

УДК 553.94

ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ РОССИИ, ОТРАБАТЫВАЕМЫХ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

В.Ю. Линник, А.В. Поляков, Ю.Н. Линник

Приведены результаты анализа горно-геологических и качественных характеристик угольных пластов. Особое внимание уделено характеристикам пластов, влияющим на безопасность ведения очистных и подготовительных работ в подземных условиях шахт. С учетом закрытия действующих шахт и вновь вводимых в эксплуатацию, дана прогнозная оценка горно-геологических условий на период до 2030 года.

Ключевые слова: угольный пласт, мощность, угол падения, глубина залегания, газоносность, горный удар, внезапный выброс, устойчивость пород, марка угля, пластовая зольность, влажность угля, содержание серы, выход летучих, теплота сгорания, прогноз.

«Энергетическая стратегия России на период до 2035 года» предусматривает существенное наращивание объемов добычи угля и замещение им значительной доли природного газа. Связано это с несколькими причинами. Во-первых, по мере развития экономики России потребность в электроэнергии промышленности постоянно возрастает. Во-вторых, в ближайшее десятилетие потребность в газовом топливе в европейских странах и странах азиатско-тихоокеанского региона будет увеличиваться и обеспечивать ее в значительной мере должна будет Россия. Поэтому высвобождение части природного газа за счет наращивания доли угля при выработке энергии является стратегической задачей России.

Для реализации вышеуказанных направлений необходимы условия, при которых бы с одной стороны существенно возросла производительность добычных работ на угольных шахтах, а с другой - снизилась себестоимость добываемого угля. Последнее необходимо для повышения конкурентоспособности угля перед нефтью и газом, запасы которых в России уменьшаются.

В связи с вышеизложенным были выполнены исследования, направленные на анализ горно-геологических и качественных характеристик угольных пластов, а также условий безопасности ведения горных работ на действующих и перспективных шахтах. Дан их прогноз на период до 2035 г. Анализу было подвергнуто 209 шахтопластов, отнесенных в разряд рабочих.

1. Горно-геологические условия

К горно-геологическим условиям разработки угольных пластов, определяющим эффективность работы очистного забоя и технологичность добычи угля, относятся геологическая мощность пласта, угол его падения,

глубина залегания, опасность пласта по самовозгораемости угля, газообильность угольного массива, которая в свою очередь характеризуется опасностью пласта по внезапным выбросам угля и горным ударам, категоричностью шахты.

При анализе вышеперечисленных показателей учитывались не только те пласты, которые разрабатывались по состоянию на конец 2016 г, но и пласты, отнесенные в разряд рабочих, отработка которых прогнозируется в последующие годы. Таким образом, анализу были подвержены практически все разрабатываемые и намеченные к отработке подземным способом шахтопласты.

Рассмотрим распределение шахтопластов по углам их падения и геологической мощности (табл. 1).

Таблица 1
Распределение шахтопластов по мощности и углу падения

Мощность пласта, м	Количество шахтопластов			Всего, шт.	Удельное участие, %
	Угол падения пласта, градус				
	до 35	36 – 45	свыше 45		
до 1,2	12	-	-	12	5,7
1,21-1,8	26	3	5	34	16,2
1,81-3,5	64	4	17	85	40,0
более 3,5	45	4	31	80	38,1
Всего	147	11	53	209	100
Удельное участие, %	69,6	5,2	25,2	100	

Согласно существующей классификации [1] все угольные пласты по углам падения подразделяются на пологонаклонные (до 35 град), крутонаклонные (36-45 град) и крутопадающие (свыше 45 град). В свою очередь пологонаклонные пласты подразделяются на 2 группы: с углами падения 0-18 град (пологие) и 19 – 35 град (наклонные). По геологической мощности пласты подразделяются на тонкие (до 1,2 м), средней мощности (1,21 – 3.0 м) и мощные (более 3,0 м).

Анализируя приведенные в таблице 1 данные, видно, что подавляющее большинство шахтопластов (69,1%) приходится на пологонаклонные, из которых 40,6 % составляют пласты средней мощности, 38,2 % мощные и лишь 4,3 % тонкие пласты. Доля крутопадающих и крутонаклонных пластов в общем объеме разрабатываемых подземным способом составляет 30,4 %. Однако такие пласты разрабатываются исключительно в Прокопьевско-Киселевском районе Кузбасса без применения средств

комплексной механизации.

В табл. 2 приведено распределение объемов добычи угля в зависимости от геологической мощности и угла падения пласта.

