

УДК 622.7

М.О. ПЕРОВ, І.Ю. НОВИЦЬКИЙ (Інститут загальної енергетики НАН України, Київ)

ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ТОВАРНОГО ВУГІЛЛЯ В ПРОЦЕСІ ВИДОБУТКУ І ЗБАГАЧЕННЯ

Проаналізовано динаміку зміни якісних характеристик вугілля (зольності та вмісту сірки) в процесі видобутку і збагачення відносно його якісних характеристик в балансових запасах вугільних родовищ України. Визначено можливі шляхи покращання якості вугільного концентрату.

Підвищення ефективності функціонування вугільної галузі значною мірою залежить від покращання якості випущеної продукції. Задоволення потреб економіки у вугільній продукції потребує не тільки його постачання в достатній кількості, а й забезпечення найкращих якісних характеристик, яких вимагають споживачі. При дотриманні цих вимог досягається баланс інтересів виробників і споживачів, найбільш повне і раціональне використання надр, найменший вплив видобування і споживання вугілля на довкілля.

На якість товарного вугілля впливають об'єктивні та суб'єктивні чинники. До об'єктивних належать природно-геологічні властивості вугілля в балансових запасах вугільних родовищ. Суб'єктивні чинники зумовлюються техніко-технологічними умовами видобування і збагачення вугілля. В процесі видобування природна зольність пластів цілком зберігається у видобутому вугіллі, крім того, під впливом техніко-технологічних та організаційних чинників воно зазнає засміченості, причому в останні роки дуже значної [1].

На сьогодні видобувні роботи ведуться в трьох вугільних басейнах – Донецькому, Львівсько-Волинському і Дніпровському. За своїми спільними гірничо-геологічними умовами залягання та промислового розвитку на території басейнів було виділено територіальні геолого-промислові райони (ГПР), для яких було проведено аналіз динаміки формування якісних характеристик вугілля на стадіях видобутку та збагачення.

На території дев'яти ГПР України зосереджено вугілля різних генетичних типів і стадій вуглефікації – від бурих до антрацитів, що зумовлює їх придатність для теплоенергетичного, побутового використання, коксування та інших напрямів переробки і споживання. Велика частка вугілля характеризується високим ступенем мінералізації, багатокомпонентністю їх складу та низькою потужністю пластів, підвищеною зольністю.

Проаналізуємо процес зміни якості вугілля на стадіях видобутку та переробки за допомогою коефіцієнтів: зміни якості K_B [2], технічної ефективності збагачення K_{TE} [3] та знесірчення K_S [4].

Коефіцієнт зміни якості K_B являє собою відношення вмісту органічної маси у видобутому вугіллі до вмісту органічної маси в балансових запасах:

$$K_B = \frac{100 - A_B^C}{100 - A_B^C}, \quad (1)$$

де A_B^C і A_B^C – зольність вугілля в балансових запасах і видобутого вугілля, %.

Існує багато методів оцінки ефективності збагачення з використанням аналітичних формул, які містять показники виходу і зольності продуктів збагачення. Найбільш поширений – за коефіцієнтом технічної ефективності збагачення K_{TE} :

$$K_{TE} = \frac{100 \cdot \gamma_K \cdot (A_B^C - A_K^C)}{A_B^C \cdot (100 - A_B^C)}, \quad (2)$$

де γ_K , A_K^C – вихід і зольність концентрату, %.

Коефіцієнт знесірчення K_S характеризує міру зміни вмісту сірки і визначається відношенням вмісту загальної сірки в концентраті до вмісту загальної сірки у видобутому вугіллі.

Динаміку фактичних змін зольності та вмісту сірки коксівного та енергетичного вугілля в процесі видобутку і переробки по геолого-промислових районах (ГПР) за 2003 рік представлено на рис. 1-4, середні значення якісних показників зольності та сірки по ГПР – в табл. 1. Узагальнені показники зміни якісних характеристик видобутого вугілля та концентрату по ГПР наведено в табл. 2.

