по этому вопросу, для данной территории, не проводились [4].

Сернистость углей месторождения, обогатимость их по сере, прежде всего, зависит от форм ее нахождения и особенностей распределения в углях.

Цель и задачи. Целью данной работы является предварительная оценка возможности обогащения углей Петровского месторождения по сере. Для ее достижения были решены следующие задачи: изучено количество и формы серы в промышленных пластах, выявлены особенности ее распространения, как по мощности пластов, так и по латерали, и в стратиграфическом разрезе угленосной толщи.

Изложение основного материала. Для решения поставленных задач первоначально создана база данных по составу и качеству углей. В нее внесены все имеющиеся данные, полученные при проведении геологоразведочных работ. Они дополнялись результатами собственных исследований. Так, для изучения форм серы и особенностей ее распределения по мощности пластов опробовано 19 пластопересечений. Для каждого из них, по макроскопическим признакам, выделены и детально описаны слои угля. Особое внимание при описании угля обращалось на характер сульфидной минерализации. Из каждого выделенного слоя отбирались пробы на изготовление аншлифов, шлифов и аншлиф-брикетов. Для каждой пробы угля определены содержание минеральных примесей и видовой состав серы. Обработка данных выполнялась с применением ПЭОМ. Для выявления региональных закономерностей изменения содержания серы применен тренд-анализ.

Пласт k_2 распространен по всей площади Петровского месторождения. Мощность изученных пластопересечений изменяется от 0,85 до 1,45 м. Пласт имеет, преимущественно, простое строение. По петрографическому составу [5; 6] угли относятся к классу гелитолитов, к фюзинито-гелитовому, реже фюзинито-гелититовому типу. Содержание микрокомпонентов группы витринита по отдельным петрографическим слоям изменяется от 74,4 до 90,7 %. В интервал 80 – 90 % попадает более 80 % всех замеров. Сумма отошающих компонентов изменяется от 5,1 до 21,5 %. По степени восстановленности угли относятся к средневосстановленному типу.

Макроскопически пиритная минерализация органического вещества почти не наблюдается. В единичных случаях она присутствует в виде примазок и единичных желваков желтовато-серого цвета. В отраженном свете такие желваки представляют собой скопление фюзенизированных

фрагментов, выполненных пиритом. Отмечены единичные угольные слои с эпигенетической сульфидной минерализацией по трещинам.

Микроскопически сульфидная минерализация наблюдается по различным компонентам, но чаще всего по гелифицированному веществу. Обычно она представлена мелкими или весьма мелкими зернами пирита. Скопление их местами имеет линзовидную форму. Иногда сульфидная минерализация наиболее интенсивно проявляется в слойках с повышенным содержанием золообразующих компонентов.

Мощность пласта по площади Петровского месторождения изменяется от 0,6 до 2,4 м и в среднем составляет 1,4 м. Среднепластовое содержание общей серы изменяется от 0,97 до 12,1 %. Угли, по содержанию серы, относятся чаще к среднесернистым и повышенно сернистым. По площади распространения пласта преобладают зоны сернистых углей (48,7 %) и многосернистых углей (39,3 %). Среднесернистые (7,3 %) и малосернистые угли (4,7 %) имеют незначительное распространение. Среднепластовая сернистость составляет 3,6 %. Ее изменчивость по мощности пластов составляет от 0,18 до 1,95 %, в среднем – 0,96 %. В видовом составе серы преобладает пиритная сера. По отобраным пробам ее содержание изменяется в широком диапазоне значений, от 0,51 % до 4,23 %. Долевое участие пиритной серы в общем ее количестве составляет в среднем 54,2 %. Угли характеризуются довольно высоким и изменчивым содержанием органической серы. Ее содержание изменяется от 0,28 % до 4,24 %, при среднем значении 1,58 %, что составляет 43,9 % от общей сернистости пласта. В некоторых пробах отмечается преобладание органической серы над пиритной. В пластопересечениях, где отмечена эпигенетическая минерализация, преобладает пиритная форма серы. Содержание серы сульфатной в углях месторождения по отдельным пробам изменяется от 0,005 % до 0,22 %, при среднем содержании по месторождению 0,07 %. Это составляет в среднем 1,9 % от общего ее количества.