Таблица 2

**Распределение добычи угля из действующих очистных забоев
в зависимости от мощности и углов залегания угольных пластов**

Мощность пласта, м	Удельный вес очистной добычи (%) по углам падения пласта (градусов)			Всего
	до 35	36-45	более 45	
до 1,2	3,1	0	0	3,1
1,21-1,8	12,6	0,1	0,1	12,8
1,81-3,5	57,8	0,2	0,8	58,8
более 3,5	21,9	0,8	2,6	25,3
Всего	95,4	1,1	3,5	100,0

Сравнивая данные табл. 1 и 2, видно, что в целом по России 69,1 % очистных забоев, относящихся к пологонаклонным пластам, добывают 95,4 % от всего объема добываемого в России подземным способом угля.

Важно отметить, что в основном это забои, оборудованные механизированными комплексами. Напротив, несмотря на то, что на крутопадающие и крутонаклонные пласты приходится 30,9 % очистных забоев, добывается ими всего 4,6 % от общего объема угля, добытого подземным способом.

В табл. 3 приведены усредненные по России и основным угледобывающим районам РФ данные о динамике изменения геологической и вынимаемой мощности разрабатываемых пластов за последнее десятилетие.

Из таблицы видно, что по всем основным угледобывающим районам наблюдается увеличение средней геологической и вынимаемой мощности пластов. Однако обращает на себя внимание то обстоятельство, что в Северном и Северо-Кавказском районах, где в основном разрабатываются тонкие и средней мощности пласты, их вынимаемая мощность выше, чем геологическая, что свидетельствует о значительной доле в этих районах очистных забоев, работающих с присечкой боковых пород. Особенно заметный рост мощности пластов произошел на шахтах Западно-Сибирского угольного района. Увеличение мощности пластов в основных угледобывающих районах России связано это с тем, что в рассмотренный период времени происходило постепенное замещение неперспективных шахт с неблагоприятными горно-геологическими условиями новыми шахтами с более мощными угольными пластами. Так только в период с 2004 по 2011 гг. были закрыты 4 шахты Челябинского угольного бассейна, 4 шахты Пе-

черского бассейна, 4 шахты Восточного Донбасса, 8 шахт в Кузбассе и 6 шахт в Восточно-Сибирском и Дальневосточном районах. В тоже время вступили в строй новые шахты, где большинство рабочих пластов имеют мощность существенно превышающую среднюю по России в 2004 и 2005 гг.

Таблица 3

**Динамика изменения средней геологической мощности
разрабатываемых пластов**

Наименование угледобывающих районов	Средняя геологическая (числитель) и вынимаемая (знаменатель) мощность пласта (м) по годам									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2014	2016
В целом по России	$\frac{2,91}{2,91}$	$\frac{2,94}{2,94}$	$\frac{3,23}{3,07}$	$\frac{3,43}{3,15}$	$\frac{3,68}{3,20}$	$\frac{3,73}{3,27}$	$\frac{3,75}{3,29}$	$\frac{3,79}{3,32}$	$\frac{3,82}{3,34}$	$\frac{3,83}{3,36}$
Западно-Сибирский район	$\frac{3,20}{3,10}$	$\frac{3,30}{3,30}$	$\frac{3,64}{3,42}$	$\frac{3,87}{3,53}$	$\frac{4,11}{3,54}$	$\frac{4,23}{3,56}$	$\frac{4,31}{3,59}$	$\frac{4,35}{3,59}$	$\frac{4,38}{3,70}$	$\frac{4,40}{3,75}$
Северный район	$\frac{2,48}{2,32}$	$\frac{2,47}{2,30}$	$\frac{2,43}{2,60}$	$\frac{2,34}{2,56}$	$\frac{2,27}{2,62}$	$\frac{2,29}{2,62}$	$\frac{2,31}{2,63}$	$\frac{2,34}{2,65}$	$\frac{2,40}{2,65}$	$\frac{2,38}{2,66}$
Северо-Кавказский район	$\frac{1,61}{1,61}$	$\frac{1,67}{1,67}$	$\frac{1,43}{1,62}$	$\frac{1,38}{1,61}$	$\frac{1,32}{1,75}$	$\frac{1,33}{1,78}$	$\frac{1,34}{1,79}$	$\frac{1,34}{1,82}$	$\frac{1,30}{1,82}$	$\frac{1,25}{1,79}$

Анализ данных о средней глубине залегания угольных пластов различной геологической мощности показал, что вследствие значительного разнообразия горно-геологических условий, максимальная глубина разработки на шахтах России колеблется от 45 - 70 метров в Дальневосточном районе до 1200 метров в Восточном Донбассе. Тонкие пласты мощностью до 1,8 залегают в основном на значительной глубине, превышающей в среднем 500 м. Как правило это шахты Восточного Донбасса и Печерского угольных бассейнов. Напротив, пласты мощностью 1,8 – 3,5 м и мощные залегают в основном на небольшой глубине (от 100 до 400 м) и разрабатываются преимущественно шахтами Кузбасса, Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Шахты России работают в весьма неравнозначных горно-геологических и горнотехнических условиях, во многом определяющих уровень безопасности ведения горных работ.

