

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УКРАИНЫ

В.В. Панченко, Государственное высшее учебное заведение “Национальный горный университет”, Украина

А.В. Романенко, ГП “ГПИ “Кривбасспроект”, Украина

Приведена краткая характеристика мирового рынка железорудного сырья. Выполнен анализ состояния железорудной отрасли Украины, в т.ч. анализ динамики проектной мощности и фактического производства сырой руды по железорудным комбинатам. По результатам анализа сделан вывод о приоритетности повышения эффективности проектирования и планирования горных работ.

1. Краткая характеристика мирового рынка железорудного сырья

Мировые годовые объемы добычи железной руды соответствуют динамике развития мировой экономики с ее спадами и взлетами, но в целом железорудная промышленность мира развивается достаточно стабильно (рис. 1). Общее производство товарной железной руды превысило 3 млрд. т / год, увеличившись по сравнению с 1999 годом больше, чем в 3 раза [1, 2, 3, 4]. Такой тренд подтвердил прогнозы повышения мирового уровня производства железорудного сырья, отмеченные в [5].

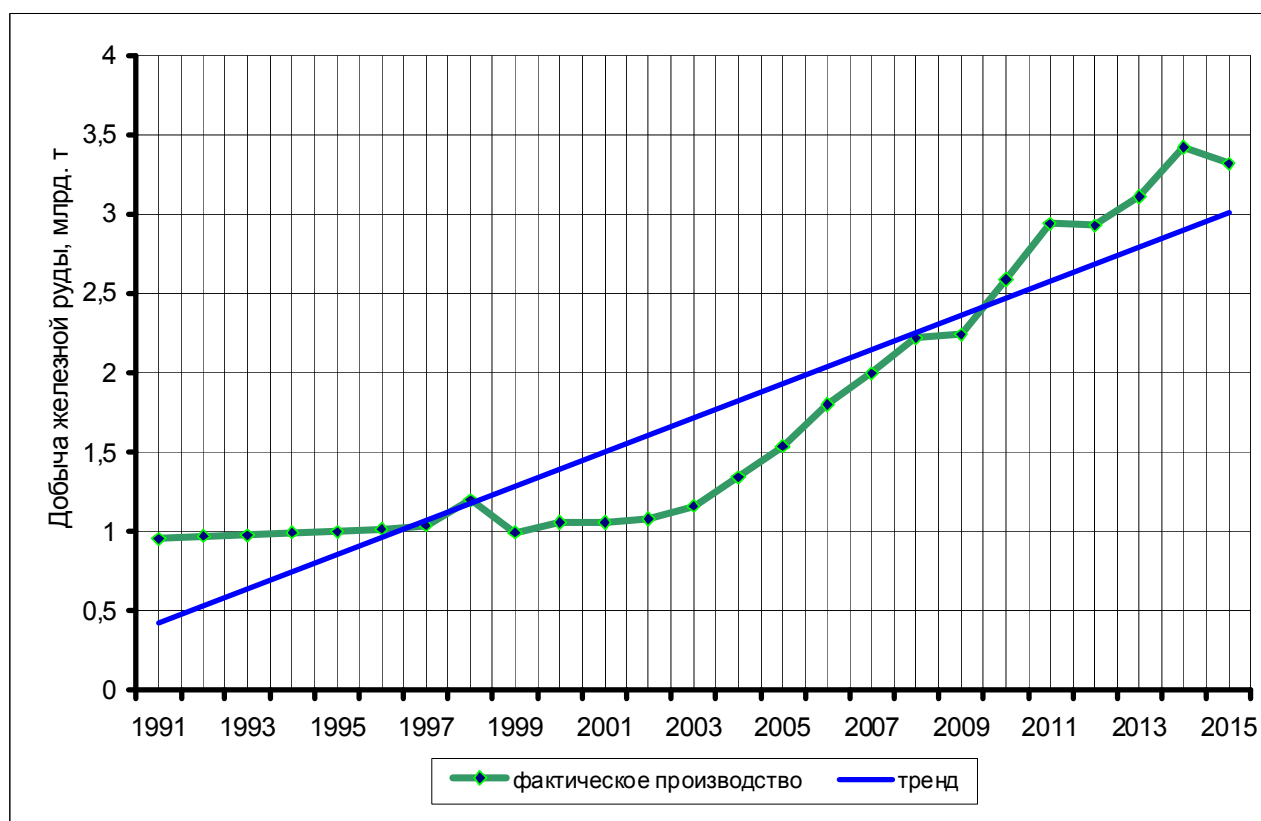


Рис. 1. Динамика мировой добычи железной руды