Розглянемо окремо якісні характеристики коксівного та енергетичного вугілля. Як видно з рис. 1, зольність балансових запасів коксівного вугілля по різних ГПР коливається у досить значному діапазоні. Особливо помітно це відбувається в Донецько-Макіївському та Красноармійському ГПР, для яких цей показник коливається в межах 5,4-44,9%, по шахтах Луганської області та Центральному ГПР 25,5-43,5%, мінімальних значень набуває в запасах Західно-Донецького ГПР 7,8-13,3%.

Простежимо процес зміни якості вугілля на стадії видобутку. Найбільші втрати органічної маси відбуваються на шахтах Красноармійського ($K_B = 0,73$) та Західно-Донбаського ($K_B = 0,694$)

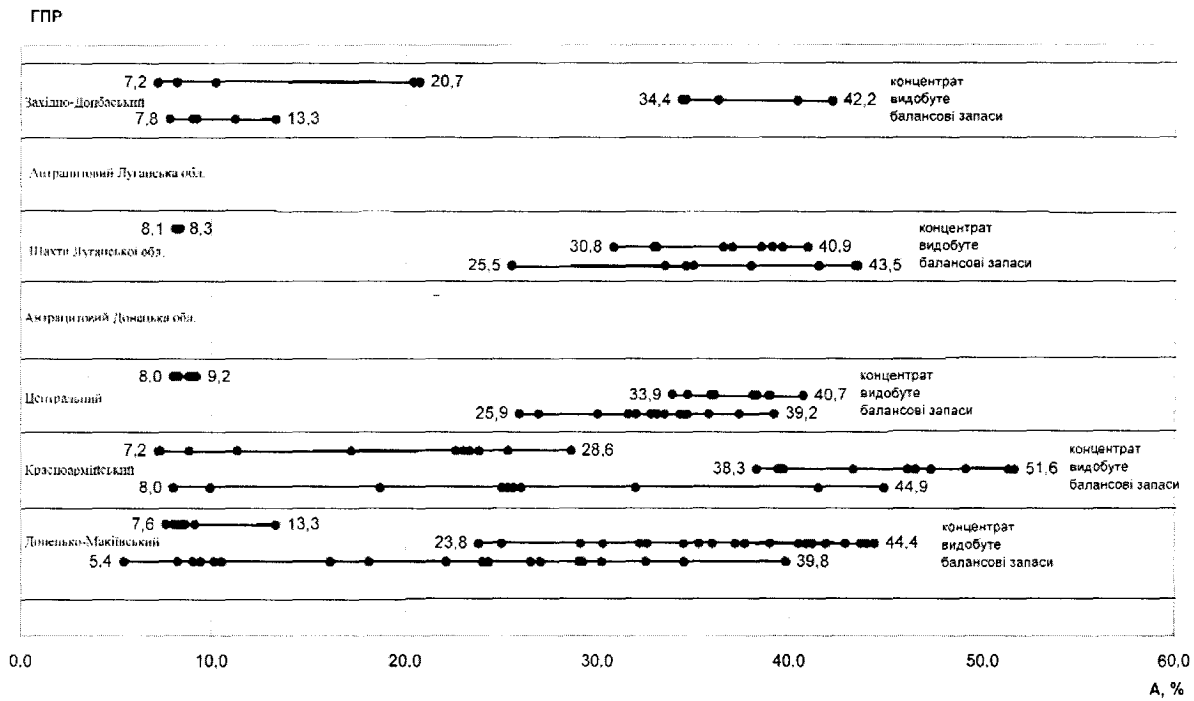


Рис. 1. Зольність коксівного вугілля по ГПП

ГПП через найбільший приріст золи (відповідно на 20,4% та 27,5%). Верхня межа зольності видобутого вугілля по деяких шахтах Красноармійського району сягає 51,6%, по інших районах – 40,7-44,4%. Для шахт Центрального ГПП коефіцієнт зміни якості $K_B = 0,937$, а шахти ГПП Луганської області мають нульовий приріст золи.

