

УДК 553.042.347+658.56

Закономерности распределения качества углей центрального угленосного района (на примере пласта m_3)

Волкова Т. П. *, Гулуева Э. Г.

ДонНТУ, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 04.06.09, принята к печати 04.12.09.

Аннотация

На примере пласта m_3 рассмотрены актуальные вопросы изменчивости качества коксующихся углей Донецкого бассейна. Определены некоторые закономерности распределения качества (по площади и с глубиной) в зависимости от позиции шахтного поля в структуре Главной антиклинали Донбасса. Предложены математические уравнения для прогнозирования качества на малоизученных участках.

Ключевые слова: качество, коксующийся уголь, прогноз.

Проблема бытового и промышленного использования углей Донецкого бассейна в первую очередь связана с качеством. В различных отраслях промышленности имеются свои требования, предъявляемые к качеству углей. Отклонение от нормы некоторых показателей влияет на стоимость и сферу применения угля. Поэтому вопросы прогноза показателей качества угля являются весьма актуальными.

Данное исследование проводится по заданию государственного предприятия «Артемуголь». Целью работы является выявление закономерностей распределения показателей качества угля в Центральном угленосном районе (на примере пласта m_3), что позволит прогнозировать качество угля на недостаточно изученных участках.

Поля шахт, входящих в ГП «Артемуголь» находятся в Центральном угленосном районе, который приурочен к западной части Главной антиклинали Донбасса. Простираение ее субширотное, углы падения крыльев крутые: $48 - 56^\circ$ - в отложениях свит $C_2^5 - C_3^1$ и $56 - 76^\circ$ - в отложениях свит $C_2^1 - C_2^3$, слагающих ядро складки. На юге антиклиналь резко переходит в пологую Кальмиус – Торецкую котловину, а на севере – в Бахмутскую. К местам сочленения крыльев антиклинали с субмеридиональными флексурами приурочены крупные Булавинский, Брунвальдский и Горловский надвиги. Строение Главной антиклинали почти симметричное. Более круто, по сравнению с южным, залегает северное крыло в западной части района, и наоборот, в восточной части района круче – южное. Пологое западное замыкание Главной антиклинали отделяется от круто залегающих крыльев надвигами: Северным (на севере) и Главным (на юге). Система разрывных нарушений, главным образом надвигового типа, осложняет строение, как крыльев антиклинали, так и осевой части. Почти все надвиги, имеющие южное и юго-западное падение, сливаются в осевой части в единую систему. Амплитуды надвигов при этом быстро уменьшаются. Зона характеризуется многочисленными мелкоамплитудными смещениями. Наиболее крупными надвигами с южным падением сместителя являются (с запада на восток): Осевой, Главный, Артемовский, Чегарский, Горловский и Брунвальдский. Амплитуды их изменяются от 40-50 м (Чегарский, Осевой) до 700–1000 м (Горловский). Кроме надвигов, в районе имеются также сбросы. Наиболее крупные из них – Алмазный, Центральный и Кондратьевский – развиты на северном крыле антиклинали. Они характеризуются субширотным простираением, южным падением сместителей, углами наклона от $15 - 30^\circ$ до $75 - 80^\circ$ при амплитудах разрыва от 60 до 150 м.

* E-mail: ggf@mine.dgtu.donetsk.ua

Исходными данными для исследования являются результаты опробования по 169 керновым пробам по пласту m_3 , из которых 96 отобраны на северном крыле и 73 – на южном. Для исследования выбран пласт m_3 , который представляет большой промышленный интерес. Он выдержан по простиранию на несколько километров, имеет среднюю мощность 1,09 метра и низкую зольность (средняя 12%). Опробование пластов проводилось в рамках доразведки шахтных полей ГП «Артемуголь» в 1985-1988 гг. По отдельным шахтным полям выборки являются непредставительными (за исключением шахты им. Румянцева). Абсолютные отметки отбора проб от -177 до -1824 м. В пробах определены следующие показатели: мощность пласта (m), зольность угля (A), содержание серы (S), выход летучих (V), толщина пластометрического слоя (y), отражательная способность витринита (R_0). Пробы отобраны из углей различной степени метаморфизма, что соответствует маркам: от жирных (Ж) до тощих (Т).

Имеющиеся данные организованы для обработки следующим образом:

- отобраны выборки по отдельным шахтным полям, служащие для исследования влияния структурного положения на качество угля;
- взяты выборки по крыльям для сравнения пространственного распределения качества по крыльям;
- сформирована выборка в целом для Главной антиклинали Донбасса, чтобы выявить качественные особенности угленосной толщи.