Наиболее сернистые слои угля расположены в кровле и почве пластов. Зачастую, в самой верхней части пласта, выделяются слойки угля небольшой мощности, в которых наблюдается большое количество брахиопод и отпечатки крупных раковин пелиципод с крупной структурой. По-видимому, они были принесены в торфяник в результате нагона морских вод во время штормов. Фауна в значительной степени пиритизирована. В кровле пласта часто залегает коричневатого-темно-серая микрозернистая порода с горизонтальными слойками витрена. Ее мощность составляет до 0,10 м. Она в значительной части пиритизирована. Выше по разрезу, она переходит в аргиллит темно-серый, типично морской, с большим количеством брахиопод с тонкой структурой с отпечатками и остатками мелкой морской фауны. Пирит развивается повсеместно.

Внутрипластовые породные прослои, как правило, содержат меньше серы. Представлены они темно-серым плитчатым аргиллитом с отпечатками крупного растительного детрита. В шлифе порода состоит из мелкочешуйчатой каолинит-гидрослюдистой массы, возможно с примесью

монтмориллонита. В глинистой массе повсеместно встречаются гнездовидные выделения микрозернистого бесцветного карбоната. Очевидно, это сидерит. Присутствуют единичные угловатые зерна кварца, округлой формы, выделения кремнистого вещества (изометричные зерна халцедона и опала), пластинки биотита и мусковита, хлорит. Поры в фюзене заполнены кальцитом. Встречается апатит. Похоже, что он развивается по остаткам фауны брахиопод.

В почве пласта, как правило, залегают аргиллит черного цвета, с комковатой структурой, большим количеством ризоид. Растительные остатки инкрустированы пиритом. Пирит развивается в виде отдельных зерен, а также желваков неправильной формы, приуроченных к остаткам корневой системы.

Детальное изучение распределения серы позволило сделать вывод, что петрографический состав углей пласта не оказывает существенного влияния на распределение серы. Установлено, что с увеличением мощности пластов содержание ее в углях уменьшается.

Пласт l₇ распространен на большей площади месторождения, за исключением восточной ее части. Рабочая мощность пласта l₇ изменяется в пределах 0,70 – 1,38 м, при среднем значении 1,0 м. Пласт преимущественно простого строения [7].

Уголь пласта относится к марке Д, группе 1Д, подгруппе 1ДВ. Сложен он клареновыми и дюрено-клареновыми разностями. По степени восстановленности угли относятся к маловосстановленному и средневосстановленному типам.

Содержание серы в пласте изменяется от 2,2 до 8,6 %, составляя в среднем 4,4 %. Пластопересечения с многосернистыми углями составляют 72,6 % от их общего количества. Доля сернистого угля – около 21,0 %, а среднесернистого около 6,5 %. В видовом составе серы преобладает сульфидная сера, долевого количества которой составляет в среднем 71,0 %. На втором месте по распространению находится органическая сера, количество которой достигает 27,1 % от количества общей серы.

При визуальном изучении обычно наблюдается эпигенетическая пиритная минерализация. Она приурочена к эндогенным трещинам и представлена пленками, пластинками, ветвящимися прожилками, линзами. Реже – наблюдаются горизонтальные слои пирита. Практически все линзы пирита образовались в результате заполнения пиритом пор фюзена, с частичным, реже полным замещением их клеточных стенок.

Под микроскопом, кроме эпигенетической, приуроченной к трещиноватым зонам, наблюдается тонкодисперсная сульфидная минерализация. Она представлена единичными фрамбоидами пирита в витрене. В гетерогенных полосах иногда образуются цепочки из фрамбоидов. Такие слои обычно характеризуются повышенным содержанием органической серы.

По мощности пласта пиритная минерализация распределена крайне неравномерно от 2,89 % до 10,12 %. В отдельных пластопересечениях

изменчивость содержания общей серы составляет от 1,885 до 6,46 %, а в среднем составляет – 3,65 %.