Технічні можливості збагачувальних фабрик, що обслуговують шахти різних ГПП, нерівні, що підтверджується розрахунками коефіцієнта технічної ефективності K_{TE} , показником зміни золь-

ності концентрату і фактично отриманою зольністю товарного концентрату.

Для збагачувальних фабрик, що обслуговували Центрального і Західно-Донбаського ГПП та шахти Луганської області коефіцієнт $K_{TE} = 0,636-0,658$, дещо нижчий коефіцієнт $K_{TE} = 0,492-0,562$, отриманий по фабриках Красноармійського та Донецько-Макіївського ГПП.

Слід зазначити, що коефіцієнт технічної ефективності K_{TE} , визначаючи технічний рівень збагачувальних фабрик, недостатньою мірою

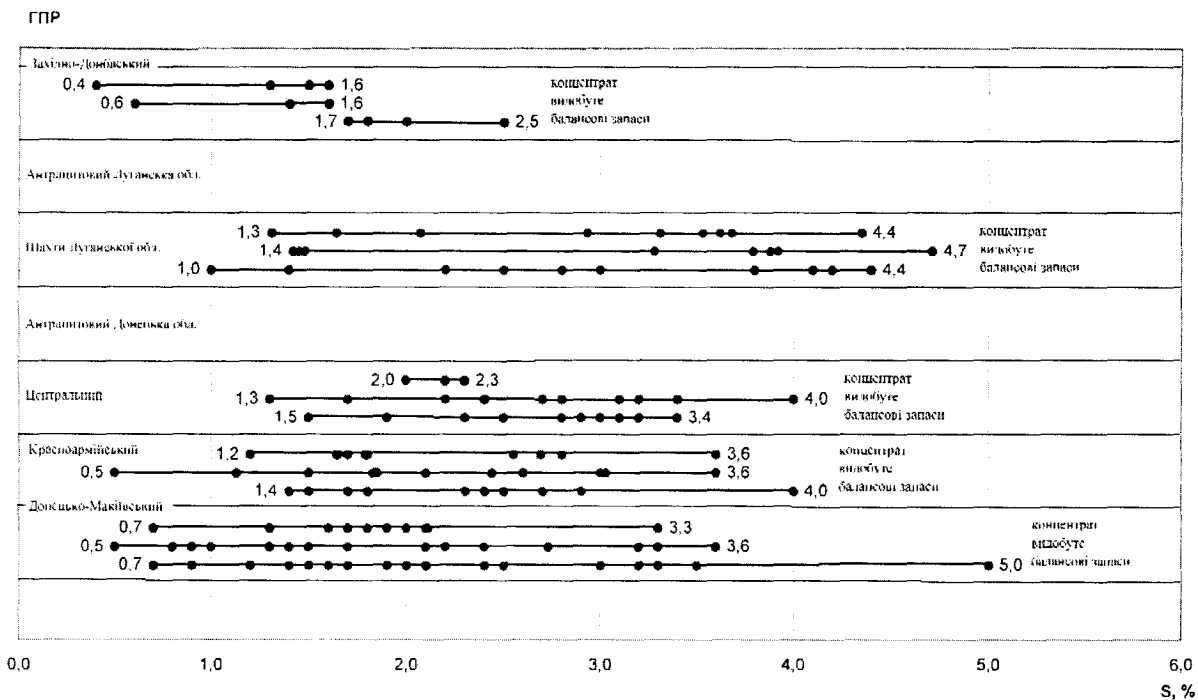


Рис. 2. Вміст сірки в коксівному вугіллі по ГПП

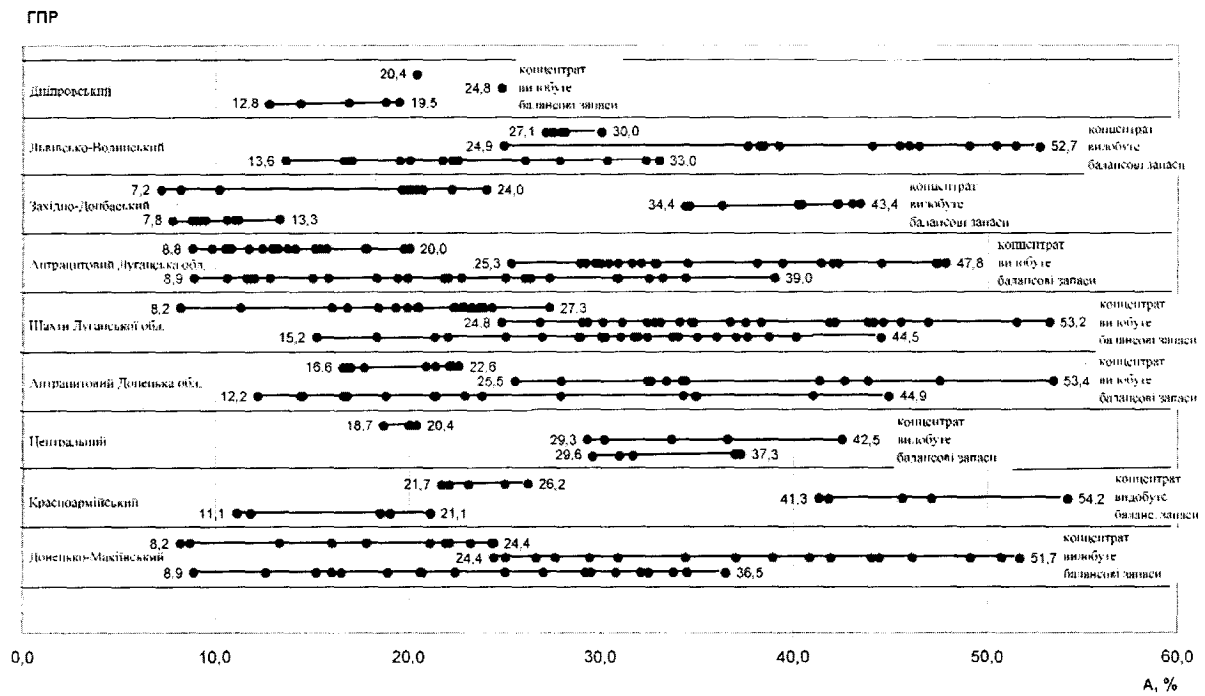


Рис. 3. Зольність енергетичного вугілля по ГПР

оцінює якісні показники кінцевої товарної продукції з огляду на економічний ефект, отриманий споживачем [3]. Співставивши коефіцієнти K_{TE} по Донецько-Макіївському ($K_{TE} = 0,492$) та Красноармійському ($K_{TE} = 0,562$) ГПР, можна побачити, що за кращого показника технічної ефективності по Красноармійському району маємо значно гірший показник зольності концентрату, ніж по Донецько-Макіївському ГПР (з приростом золи 9,3%).

За нормативною базою колишнього СРСР, яка встановлювала граничні значення для товарного коксівного концентрату (залежно від марок) на рівні 7,5-9,0%, теперішня якість концентрату Західно-Донбаського, особливо Красноармійського ГПР, є незадовільним.

Недостатній рівень якості вугільного концентрату, виробленого фабриками Красноармійського ГПР, зумовлений передусім занадто високою (в середньому 44,7%) зольністю вугілля, що пос-