Для решения задач поставленных в этой работе выбраны следующие методы:

- анализ фондовых материалов, который дает возможность подробно изучить геологическое строение объекта;
- вариационный анализ для получения качественных характеристик различных геологических структур (обработка данных осуществлена средствами программного обеспечения SPSS 15.0 for Windows);
- корреляционный анализ данных, чтобы выявить связи между геологическими характеристиками и различными показателями качества;
- регрессионный анализ для получения уравнения регрессии и прогноза качества угля;
- пространственно-статистический анализ для исследования пространственной привязки закономерностей изменения качества к определенным геологическим структурам.

На первом этапе работы был проведен анализ геологической документации, содержащей сведения о литологии и тектонике участка исследований, отобраны данные для всех запланированных для исследования выборок. Сопоставление геологии участка и соответствующего изменения качества позволяет выявить геологические факторы, влияющие на распределение качественных характеристик угля. Расчет статистических характеристик показателей качества по отдельным шахтным полям для северного (табл. 1) и южного (табл. 2) крыльев позволил выявить между ними существенные различия. На северном крыле пласт выдержан по мощности. Даже по отдельным шахтным полям его изменчивость в пределах 20%. Среднее значение по всему северному крылу составляет 1,03 метра. Максимальная изменчивость по зольности наблюдается на флангах структуры - шахты им. Изотова и Кондратьевка. Среднее значение по всему северному крылу составляет 13,6%. При этом четкой связи с изменением строения пласта не фиксируется. Наибольшая изменчивость по содержанию серы отмечена на поле шахты им. Калинина. Среднее значение серы по всему северному крылу составляет 2,47%, выход летучих – 16,6, толщина платометрического слоя – 6,14.

Таблица 1

Показатель качества	Статистики по шахтам северного крыла антиклинали															
	Шахта им.Калинина				Шахта им.Кондратьева				Шахта им.Румянцева				Шахта им.Изотова			
	\bar{E}	min	max	s	\bar{E}	min	max	s	\bar{E}	min	max	s	\bar{E}	min	max	s
m	1.04	0.79	1.32	0.13	0.93	0.32	1.35	0.24	1.08	0.75	1.5	0.18	0.98	0.77	1.34	0.17
A	11.4	3.7	18.2	4.07	16	7	37.8	7.09	14.4	7	24.5	4.63	13.5	3.7	38	8.4
S	2.93	1.2	7.8	1.26	2.5	1.6	4.2	0.73	2.8	1.6	5.5	0.84	1.15	0.6	3.4	0.6
V	15.8	11	22	2.77	10.7	8.6	12.9	1.4	17.7	13.8	23.9	2.69	20.7	16.7	27.1	2.75
y	4.5	0	11	1.14	-	-	-	-	6.14	0	16	4.12	8	0	12	3.32
R_0	1.55	1.28	1.75	0.19	1.94	1.67	2.06	0.14	1.51	1.44	1.64	0.08	1.49	1.3	1.62	0.1

\bar{E} – среднее значение показателя

s - стандартное отклонение

На южном крыле пласт менее выдержан по мощности. Средняя мощность по шахтным полям убывает с запада на восток; максимальная зольность отмечается на шахтах со сложным строением пласта – Комсомолец и Кочегарка, наибольшие изменчивость и среднее содержание серы фиксируется на поле шахты им. Гаевого (см. табл.2). Средние значение по всему южному крылу составляют: для мощности – 1,19; зольность – 9,94%; сера – 1,03%; летучие – 25,17%, толщина пластометрического слоя – 13,6.