В угольном пласте содержание серы в значительной степени контролируется его петрографическим составом. Повышенное содержание серы обычно наблюдается в углях вблизи кровли и почвы пласта, в петрографическом составе которых содержится значительное количество крупных фрагментов фюзена. Повышенная сернистость характерна и для внутрипластовых прослоев. Следует отметить повышенное содержание общей серы (до 5,4 %) в породах, залегающих в кровле пласта. Чаще всего они представлены морским аргиллитом со множеством отпечатков раковин гастропод, пелиципод, брахиопод, которые, как правило, пиритизированны.

Пласт m₃ распространен по площади почти всего месторождения и характеризуется невыдержанной мощностью. Средняя мощность пласта составляет 0,8 м. Преобладает простое строения пласта.

Уголь пласта относится к марке Д, группе 1Д, подгруппе 1ДВ. Сложен он клареновыми и дюрено-клареновыми разностями. По степени восстановленности угли относятся к средневосстановленному и восстановленному типам.

Среднепластовая сернистость составляет 4,7 %. По площади распространения пласта содержание серы изменяется от 1,8 до 10,2 %. В целом, уголь относится к группе многосернистого. Доля многосернистых углей составляет 87,4 %, а сернистых – 11,1 %.

В сульфидной минерализации выделяются две генерации: первичная (седиментация и диагенез) и вторичная – постдиагенетическая. Первичная представлена мелкими зернами пирита или их скоплениями, линзами, желваками вдоль поверхностей наслоения по различным растительным остаткам и основной массе. Вторичная генерация наблюдается также в виде крутопадающих прожилков, примазок и налетов по трещинам. Линзы и желваки, как правило, приурочены к прикровельной части пласта, реже к породным прослоям в пластах.

По мощности пластов пиритная минерализация распределяется неравномерно. Изменчивость ее по мощности пластов составляет от 1,79 % до 2,95 %. Наиболее сернистые слои угля приурочены к кровле пласта. Кровля пласта, представленная чаще всего аргиллитом, характеризуется повышенным содержанием серы. На контакте с углем зачастую наблюдаются прослои пирита мощностью до 15 мм. Почва пласта представлена, как правило, аргиллитом серого цвета с многочисленными остатками корневой системы. Макроскопически сульфидная минерализация не наблюдается. Под микроскопом пирит встречается в небольших количествах в виде единичных мелких зернышек по всей массе.

Пласт k₂^H по сравнению с другими пластами, обладая меньшей общей сернистостью, характеризуется самой незначительной изменчивостью этого показателя, как по площади распространения пластов, так и по мощности отдельных пластопересечений.

Макроскопически пиритная минерализация чаще всего не наблюдается. Исключение составляют пластопересечения, где отмечаются отдельные линзы и желваки пирита, приуроченные к кровле, реже к почве пласта. Эпигенетическая минерализация по экзогенным трещинам отмечается редко. Угли характеризуются высоким содержанием органической серы. Это объясняется преобладанием мелких и весьма мелких зерен пирита, наблюдаемых в аншлифах углей. Зачастую скопления глинисто-сульфидной минерализации образует линзы. В некоторых пластопересечениях отмечается существенное преобладание пиритной серы над органической. Для них характерно наличие эпигенетической пиритной минерализации или наличие конкреций пирита.

В отличие от пласта k_2^H , пласт l_7 характеризуется значительным распространением повышенносернистых углей. Макроскопически наблюдается пиритная минерализация, приуроченная к экзогенным трещинам в виде пленок, ветвящихся прожилков. Как и в пласте k_2^H отмечаются линзы пирита, приуроченные к почве и кровле пласта. Кроме эпигенетической минерализации, но в меньшем количестве, присутствует и тонкодисперсная, преимущественно, первичная сульфидная минерализация. Отмечается более существенное, чем для пласта k_2^H , изменение сернистости по мощности пласта. Для пласта в целом характерно большее преобладание пиритной серы над органической серой.

Пласт m_3 характеризуется значительным содержанием многосернистых углей на фоне распространения повышенносернистых углей. Сульфидная минерализация представлена двумя генерациями: первичной седиментационной и постдиагенетической. По степени изменения содержания по мощности пластов пирита они занимают промежуточное положение. Следует отметить высокое содержание в углях органической серы.