В табл. 4 приведено распределение шахт по категориям газовой опасности, откуда видно, что в целом по России угольные шахты пред-

ставлены всеми 6-ю категориями по газовой опасности: негазовые, I, II и III категории, сверхкатегорные и опасные по внезапным выбросам угля и газа.

Негазовыми являются 13,3 % шахт России, 17,8 % отнесены к I категории, и 12,2 % - ко II категории. Таким образом, суммарная доля предприятий, осуществляющих добычу угля подземным способом в относительно благоприятных по газовой опасности условиях, практически исключающих необходимость выполнения дегазационных работ, составляет 43,3 % [2].

Таблица 4
Распределение шахт России по категориям газовой опасности

Угольные районы России	Всего шахт	Категории шахт по газу					
		негазовые	I кат.	II кат.	III кат	сверхкатегорная	опасные по внезапным выбросам
Северный	7	-	-	1	1	2	3
Северо-Кавказский	11	11	-	-	-	-	
Урал	1	-	-	-	1		-
Западная Сибирь	59	-	6	9	16	17	11
Восточная Сибирь	3	-	3	-	-	-	-
Дальний Восток	9	-	7	1	-	1	-
В целом по России	90	12	16	11	18	20	14

Достаточно стабильной остается группа шахт, отличающихся высокой степенью метаноопасности, представленная шахтами III категории, сверхкатегорными и пластами, относящимися к опасным по внезапным выбросам угля и газа. Их суммарная доля в общем количестве шахт составила 56,7 %.

Очень высоким уровнем газовой опасности характеризуется шахты Кузбасса, на территории которого действуют 19 из 25 в целом по России шахт, опасных по выбросам угля и газа (76,0 %), 15 из 19 сверхкатегорных шахт (79,0 %). Большинство удароопасных пластов (75,8 %) также разрабатывается в Кузбассе. При этом абсолютно все шахты опасны по газу.

Наиболее благоприятными условиями по газу отличается Северо-Кавказский регион (Восточный Донбасс), где все 12 шахт являются негазовыми. Высоким уровнем опасности по данному фактору отличаются

шахты Северного региона, где доля шахт с высоким уровнем газовой опасности составляет почти 100 %.

Рассмотрим более подробно распределение угольных пластов России по природной газоносности, склонности проявления внезапных выбросов угля и газа, опасности проявления горных ударов. По этим характеристикам 208 рассмотренных шахтопластов распределяются следующим образом.

По природной газоносности: 48 % шахтопластов с природной газоносностью до $15 \text{ м}^3/\text{т}$; 21,3 % с газоносностью $16 - 25 \text{ м}^3/\text{т}$; 30,7 % с газоносностью свыше $25 \text{ м}^3/\text{т}$.

По склонности проявления внезапных выбросов угля и газа: 44,7 % шахтопластов относятся к неопасным; 17,8 % - к угрожаемым; 37,5 % - к опасным.

По опасности проявления горных ударов: 30,9 % шахтопластов не опасны, 43,8 % - угрожаемы и 25,2 % опасны по горным ударам.

Таким образом следует констатировать, что большинство разрабатываемых пластов (52,0 %) имеют повышенную и высокую степень природной газоносности, что негативным образом влияет на работу шахты и требует проведения значительных по трудоемкости и капитальным затратам мероприятий по дегазации. Остальные 48,0 % шахтопластов имеют невысокую газоносность, что способствует увеличению уровня технологичности работы очистных забоев. Природная газоносность пластов в существенной мере определяет также уровень опасности пластов по внезапным выбросам угля и горным ударам. Чем выше газоносность пласта, тем выше вероятность проявления горных ударов и внезапных выбросов угля на шахтах. Об этом свидетельствуют и вышеприведенные данные характеризующие эти показатели.

В связи с высокой газовой опасностью на 20 шахтах России используют дегазацию выработанного пространства и на 15 - пластовую дегазацию. Дегазацию применяют, в основном, на шахтах Кузбасса и Северного региона.

Подавляющее большинство пластов, разрабатываемых в России, являются опасными по взрывам угольной пыли. Данное обстоятельство обуславливает необходимость значительных дополнительных затрат на контроль, связывание и инертнизацию угольной пыли как в местах ее образования (очистные и подготовительные забои, места перегрузки и т.д.), так и в местах интенсивного осаждения (горные выработки).

Значительное количество шахтопластов в России относятся к опасным, склонным и весьма склонным по самовозгоранию угля. Большинство из них отрабатывается на шахтах Кузбасса (108 шахтопластов или 85,7 % от общего по России количества).

В 2016 году на шахтах России насчитывалось 73 очистных и 205

подготовительных забоев, опасных по фрикционному искрению пород, что свидетельствует об увеличении потенциальной опасности воспламенения метановоздушной смеси от данного источника.