В аспекте краткосрочного текущего анализа следует отметить снижение мировой добычи железной руды с 3,42 млрд. т (2014 г.) до 3,32 млрд. т (2015 г.). Эта тенденция сохраняется и в 2016 г. Пока неясно, что это: обычные (высокочастотные) колебания рынка или более существенное (низкочастотное) падение, вызванное снижением цен на железорудный концентрат и окатыши.

Разработка железорудных месторождений ведется более чем в 50 странах мира. При этом около 90 % мировой добычи железной руды сосредоточено в десяти странах, в т.ч. – и в Украине, для которой железорудное сырье и чёрные металлы являются одним из основных экспортных товаров. В целом экспортируется от 40 до 50 % мировой добычи железной руды.

Самыми большими экспортёрами товарной железорудной продукции являются Австралия, Бразилия, Южная Африка, Украина, Канада, и Швеция (рис. 2) [6]. За последние 15 лет Украина – экспортер переместилась с 5-го места (по суммарному с Россией объёму) [2, 5] на 4-е место в мире по своим запасам.

В аспекте краткосрочного текущего анализа здесь также следует отметить, что в 2015 году мировой экспорт железной руды снизился в течение пятилетнего периода, начиная с 2011 года в среднем на 53,7%, а с 2014 г. по 2015 г. – на 40,3% [6].

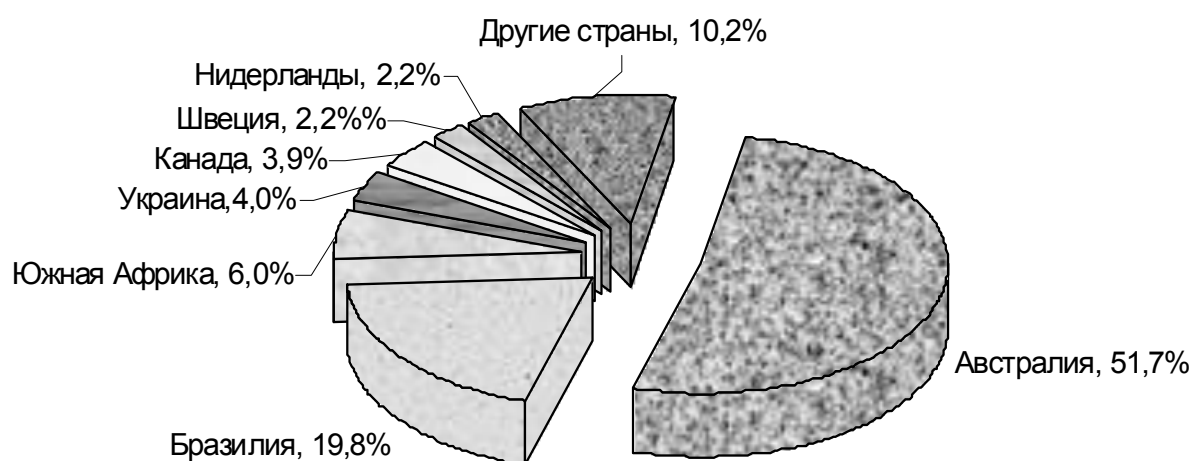


Рис. 2. Распределение экспорта товарной железорудной продукции между странами мира

Распределение запасов железной руды между странами мира представлено на рис. 3.