Таблица 2

Показатель качества	Статистики по шахтам южного крыла антиклинали															
	Шахта им.Гагарина				Шахта им.Гаевого				Шахта «Комсомолец»				Шахта «Кочегарка»			
	\bar{E}	min	max	s	\bar{E}	min	max	s	\bar{E}	min	max	s	\bar{E}	min	max	s
m	1.57	0.93	1.942	0.32	0.78	0.5	1.08	0.25	1.27	0.99	1.78	0.2	1,07	0,74	1,15	0,13
A	8.88	2.8	22.6	5.15	11,1	5	20,7	4,4	12.0	4,6	30.5	8.41	9,59	5.10	18,5	4,16
S	1.06	0.5	3.0	0.63	1.65	0,7	3,38	1,03	0,91	0.6	2.0	0.32	0,92	0.6	1,7	0,34
V	25.5	22,8	28	1.63	22.6	17,8	29,2	3.74	26,3	21,9	29	2.45	24,84	19,8	28,8	2,77
y	13.3	10	21	2.99	13,5	7	25	5,36	14,7	10	20	3,65	13,87	8	19	3,68
R ₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Корреляционные связи определялись как для каждого шахтного поля в отдельности, так и в целом по крыльям антиклинали. Наибольшую информативность имеют такие показатели, как мощность и зольность пласта, содержание серы, выход летучих, толщина пластометрического слоя, абсолютная отметка отбора пробы (Glub). Показатели выход летучих, толщина пластометрического слоя и отражательная способность витринита отражают смену марочного состава на обоих крыльях. Ниже в таблице 3 приведены значимые корреляционные связи показателей качества на северном крыле Главной антиклинали Донбасса, а в таблице 4 - на южном крыле

Таблица 3

Показатель качества	Парные коэффициенты корреляции и уровни значимости для показателей качества на северном крыле							
	V	α	y	α	R ₀	α	Glub	α
m	0.286	0.05					0.216	0.039
S	-0.32	0.02						
V			0.504	0.00	-0.89	0.0	0.488	0.0
R ₀							-0.53	0.05

Для отдельных шахтных полей значимые корреляционные связи, выявленные на северном крыле, нестабильны. Так, например, положительная связь мощности и выхода летучих установлена для северного крыла подтверждена только на шахте им. Румянцева, а положительная связь глубины отбора пробы и мощности пласта становится отрицательной значимой на поле шахты им. Калинина. Более стабильны в пределах отдельных шахтных полей связи выхода летучих с отражательной способностью витринита (шахта им. Румянцева, шахта им. Калинина, Кондратьевка). Положительная значимая связь зольности и содержания серы установлена только на шахте им. Калинина. Это говорит о более сложном, чем для других показателей качества, распределении серы и золы на шахтных полях северного крыла, для которых практически не выявлено значимых связей.

На южном крыле связи для отдельных шахтных полей еще более нестабильны. Так, например, положительная значимая связь глубины отбора пробы и выхода летучих, выявленная для всего южного крыла в целом (см. табл.4) становится отрицательной на поле шахты им. Гагарина, Комсомолец, Шахта им. Ленина. На шахте кочегарка значимых связей вообще не выявлено.

Таблица 4

Показатель качества	Парные коэффициенты корреляции и уровни значимости для показателей качества на южном крыле							
	m	α	y	α	R_0	α	Glub	α
V	0,278	0,02	0.519	0.00	-0.89	0.0	0.440	0.0
R_0			-1	0				
y							0,467	0,0

Проводя интерпретацию корреляционных связей с учетом структурного положения каждого шахтного поля в структуре Главной антиклинали Донбасса можно обозначить те геологические факторы, которые повлекли за собой изменчивость качества угля пласта m_3 . Поле шахты им. Изотова, является тектонически ненарушенным (малоамплитудная тектоника не фиксируется бурением и не отражается в геологической документации). Углы падения пород около 60° . Пласт m_3 выдержан по мощности и на всем поле имеет однопачечное строение. Максимальные значения зольности (38 % и 30,7%) находятся в различных участках поля и связи со строением пласта не имеют. Вероятнее всего это объясняется наличием в угле большого количества неорганических микрокомпонентов. Низкое содержание серы (максимум 3,4) объясняется отсутствием породных пропластков (по выявленной для соседних шахт закономерности распределения серы). Пробы отобраны из углей марок К и ОС. Марка К распространена до отметок около -1000 м, глубже распространения получили угли марки ОС. С увеличением степени метаморфизма при возрастании глубины современного залегания связаны изменения в значениях показателей V, y (убывание) и R_0 (возрастание).

Поле шахты им. Румянцева относительно сильно нарушено дизъюнктивами (I и II Румянцевские надвиги). Углы падения пород около 60° . Пласт m_3 в западной части шахтного поля имеет сложное строение с тонким породным прослоем, такое же строение пласта наблюдается в отдельных пробах в восточной части, к этим участкам привязываются максимумы зольности. По корреляционной связи зольности и содержания серы можно сделать вывод о приуроченности зерен пирита к породному прослою. Пространственно сера не выявляет связи с разрывными нарушениями. Угли представлены марками К, ОС, Т. Характер смены марок сложный. Со сменой марок связаны изменения значений показателей V, y и R_0 . Почти все пробы взяты в пределах распространения марки ОС. Поэтому однозначно выводы можно сделать для углей данной марки.