2. Характеристика углевмещающих горных пород по управляемости и устойчивости кровли, прочности почвы

В прогнозных каталогах шахтопластов России определены следующие сочетания свойств боковых пород: ТНП (кровля трудноуправляемая, породы непосредственной кровли неустойчивы, почва прочная); ТУП (кровля трудноуправляемая, породы непосредственной кровли устойчивы, почва прочная); ЛУС (кровля легко и среднеуправляемая, породы непосредственной кровли устойчивы, почва слабая); ЛУП (кровля легко и среднеуправляемая, породы непосредственной кровли устойчивы, почва прочная); ЛНП (кровля легко и среднеуправляемая, породы непосредственной кровли неустойчивы, почва прочная); ТНС (кровля трудноуправляемая, породы непосредственной кровли неустойчивы, почва слабая); ТУС (кровля трудноуправляемая, породы непосредственной кровли устойчивы, почва слабая); ЛНС (кровля легко и среднеуправляемая, породы непосредственной кровли неустойчивы, почва слабая).

Рассмотрим характеристики углевмещающих горных пород на шахтах основных угольных районов России [3, 4].

В Кузнецком угольном бассейне (Западно-Сибирский район) преобладают породы кровли средней устойчивости и устойчивые (41 %) и прочные породы почвы (57 %). Трудноуправляемые породы кровли встречаются в 36 % случаев. Ложная кровля на значительной площади (более 30 %) встречается в 35 % случаев.

Непосредственная кровля пластов Западной Сибири сложена в основном (74,6 %) алевролитами крепостью 3 – 5 единиц по шкале профессора Протоdjяконова М.М., иногда перемежающихся с песчаниками. В 19 % случаев непосредственная кровля состоит из аргиллитов крепостью 3-5 единиц. Иногда встречаются кровли, сложенные песчаником, но это встречается лишь в 6 % случаев.

Основная кровля угольных пластов Кузнецкого бассейна сложена алевралитами различной крепости (55,6 %) и песчаниками (44,4 %), иногда перемежающиеся с алевролитами.

Почва пластов также в основном сложена алевролитами (70,6 %), реже аргиллитами (21,4 %). Иногда, почва пластов состоит из песчаников (7,9 %), имеющих крепость от 7 до 10 единиц.

В Северном районе (Печорский бассейн) наиболее распространены следующие сочетания боковых пород: ТНП – 23,1 %; ТУП – 53,8 %. Два пласта относятся к категории ЛНП и один к категории ТУС. Преобладают породы кровли средней устойчивости и устойчивые – 60 % и прочные почвы – свыше 90 %.

Непосредственная кровля пластов сложена в основном аргиллитами и алевролитовыми аргиллитами и лишь в 8 % случаев она состоит из алевролита.

Основная кровля шахтопластов Печерского бассейна сложена примерно поровну алевролитами и песчаниками, имеющими крепость по шкале профессора Протождяконова М.М. от 3 до 8 единиц – для алевролитов и до 15 – для песчаников.

Почвы пластов на 47 % состоят из алевролитов, в 23 % случаев сложены песчаниками и в 30 % - аргиллитами.

В Северо-Кавказском районе (Восточный Донбасс) имеет место три сочетания свойств боковых пород, однако преобладают породы типа ТУП – 58,3 %. Три пласта (25 %) относятся к категории ЛНС и два (16,7 %) – к ТНП. Из всего количества шахтопластов, разрабатываемых на шахтах Восточного Донбасса 75 % относится к пластам с труднообрушаемыми породами основной кровли. Около 58 % шахтопластов имеют породы непосредственной кровли средней устойчивости и устойчивые и 75 % пластов с прочной почвой.

Непосредственная кровля угольных пластов Восточного Донбасса примерно поровну распределена между глинистыми сланцами, крепостью 2-6 единиц, сланцами песчаными, крепостью 6-8 единиц, и сланцами песчано-глинистыми, крепостью 4 единицы. Иногда глинистый сланец замещается песчаным сланцем.

Основная кровля в подавляющем большинстве случаев сложена песчаником, и песчаным сланцем. В одном случае (шахта Алмазная, пласт I₆) основная кровля сложена известняком, невысокой крепости (3 единицы).

Почвы пластов в основном состоят из песчано-глинистых сланцев (54 %), реже из песчаных сланцев (31 %). В 15 % случаев почвы сложены глинистыми сланцами и только в одном случае (шахтоуправление Замчаловское) почва сложена песчаником.

По прочности на одноосное сжатие боковые породы в Кузнецком бассейне относятся к средним ($\sigma_{сж} = 30-60$ МПа). В Печорском бассейне боковые породы более прочные и составляют $\sigma_{сж} = 40-80$ МПа. Наиболее прочные боковые породы имеют место на шахтах Восточного Донбасса, где $\sigma_{сж} = 60-80$ МПа.