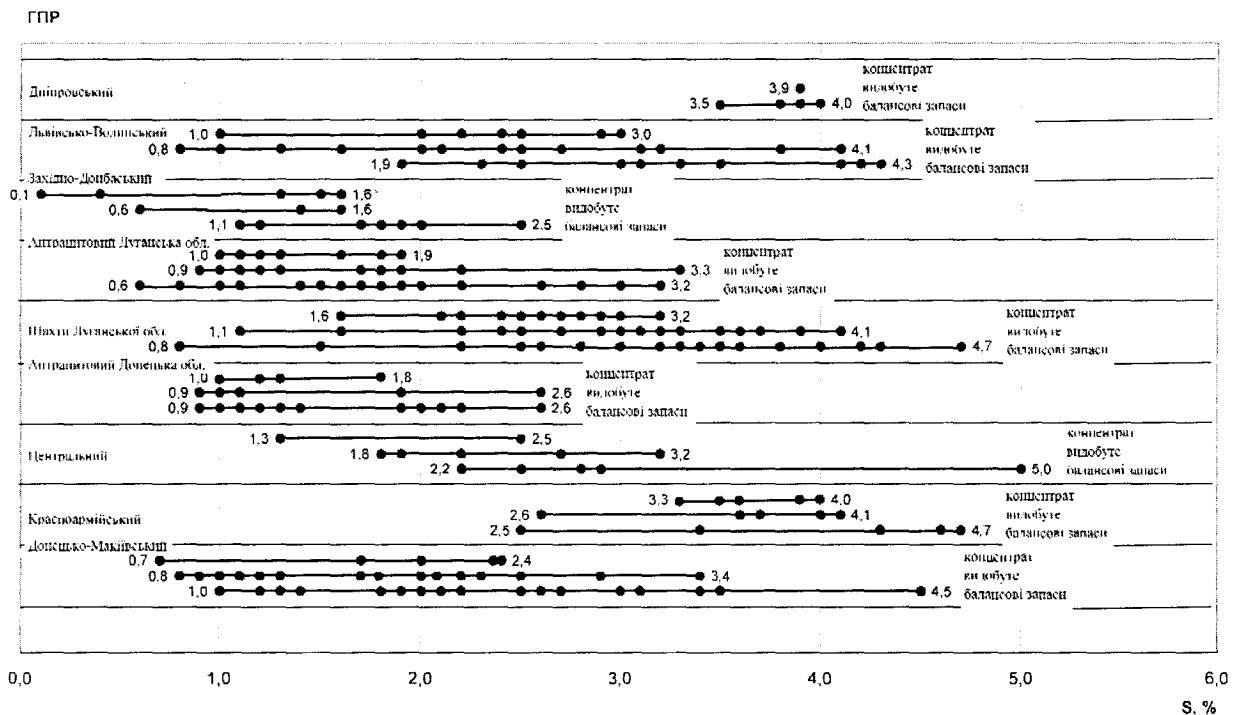


Рис. 4. Вміст сірки в енергетичному вугіллі по ГПР

тачається на збагачувальні фабрики. Досягнення допустимої зольності концентрату (в межах 8,6%) можливе лише за умови зниження засмічення видобутого вугілля в середньому на 9,4%.

Концентрат Західно-Донбаського ГПР, маючи практично однаковий з Донецько-Макіївським та Центральним ГПР середній показник зольності видобутого вугілля, значно гірший за якістю, що свідчить про недостатній технічний рівень збагачення. Для зниження зольності концентрату по Західно-Донбаському ГПР до рівня зольності зазначених вище районів необхідно підвищити коефіцієнт технічної ефективності до рівня 0,65 та скоротити вміст золи у видобутому вугіллі в середньому на 4,6%.

Розрахунки коефіцієнта знесірчення K_S (табл. 2) показують, що у процесі збагачення коксівного вугілля фабриками Центрального, Західно-Донбаського ГПР і ГПР шахти Луганської області відбулося зниження вмісту сірки на 0,1-0,7% ($K_S = 0,750-0,935$). Вміст сірки у концентраті Красноармійського ГПР залишився на рівні вмісту у видобутому вугіллі. Коефіцієнт знесірчення вугілля по Донецько-Макіївському ГПР перевищує одиницю, що вказує на особливості мінерального складу видобутого вугілля (наявність сірковмісних компонентів у вигляді тонкодисперсних включень в органічну частину, яка не вилучається з відходами збагачення).

Як видно з рис. 3, зольність балансових запасів енергетичного вугілля по різних ГПР коливається у досить значному діапазоні: кам'яного вугілля – від 8,9 до 44,5%, антрацитів – від 8,9 до 44,9%. Нижча зольність балансових запасів і вужчий діапазон (від 7,8 до 21,1%) встановлені по шахтах Західно-Донбаського та Красноармійського ГПР.