Поле шахты им. Калинина тектонически слабо нарушено: крупные дизъюнктивы присутствуют на соседних шахтных полях (Румянцева и Кондратьевка). Углы падения пород уменьшаются до $52-53^\circ$. Пласт m_3 относительно выдержан по мощности, в ряде проб выявлено двухпачечное строение с тонким породным прослоем. К этим пробам приурочены максимумы зольности и содержания серы (корреляционная связь аналогична полю шахты им. Румянцева). Марочный состав углей ОС и Т. Смена марок происходит на уровне абсолютных отметок -1000 на западе шахтного поля и -750 на востоке. С увеличением степени метаморфизма при возрастании глубины современного залегания связаны изменения в значениях показателей V, y (убывание) и R_0 (возрастание).

Поле шахты Кондратьевка нарушено Калининским надвигом, находящимся в западной части. Углы залегания пород $52-59^\circ$. Пласт m_3 выдержан по мощности и на незначительном участке (в восточной части поля) имеет двухпачечное строение с тонким породным прослоем. К этому участку приурочено максимальное значение зольности – 37,8%. Содержание серы не выявляет прямых связей со строением пласта и тектоникой шахтного поля. Угли марок ОС и Т, но пробы отобраны преимущественно из углей марки Т. Смена марок происходит на уровне абсолютных отметок -750 на западе шахтного поля и -450 на востоке (пласт отработан).

Поле шахты им. Гагарина характеризуется сильной тектонической нарушенностью. Дизъюнктивы: I я западная флексура, I, II и III Чегарские надвиги. Углы падения пород $62-65^\circ$. Пласт m_3 на этом шахтном поле имеет максимальную по исследуемому участку мощность. В отдельных пробах в кровле пласта обнаружены углистые породы, которые отрабатываются вместе с пластом, повышая зольность угля. Кроме того, в восточной части шахтного поля пласт имеет двухпачечное строение, также повышающее зольность. Содержание серы не выявляет

прямых связей со строением пласта и тектоникой шахтного поля. Пробы отобраны из углей марок Ж, К и ОС. С увеличением степени метаморфизма при возрастании глубины современного залегания связаны изменения в значениях показателей V , u и R_0 .

Поле шахты Комсомолец нарушено Комсомольским флексуно-надвигом, находящимся в центральной части поля. Угол падения пород меняется в широких пределах: от 49 до 62°. Пласт m_3 имеет двухпачечное строение в западной части поля и однопачечное – в восточной. В зонах сложного строения возрастает мощность и зольность. Этим объясняется корреляционная связь мощности и зольности. Распределение содержания серы не выявляет прямых связей со строением пласта и тектоникой шахтного поля. Пробы отобраны из углей марок К и ОС. С увеличением степени метаморфизма при возрастании глубины современного залегания связаны изменения в значениях показателей V , u и R_0 .

Поле шахты им. Ленина тектонически слабо нарушено разрывами надвигового типа, затухающими с глубиной. Углы падения пород 45-50°. Пласт m_3 имеет однопачечное строение. В восточной части пласт сближается (на расстояние до 10 м) с вышележащим. Это осложняет условия отработки пласта, но не влияет на пластовые показатели качества. На поле шахты им. Ленина их распределение сложное, нелинейное, но изменяющееся в узком диапазоне. Пробы отобраны из углей марок К и ОС. С увеличением степени метаморфизма при возрастании глубины современного залегания связаны изменения в значениях показателей V , u и R_0 .

Поле шахты Кочегарка характеризуется сильной тектонической нарушенностью. Дизъюнктивы: Горловский, Поперечный, III Восточный надвиги. В западной части поля пласт имеет сложное строение с общей зольностью до 32,5%. В восточной части происходит расщепление пласта на m_3 и m_3^1 . Статистические показатели для шахты Кочегарка имеют значительную погрешность из-за малого количества проб по данному участку (11 скважин). Отсутствуют пробы из области некондиционной мощности пласта и зоны сложного строения. Поэтому для этого шахтного поля планируется проведение более детальных работ.