Ложная кровля площадью более 25 % и мощностью 0,1-0,3 м встречается при разработке 50 % шахтопластов в Кузнецком бассейне, 90 % в Печорском и около 100 % в Восточном Донбассе.

3. Качественные характеристики угольных пластов

Угольные пласты России в значительной степени рознятся по качественным характеристикам, которые определяют их экономическую и энергетическую эффективность использования.

Качество угля, как известно, определяется следующими характеристиками [1]: пластовой зольностью, A^d (%); влажностью угля в пласте (влага рабочая), W_t^r (%); содержанием серы в сухом угле, S_t^d (%); выходом летучих по весу, V^{daf} , (%); высшей теплотой сгорания угля, Q_I^r , (ккал/кг).

В зависимости от химического состава, физических и технологических свойств выделяют бурый уголь, каменный уголь и антрацит.

Все бурые угли относятся к одной марке, обозначаемой буквой «Б». По содержанию рабочей влаги они подразделяются на три технологические группы: 1Б – с W_t^r более 40 %; 2Б – 31 – 40 %; 3Б – менее 30 %.

В одну марку объединены также и антрациты «А». К антрацитовым относятся угли с выходом летучих по весу V^{daf} менее 8%.

Для каменных углей с широким диапазоном возможных направлений технологического использования (главным образом в процессе коксования) используется более подробное их деление на марки (до десяти марок), учитывающее различие в выходе летучих, теплоте сгорания, спекаемости. К каменным относят угли с выходом летучих по весу более 8 %. К ним относят угли следующих марок: слабоспекающиеся (СС), тощие (Т), тощие спекающиеся (ТС), отощенные спекающиеся (ОС), коксовые слабоспекающиеся (КС), длиннопламенные (Д), газовые жирные (ГЖ), длиннопламенные газовые (ДГ), газовые (Г), газовые жирные отощенные (ГЖО), коксовые (К), коксовые отощенные (КО), коксовые слабоспекающиеся низкометаморфизированные (КСН).

Марки углей Б, СС и Т подразделены на три технологические группы, а остальные каменные (исключая марки Д, ДГ, КЖ, КСН, ТС) – на две. Технологическая группа определяется цифрой, которая предшествует марке угля, обозначаемой буквой. Например, 1Г – первая группа газовых углей; 3Б – третья группа бурых углей и т.д. В свою очередь в группе каменных углей выделяют коксующиеся угли следующих марок: Г, ГЖ, Ж, КЖ, К, К2, ОС и СС.

Обобщенные данные о качественных характеристиках различных марок угля по основным угледобывающим бассейнам России приведены в табл. 5. Анализируя эти данные можно сделать следующие выводы.

Бурые угли сосредоточены в двух угольных регионах – Челябинском и Дальневосточном. От других марок угля их отличает высокая зольность (от 25 до 34 %), очень высокое содержание влаги (особенно в Челябинском бассейне) – от 21,5 % до 57,6 %, достаточно высокий уровень выхода летучих (от 27 % до 45 %), низкая теплотой сгорания (от 6683 до 7300 ккал/кг) и повышенное содержание серы (в основном более 1,2 %).

Из всего разнообразия каменных углей наибольшее количество их марок представлено длиннопламенными и газовыми углями, а также группой спекающихся и слабоспекающихся углей коксовых марок.

Таблица 5
Качественные характеристики группы бурых углей отдельных бассейнов и районов РФ