Прослідкуємо процес зміни якості вугілля на стадії видобутку. Найбільші втрати органічної маси відбуваються на шахтах Красноармійського ($K_B = 0,645$), Західно-Донбаського ($K_B = 0,669$) та Львівсько-Волинського ($K_B = 0,738$) ГПР з приростом золи 20,2-29,8%. Верхня межа зольності видобутого вугілля (окрім шахт Центрального ГПР) сягає 47,8-54,2%. Менший приріст золи спостерігається на шахтах Луганської області – 6,2% ($K_B = 0,911$) та Центрального ГПР – 1,2% ($K_B = 0,982$).

Антрацитові шахти Донецької та Луганської області мали практично однакові коефіцієнти зміни якості – 0,828 та 0,823. Середнє значення зольності енергетичного концентрату, що випускався збагачувальними фабриками, зазнавав змін у діапазоні від 17,3% до 27,9%.

Для збагачувальних фабрик, що обслуговували Красноармійський та Західно-Донбаський ГПР, коефіцієнт технічної ефективності $K_{TE} = 0,519-0,553$, дещо нижчий коефіцієнт $K_{TE} = 0,390-0,415$, отриманий по фабриках Центрального ГПР і ГПР шахти Луганської області. На низькому рівні працювали фабрики, що обслуговують Львівсько-Волинський та Донецько-Макіївський ГПР, для яких $K_{TE} = 0,151-0,299$.

Недостатній рівень якості вугільного енергетичного концентрату, виробленого насамперед фабриками Красноармійського ГПР і ГПР шахти Луганської області, зумовлений передусім занадто високою (в середньому 46,0% та 37,3%) зольністю вугілля, що постачається. Допустимі значення зольності концентрату (в межах 16,0-17,0% згідно з вимогами до вугілля для пиловидного спалювання), можуть бути досягнуті за умови зниження засмічення видобутого вугілля в середньому на 8% для

Таблиця 1. Середні значення якісних характеристик вугілля по ГПР, %

ГПР	Балансові запаси				Видобуте вугілля				Концентрат			
	Коксівне		Енергетичне		Коксівне		Енергетичне		Коксівне		Енергетичне	
	Зольність	Вміст сірки	Зольність	Вміст сірки	Зольність	Вміст сірки	Зольність	Вміст сірки	Зольність	Вміст сірки	Зольність	Вміст сірки
Донецько-Макіївський	21,9	2,2	24,6	2,4	37,0	1,7	37,5	1,8	8,7	1,8	19,2	2,0
Красноармійський	24,3	2,3	16,3	3,9	44,7	2,1	46,0	3,6	18,0	2,1	23,6	3,7
Центральний	33,0	2,6	33,3	3,1	37,2	2,8	34,5	2,4	8,6	2,1	19,8	2,2
Антрацитовий Донецька обл.			25,2	1,5			38,4	1,3			19,0	1,2
Шахти Луганської обл.	36,7	2,9	31,1	3,3	36,5	3,1	37,3	3,1	8,2	2,9	21,1	2,6
Антрацитовий Луганська обл.			21,6	1,7			35,4	1,6			13,6	1,5
Західно-Донбаський	10,1	1,9	9,9	1,8	37,6	1,1	39,7	1,1	13,3	1,0	17,3	0,7
Львівсько-Волинський	—	—	22,8	3,2	—	—	43,0	2,3	—	—	27,9	2,3
Дніпропетровський			16,5	3,8			24,8	3,9			20,4	