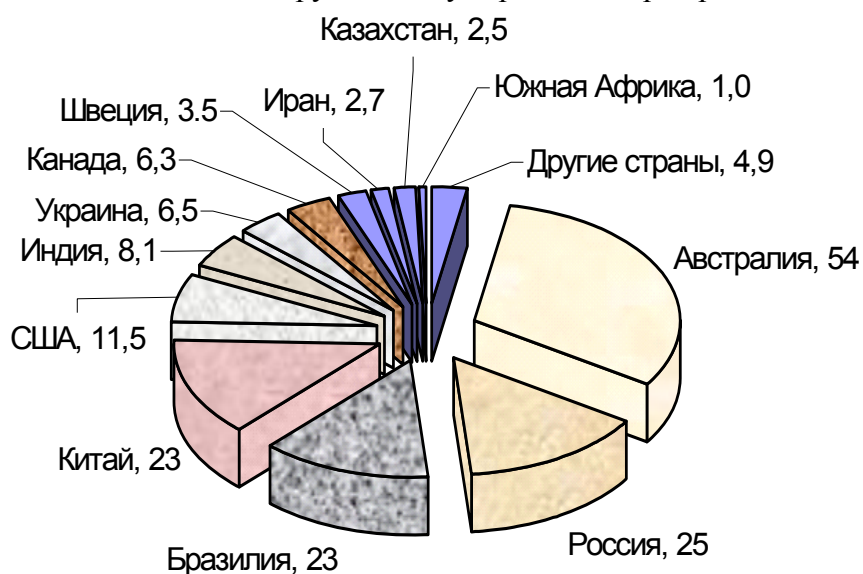


Рис. 3. Распределение запасов железной руды между странами мира, млрд. т

Мировые запасы железных руд составляют около 190 млрд. т, в которых содержится не менее 85 млрд. т железа. Расположение железорудных месторождений на планете неравномерное. Австралия и Бразилия существенно нарастили запасы и владеют почти 42 % мировых запасов железной руды (рис. 3). Украина занимает 7-е место, как по запасам железной руды, так и по запасам железа [4].

К сожалению, качество железорудной продукции предприятий Украины уступает зарубежному по содержанию железа и вредных примесей SiO_2 , Al_2O_3 (рис. 4) [7]. Это объясняется, в первую очередь, низким качеством добываемой руды.