Угольный район	Марка угля	$W^r_t, \%$	$A^d, \%$	$S^d_t, \%$	$Q^r_I, \text{ккал/кг}$	$V^{daf}, \%$
Бурые угли						
Челябинский	1Б	54,2-	31,3-33,0	1,2-1,3	6683	44,0-45,0
	ЗБ	37,5	34	1,2	7300	27,0
Дальневосточный	ЗБ	21,5	25,0	0,6	7200	47,0
Длиннопламенные и газовые угли						
Кузнецкий	Д	7,9-8,8	5,0-13,5	0,2-0,4	6648-	36,8-43,0
	ДГ	6,6-9,0	5,9-18,0	0,21-	7800-8000	40,0-43,0
	Г	3,5-9,4	5,5-28,0	0,3-0,7	7790-8360	36,5-49,8
	ГЖО	3,1-4,5	7,9-11	0,2-0,9	8015-8560	35,0-39,0
	ГЖ	2,9-7,5	6,7-34	0,5-1,2	8300-8550	33,3-40,4
Печорский	Д	9,3-10,2	31,4-38,0	2,9-3,2	7204-7400	39,0
Восточная Сибирь и Дальний Восток	Д	5,6-13,7	9,5-38,0	0,4-0,6	7450-7650	40,0-49,0
	ДГ	2,9-8,3	15,6-34,5	0,3-0,4	7750-8050	42,0
	Г	8,7-9,1	11,2-21,0	1,6	8170	43,0
Спекающиеся и слабоспекающиеся угли коксовых марок						
Кузнецкий	КСН	0,9-1,7	6,0-22,0	0,3-0,5		21,4-28,0
	СС	6,9	3,0-25,0	0,3-0,8	8242-8247	16,8-35,0
	Ж	1,1-5,1	6,3-32,0	0,4-0,6	8300-8650	30,1-38,3
	КС	2,3-8,5	13,0-22,5	0,2-0,4	8523-8860	21,2-22,2
	КЖ	5,6-6,8	19,8-26,4	0,4-1,2	8498-8650	22,6-27,0
	К	4,5-10,2	12,3-24,9	0,3-1,2	8400-8597	17,9-26,1
	ОС	1,3-8,5	15,9-22,5	0,3	8400-8523	22,2-25,1
Восточная Сибирь и Дальний Восток	К	4,5	16,3	0,4	8590	22,0
Печорский	Ж	1,8-4,7	12,0-22,0	0,5-0,6	8330-	32,0
Антрациты						
Восточный басс	Дон-А	4,1-5,5	15,3-25,8	1,3-2,6	8000-8300	2,8-3,9
Кузнецкий	А	10,3	12,0-22,5	0,3-0,4	8100-8560	4,0-5,8

Группа длиннопламенных и газовых углей, добыча которых в основном сосредоточена в Кузбассе, характеризуется низким содержанием влаги (от 2,9 до 10,5 %), невысокой пластовой зольностью (в основном 5-15 %), высоким выходом летучих (от 35 до 49,8 %) и соответственно высокой теплотой сгорания. В Северном и Южном Кузбассе, в Прокопьевско-

Киселевском районе развиты в основном угли высокой степени углефикации (марки СС, Т, К), Ленинско-Беловском и Ерунаковском районах – низкой степени углефикации (марки Д, ДГ и Г).

Ценные сорта группы спекающихся и слабоспекающихся углей коксовых марок также в основном добываются в Кузбассе. Их качество характеризуется низким содержанием влаги (от 1,3 до 10,2 %) и невысоким содержанием серы (в основном от 0,3 до 0,6 %). Выход летучих по данной группе углей составляет от 16,8 до 38,3 %.

Значительными ресурсами коксующихся углей располагает также Печорский угольный бассейн. Коксующиеся угли разведаны на Воркутском и Воргашорском месторождениях. По своему составу они относятся к ценным маркам Ж, реже К и характеризуются средним содержанием золы 14-20 %, низким содержанием серы – 0,5-0,7 %. На Воргашорском месторождении развиты малоценные коксующиеся угля марки ГЖО.

Антрациты, добываемые в основном на шахтах Восточного Донбасса обладают самой высокой из всех марок угля теплотой сгорания (от 8000 до 8560 ккал/кг) и очень низким выходом летучих (от 2,8 до 5,8 %). В силу этих отличительных особенностей антрацит в основном используется в коммунально-бытовом секторе и в энергетике. Они обладают также низким содержанием влаги, что характерно для каменных углей, достаточно высоким содержанием серы (до 2,6 %) и повышенной пластовой зольностью [5].

4. Прогноз горно-геологических условий разработки угольных пластов, намеченных к отработке в период до 2035 года

Для прогноза горно-геологических условий на период до 2035 г. привлекались данные о перспективных для освоения подготовленных участков недр нераспределенного фонда, учитывалось также наличие у предприятий угольной промышленности лицензий на право пользования участками недр с целью добычи (разведки) угля, выбытие шахт и их фактическое строительство взамен выбывающих из эксплуатации. Таким образом, анализу были подвержены практически все разрабатываемые и намеченные к отработке подземным способом шахтопласты.

В силу ряда причин (исчерпание балансовых запасов угля, неблагоприятные горно-геологические условия добычи, низкая рентабельность предприятия), будут выведены из эксплуатации в период до 2035 г. порядка 26 шахт. Из них по причине истощения запасов будут закрыты около 10 шахт (№1-5 рудника Баренцбург, Алмазная, Владимирская, Егзовская, им. 7 ноября, Полысаевская, Новая-2, Есаульская, Большевик, Зеленогорская-Новая).

Наибольшее выбытие шахт прогнозируется в Кузбассе, который за 20 лет может потерять порядка 70,0 – 75,0 млн т угля. Ситуации осложняется тем, что в бассейне произойдет ликвидация преимущественно круп-

ных шахт, которые в настоящее время являются основными предприятиями, обеспечивающими потребность отечественных потребителей качественными углями с одной стороны и формирующих внешний угольный рынок - с другой. Это касается прежде всего таких шахт как: Польшаевская, Им. 7 Ноября, Котинское, Талдинская-Западная 2, №7, Чертинская-Коксовая, Есаульская.