Поле шахты им. Гаевого тектонически нарушено только малоамплитудной тектоникой. Угол падения пород около 60°. Пласт m_3 на шахтном поле расщепляется, за счет чего у рабочей пачки пласта резко уменьшается мощность (до некондиционной юго-западной части поля). Зольность относительно невысокая, поскольку отрабатывается только верхняя пачка без засорения породным прослоем. Высокая сернистость углей, вероятнее всего, связана со сложным строением пласта. Пробы отобраны из углей марок К и ОС.

Анализ связей и сопоставление геологии участков с распределением показателей качества в целом позволило сделать следующие выводы:

- существует зависимость зольности от строения пласта;
- установлена связь между содержанием серы и зольностью на северном крыле;
- большая часть связей (между показателями выхода летучих, толщины пластометрического слоя, отражательной способностью витринита с одной стороны и глубиной отбора пробы – с другой) отражает особенности изменения метаморфизма в породах Главной антиклинали.

Сравнивая северное и южное крылья, следует отметить различия в их геологическом строении. Южное крыло имеет более сложное строение, характеризуется большей изменчивостью углов падения пород, сильнее нарушено тектонически. В то же время угли северного крыла более изменчивы по марочному составу и имеют более высокую степень метаморфизации.

Выявленные значимые связи позволяют составить уравнения регрессии для определения значений таких важных показателей, как сернистость и отражательная способность витринита. По отдельным шахтным полям регрессионный анализ не проводился, поскольку прогнозирование качества предусмотрено отдельно по северному и южному крыльям Главной антиклинали Донбасса.

Уравнение регрессии для северного крыла имеет следующий вид

$$R_0 = -0,043V + 0,0001G_{\text{луб}} + 2,152$$

Зависимая, прогнозируемая переменная - отражательная способность витринита, независимые переменные – абсолютная отметка отбора пробы и выход летучих.

Коэффициент детерминации уравнения (R^2) 0,828, стандартная ошибка 0,096

Применение данного уравнение на практике позволит определять отражательную способность витринита на недостаточно изученных участках.

На южном крыле получено уравнение регрессии для другого важного показателя качества коксующихся углей – толщины пластометрического слоя (независимые переменные – абсолютная отметка отбора пробы и выход летучих).

Уравнение регрессии для южного крыла имеет следующий вид

$$Y = 0,591V + 0,003G_{lub} + 1,858$$

Это уравнение менее точное: коэффициент детерминации (R^2) 0,386, стандартная ошибка 0,181.

Применение данного уравнение на практике позволит определять толщину пластометрического слоя на недостаточно изученных участках.

Таким образом, выявленные в данной работе закономерности распределения показателей качества углей позволили установить конкретные геологические факторы, влияющие на них. Это позволило составить уравнения регрессии, использование которых позволит планировать качество обрабатываемого угля. В целом большая часть значимых корреляционных связей отражает распределение показателей в зависимости от степени метаморфизма. Для северного крыла наибольший интерес представляет уравнение регрессии, полученное для отражательной способности витринита на северном крыле.

Библиографический список

1. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР: монография в 2 т. Т.1/ Науч. ред. Кузнецов И.А.- М.: Государственное научн.техн. изд-во литературы по геологии и охране недр. 1963. – 365 с.
2. Левенштейн, М.Л. Закономерности метаморфизма углей Донецкого бассейна / Левенштейн, М.Л. // Советская геология. – 1962. – Вып. 2. – с. 61-79.
3. Метаморфизм углей и эпигенез вмещающих пород/ Науч. ред. Е.О. Погребницкий; - М.: Недра, 1975. с. – 175 с.
4. Отчеты о доразведке полей шахт ГП «Артемуголь»: / Горловская ГРЭ Андрич Р.И. [и др.] – Артемовск, 1987.

© Волкова Т. П., Гуляева Э. Г., 2010.

Анотація

На прикладі пласта m_3 розглянуті актуальні питання мінливості якості вугілля Донецького басейну, що коксується. Визначені деякі закономірності розподілу якості (за площею і з глибиною) залежно від позиції шахтного поля в структурі Головної антиклиналі Донбасу. Запропоновані математичні рівняння для прогнозування якості на маловивчених ділянках.

Ключові слова: якість, вугілля що коксується, прогноз.

Abstract

On a layer example m_3 pressing questions of variability of quality of coked coals of Donetsk basin are considered. Some laws of distribution of quality (on the area and with depth) depending on a position of a mine field in structure of the Main anticline of Donbass are defined. The mathematical equations for quality forecasting on sites are offered.

Keywords: quality, coked coals, forecast.