Для многих бассейнов и месторождений установлена взаимосвязь между основными формами серы в углях. Особенно четко эта связь наблюдается в среднекарбовых углях Донецкого бассейна [8; 9]. С увеличением содержания общей серы повышается содержание сульфатной и органической. В углях с повышенной сернистостью преобладает сульфатная форма сернистости, в малосернистых – органическая. Работами А.З. Юровского установлена взаимосвязь отдельных форм серы в каменных углях и выражена математически для углей Донецкого, Карагандинского, Кизеловского и многих зарубежных бассейнов. Формула имеет следующий вид: $S_p^d = -0,384 + 0,737 S_t^d$. При использовании данной формулы следует помнить, что она приемлема только для углей, содержащих до 5 % общей серы. В соответствии с данной формулой, содержание пиритной серы в угольных пластах k_2^H и m_3 понижено на 0,32 и 0,44 % соответственно, а в пласте l_7 ее количество повышено на 0,43 %.

Выводы. По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. По содержанию серы изучаемые угли относятся к многосернистым и повышенносернистым группам.
2. В сульфидной минерализации выделяются две генерации: первичная (седиментация и диагенез) и вторичная – постдиагенетическая.
3. Пласты характеризуются различным сочетанием генераций пирита. В пласте k_2^H преобладает первичная генерация пирита, а в пласте l_7 – вторичная. Пласт m_3 характеризуется наличием как первичной, так и вторичной пиритизацией.
4. Площадные закономерности изменения содержания серы, в значительной степени, зависят от распространения генераций пирита в угольных пластах.
5. Общая сернистость углей не зависит от степени их восстановленности.
6. Степень восстановленности контролирует соотношение органической и пиритной серы.
7. Угли Петровского месторождения отличаются по соотношению пиритной и органической серы, которое выявлено для углей Донецкого бассейна в целом.
8. Степень изменчивости содержания пирита по мощности пластов увеличивается от пласта k_2^H к пласту m_3 .
9. В стратиграфическом разрезе, от пласта k_2^H к пласту m_3 отмечается увеличение содержания серы.
10. Особенности форм нахождения и распределения серы позволяют сделать предварительные выводы, что обогатимость углей по сере всех угольных пластов будет невысока. Уголь пласта l_7 обладает большей обогатимостью по сере, чем уголь пластов k_2^H и m_3 .

Библиографические ссылки

1. Ресурси твердих горючих копалин України на 01.01.2001 р. – Київ, 2001. – 115 с.
2. **Белоконь В. Г.** Новые месторождения каменных углей Северного Донбасса/ В. Г. Белоконь// Уголь Украины – 1974. – №2. – С. 1-4.
3. **Дроздник И. Д.** О квалифицированном использовании малометаморфизованных углей/ И.Д. Дроздник, И.В. Шульга// Збагачення корисних копалин. – 2009. – Вип. 36(77) – 37(78). – С. 56-59.
4. **Савчук В. С.** Геологічна вивченість і стан дослідженості вугілля Північного Донбасу/ В.С. Савчук, О.О. Кузьменко// Форум гірників – 2009. Матеріали міжнародної конференції, 30 вересня – 2 жовтня 2009 р. – Дніпропетровськ, 2009. – Т.4 – С. 129 – 134.
5. **Миронов К. В.** Справочник геолога-угольщика /Миронов К.В. – М., 1982. – 311 с.
6. Петрографические типы углей СССР/ [А.И. Гинзбург, Е.С. Коржиневская, И.Б. Волкова и др.]. – М., 1975. – 247 с.
7. **Кузьменко О. О.** Склад і якість вугілля Петровського родовища Північодонбаського вугленосного району та основні напрями його

використання/ О.О. Кузьменко// Вісник НГУ. Серія Геологія, 2010. –№ 9-10. – С. 15-20.

8. **Юровский А. З.** Минеральные компоненты твердых горючих ископаемых/ Юровский А.З. – М., 1968. – 214 с.
9. **Савчук С. В.** Природа сульфидов железа угольных месторождений/ С.В. Савчук// Вопросы региональной и генетической минералогии. – 1977. – С. 67 – 74.

Надійшла до редколегії 29.02.12