Прогнозный перечень основных шахт, вводимых до 2035 г. взамен выбывающих выглядит следующим образом:

- Северный район - Шахта Грумант 2;
- Северо-Кавказский район – шахты Обуховская 1, Кадамовская, Быстрянская 1-2, Платовская, Калиновская Восточная, участки Садкинский Восточный № 2 и Садкинский Северный;
- Западно-Сибирский район - Жерновская-3, Конюхтинская-Западная, Майская, им. С.Д. Тихова, Томская, Глубокая, Коксовая, Ерунаковская-4, Ольжерасская, Глубокая, Шахта «Разрез Инской», Сибирская, Жерновская 1, участки Ерунаковский 1, Ерунаковский 2, Ерунаковский 3;
- Республика Саха (Якутия) – Чульмаканская, Локучакитская, Инаглинская.

Согласно вышеприведенному перечню шахт можно сделать вывод о том, что расширение производственных мощностей, как за счет ввода новых шахт, так и за счет закрытия существующих неперспективных шахт, затронут в большей степени крупнейшие угольные компании Кузнецкого угольного бассейна. К 2035 г. в России будут действовать порядка 100 шахт (примерно на 10 больше, чем в настоящее время).

Выполненный прогноз закрытия и ввода в эксплуатацию новых шахт с учетом горно-геологических характеристик их пластов позволяет выполнить прогнозную оценку условий разработки угольных месторождений подземным способом, основные положения которого сводятся к следующему:

1 Устойчивость и обрушаемость пород кровли, прочность боковых пород на сжатие, параметры и распространение пород ложной кровли существенно не изменятся.

2 Увеличится глубина горных работ на отдельных шахтах Кузнецкого бассейна до 650-700 м.

3 Увеличится количество шахтопластов в Западно-Сибирском и Северном районах с природной газоносностью более 15 м³/т, при которой существенно ограничивается нагрузка на лаву по метановому фактору при действующих способах дегазации разрабатываемого столба. Отдельные пласты опасны по внезапным выбросам и горным ударам и имеют высокую природную газоносность (25 м³/т).

4 В Западно-Сибирском, Северном и Северо-Кавказском районах увеличится количество разрабатываемых шахтопластов мощностью 1,0-1,5

м с применением струговых установок. Такие пласты содержат в основном коксующиеся малосернистые (содержание серы менее 1 %) угли и антрациты.

Горно-геологические условия разработки пологих пластов мощностью 1,0-1,5 м на новых шахтах будут благоприятными: породы непосредственной кровли средней устойчивости (80 %); породы почвы – прочные; сопротивляемость пластов резанию – менее 200 Н/мм; газоносность пластов - менее 15 м³/т; нарушенность пластов переходимыми сбросами – менее 5,0 м/га.

5 Пласты, предназначенные для комбайновой выемки мощностью 1,5-10,0 м будут иметь, как правило, угол падения до 180 (90-95 %). Только 7 шахтопластов – наклонные с углом падения 19-350. Пласты мощностью от 1,5 до 5,0 м будут разрабатываться в один слой, а более 5 м. – двумя наклонными слоями.

6 Для перспективных пластов мощностью 1,5-5,0 м из горно-геологических условий, затрудняющих ведение горных работ, можно выделить следующие:

- в Западно-Сибирском и Северном районах большинство (70 %) шахтопластов являются сближенными даже при нисходящем порядке их отработки, т. е. расстояние между пластами составляет менее 50 м. Сближенные пласты необходимо отрабатывать без оставления целиков угля около выемочных штреков;

- отдельные шахтопласты имеют достаточно высокую сопротивляемость резанию (пласты 29а, 26а, 30, Тройной, Н4, Мощный) из-за наличия в них крупных твердых включений и крепких породных прослойков;

- опасность отдельных пластов по внезапным выбросам и горным ударам;

- высокая природная газоносность пластов – более 15 м³/т (около 35 % пластов).

7. При разработке мощных пологих пластов (более 5 м) на шахтах Западно-Сибирского района основные трудности будут связаны с наличием труднообрушаемых песчаников и гравелитов в кровле пластов III и IV-Y, что затрудняет бесцеликовую отработку верхнего слоя пласта.

Большую опасность представляют возможные эндогенные пожары в нижнем слое из-за оставления межслоевой пачки угля (1,0-1,5 м) и геологических нарушений в виде сбросов.

Подводя итог результатам прогноза горно-геологических условий отработки угольных пластов в целом можно сказать, что к 2035 г. угольные пласты будут в основном (60 %) высокотехнологичными. При этом необходимо будет особое внимание в Западно-Сибирском и Северном районах уделять вопросам дегазации пологих пластов с эффективностью не менее 40 %, безопасной отработки самовозгорающихся мощных (8-10 м)

пологих пластов, эффективной отработки тонких пологих пластов с крепкими антрацитами.