Таблиця 2. Узагальнені показники зміни якісних характеристик вугілля

ГПР	Приріст зольності у видобутому вугіллі, %		Коефіцієнт зміни якості, K_n		Зміна зольності концентрату, %		Коефіцієнт технічної ефективності збагачення, K_{TE}		Зміна вмісту сірки в концентраті, %		Коефіцієнт знесірчення	
	Коксівне	Енергетичне	Коксівне	Енергетичне	Коксівне	Енергетичне	Коксівне	Енергетичне	Коксівне	Енергетичне	Коксівне	Енергетичне
Донецько-Макіївський	+15,1	+12,9	0,806	0,828	-28,3	-18,3	0,492	0,150	+0,1	+0,2	1,058	1,111
Красноармійський	+20,4	+29,7	0,730	0,645	-26,7	-22,4	0,562	0,553	0	+0,1	1,000	1,027
Центральний	+4,2	+1,2	0,937	0,982	-28,6	-14,7	0,658	0,415	-0,7	-0,2	0,750	0,916
Антрацитовий Донецька обл.	—	+13,2	—	0,828	—	-19,4	—	0,544	—	-0,1	—	0,923
Шахта Луганської обл.	0	+6,2	1,000	0,911	-28,3	-16,2	0,649	0,390	-0,2	-0,5	0,935	0,839
Антрацитовий Луганська обл.	—	+13,8	—	0,823	—	-21,8	—	0,491	—	-0,1	—	0,938
Західно-Донбаський	+27,5	+29,8	0,694	0,669	-24,3	-22,4	0,636	0,519	-0,1	-0,4	0,909	0,636
Львівсько-Волинський	—	+20,2	—	0,738	—	-15,1	—	0,299	—	0	—	1,000

шахт Красноармійського ГПР і на 4,5% для шахт Луганської області. По фабриках, що обслуговують Донецько-Макіївський та Львівсько-Волинський ГПР, необхідно довести коефіцієнт технічної ефективності до рівня 0,45-0,50.

Коефіцієнт технічної ефективності фабрик зі збагачення антрацитів Луганської та Донецької області $K_{TE}=0,415-0,491$. За практично співставних показниках зміни зольності концентрату, фабрики Донецької області отримують продукцію нижчої якості. Для зниження зольності антрацитового концентрату Донецької області в середньому до 17,3%, необхідно зменшити зольність видобутого антрациту на 3,8%.

Розраховані значення коефіцієнта знесірчення K_S (табл. 2) показують, що в процесі збагачення енергетичного вугілля фабриками Західно-Донбаського, Центрального ГПР і ГПР шахти Луганської області відбувалося зниження вмісту сірки на 0,2-0,5% ($K_S = 0,636-0,916$). Вміст сірки у концентраті Львівсько-Волинського ГПР порівняно з її вмістом у видобутому вугіллі не змінився, а сірчистість концентрату Донецько-Макіївського та Красноармійського ГПР погіршилась на 0,1-0,2%. Вміст сірки в антрацитових концентратах відносно видобутого вугілля скоротився на 0,1%.

Висновки

Середні значення зольності коксівного та енергетичного концентратів, випущених збагачувальними фабриками, мають досить нестабільний характер як поміж ГПР, так і за видами технологічного призначення. Значна зольність коксівного концентрату спостерігається по Красноармійському (18%) та Західно-Донбаському (13,3%) ГПР. Енергетичний концентрат низької якості виробляли збагачувальні фабрики Львівсько-Волинського (зольністю 27,9%) та Красноармійського (23,6%) ГПР.

Вирішення проблеми знесірчення вугільного концентрату можливе за рахунок вживання комплексних заходів, пов'язаних зі зниженням зольності перш за все у видобутому вугіллі, або (та) підвищенням коефіцієнта технічної ефективності збагачувальних фабрик до 0,45-0,5.

Рівень вмісту сірки в концентраті залишається практично на рівні її вмісту у видобутому вугіллі. При застосовуваних нині технологіях механічного збагачення з видобутого вугілля вилучається лише частка сірки, яка знаходиться у вигляді сірчаного колчедану, повне її вилучення практично неможливе.

1. Нормативна база, сучасний стан та заходи з покращання якості українського вугілля / О.Ф. Ляшенко, М.О. Перов // Проблеми загальної енергетики. – 2004. – №11. – С. 29-32.

2. Козловский Е.А., Агошков М.И. и др. Горная энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1990. – 545 с.

3. Благов И.С., Коткин А.М., Зарубин Л.С. Справочник по обогащению углей. – М.: Недра, 1984. – 614 с.

4. Благов И.С., Курченко В.К. Экономическая эффективность повышения качества углей. – М.: Недра, 1978. – 159 с.