Список литературы

1. Горная энциклопедия: в 5 т. М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1987.
2. Линник В.Ю. Формирование базы данных для прогнозирования развития сырьевой базы угольной промышленности. Монография. М.: ГУУ, 2011. 103 с.
3. Афанасьев В.Я., Линник Ю.Н., Линник В.Ю. Уголь России: состояние и перспективы: Монография. М.: ИНФРА-М, 2014. 271 с.
4. Linnik Yu.N., Afanasiev V.Ya., Linnik V.Yu. State-of-the-art and prospect forecast of geological conditions in underground coal mining for the period up to 2030 // Eurasian mining, № 2, 2015. С. 47-51.
5. Прогноз качества угля на период до 2030 года / Ю.Н. Линник, В.Я. Афанасьев, В.Ю. Линник, Р.С. Потемкин // Вестник университета. М.: Издательский дом ГУУ, 2010. №16. С. 64-68.

Линник Владимир Юрьевич, д-р экон. наук, доц., d0c3n7@gmail.com, Россия, Москва, Государственный университет управления,

Поляков Андрей Вячеславович, д-р техн. наук, проф., Polyakoff-an@mail.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет,

Линник Юрий Николаевич, д-р техн. наук, проф., ylinnik@rambler.ru, Россия, Москва, Государственный университет управления

MINING AND GEOLOGICAL AND QUALITY FEATURES RUSSIAN COAL SEAMS, PRACTICED UNDERGROUND WAY

V.Yu. Linnik, A.V. Polyakov, Yu. N. Linnik

The results of the analysis of geological and qualitative characteristics, coal seams. Attention is paid to the characteristics of the reservoir, affecting the safety of extraction and preparation work in underground mining conditions. In view of the closure of existing mines and the newly introduced of putting into operation, given the prognostic assessment of geological conditions for the period up to 2030.

Key words: coal layer, power, angle of incidence, depth, gas content, a mountain pass, sudden ejection stability of rocks, coal brand, reservoir ash, coal moisture content, sulfur content, volatile, heat of combustion, forecast.

Linnik Vladimir Yurievitch, doctor of economic science, d0c3n7@gmail.com, Russia, Moscow, State University of Management,

Polyakov Andrey Vyacheslavovich, doctor of technical science, docent, Polyakoff-an@mail.ru, Russia, Tula, Tula State University,

Linnik Yuri Nikolaevitch, doctor of technical science, professor, ylinnik@rambler.ru, Russia, Moscow, State University of Management

Reference

1. Gornaja jenciklopedija: v 5-ti t. M.: Id-vo «Sovetskaja jenciklopedija», 1987.
2. Linnik V.Ju. Formirovanie bazy dannyh dlja prognozirovanija razvitija syr'evoj bazy ugol'noj promyshlennosti. Monografija. M.: GUU, 2011. 103 s.
3. Afanas'ev V.Ja., Linnik Ju.N., Linnik V.Ju. Ugol' Rossii: so-stojanie i perspektivy: Monografija. M.: INFRA-M, 2014. 271 s.
4. Linnik Yu.N., Afanasiev V.Ya., Linnik V.Yu. State-of-the-art and prospect forecast of geological conditions in underground coal mining for the period up to 2030 // Eurasian mining, № 2, 2015. S. 47-51.
5. Prognoz kachestva uglja na period do 2030 goda / Ju.N. Linnik, V.Ja. Afanas'ev, V.Ju. Linnik, R.S. Potemkin // Vestnik universiteta. M.: Izdatel'skij dom GUU, 2010. №16. S. 64-68.

УДК 622.271

МАТРИЦА СИНХРОНИЗАЦИИ УГЛУБОЧНЫХ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ СПЛОШНЫХ СИСТЕМ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ

А.В. Селюков

Использование углубочных продольных систем разработки в течении многих десятилетий на угольных разрезах Кемеровской области сопровождается прогрессирующим ростом отраслевой землеемкости, в связи с перемещением огромных объемов вскрыши на внешние отвалы. Малочисленная реализация для действующих карьерных полей продольного блокового способа разработки наклонных и крутопадающих залежей выявила комплексные недостатки процесса технологического перехода от внешнего к внутреннему отвалообразованию, первопричиной которых явились шаблонные проектные решения. В настоящей публикации предлагаются методические положения разносторонне развивающие и детализирующие механизмы адаптации складирования вскрыши в выработанном пространстве.

Ключевые слова: угольные залежи, системы открытой разработки; внутреннее отвалообразование, технологические вариации.

Начиная с момента ввода в эксплуатацию первых угольных разрезов, при отработке наклонных и крутопадающих залежей Кемеровской области используется углубочная продольная одно или двухбортная система