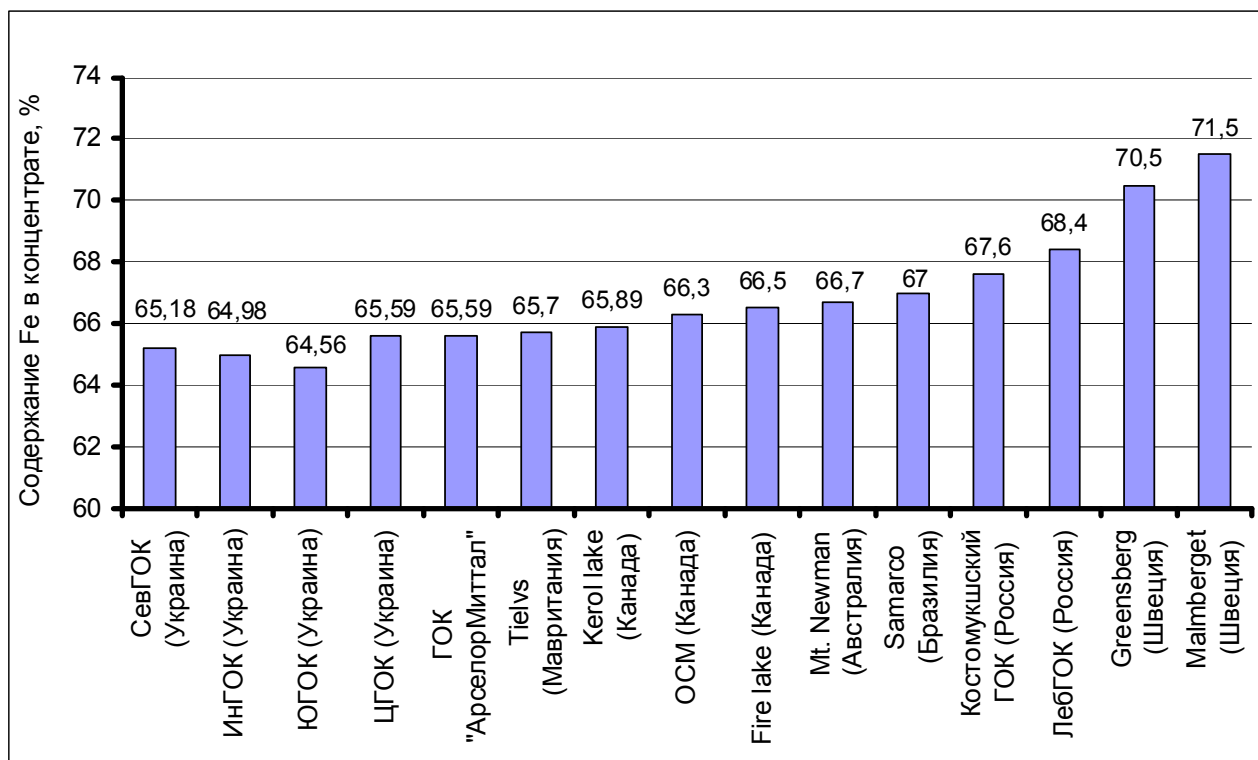


Рис 4. Качество железорудного концентрата предприятий-производителей Украины и мира

Характерные особенности тенденций последнего десятилетия в горно-металлургическом комплексе мира остались практически те же, что и прежде [8]:

- усиление конкурентной борьбы;
- глобализация производства и капитала путем слияния и поглощения;
- глобализация рынков сбыта;
- снижение себестоимости продукции, благодаря концентрации производства и внедрению новейших достижений науки и техники.

2. Анализ состояния железорудной отрасли Украины

Всего в Украине насчитывается 56 месторождений железных руд, в т.ч. 25 больших месторождений, 14 – средних и 17 – малых (большие месторождения – запасы категорий А+В+С1 больше 300000 тыс. т; средние - от 125000 до 300000 тыс. т; малые – до 125000 тыс. т). Суммарные запасы железных руд категорий А+В всех месторождений по данным Государственной службы геологии и недр Украины на 01.01.2014 г. составляют 5,9 млрд. т, а категорий А+В+С1 – 22,0 млрд. т.

Немного более половины разведанных запасов железных руд Украины категорий А+В+С1 сосредоточены в Криворожском бассейне (около 11,8 млрд. т), существенные запасы разведаны в Кременчугском (6,2 млрд. т) и Запорожском (2,5 млрд. т) железорудных районах.

Железные руды Украины представлены, в основном, тремя геолого-промышленными типами: богатыми магнетит-гематито-мартитовыми рудами, железистыми кварцитами и бурыми железняками.

Богатые руды используются без обогащения. Магнетитовые и кумингтонито-магнетитовые кварциты и бурые железняки Кривбасса обогащаются сравнительно простыми методами – промывкой и магнитной сепарацией. Окисленные кварциты и бурые табачные железняки являются труднообогатимыми и требуют обжиг-магнитного или гравитационно-флотационного методов обогащения.

Богатые руды выделяются среди залежей железистых кварцитов и имеют мощность от 10 до 60 м, изредка – до 100 м. Содержание оксидов железа составляет от 46 до 70%, фосфора и серы – от 0,01 до 0,03%. Магнетитовые и окисленные железистые кварциты имеют мощность до 100-200 м, изредка – до 500 м. Содержание оксидов железа в руде составляет от 14 до 46%, фосфора – 0,03-0,16%, серы – 0,02-0,24%. В настоящее время в эксплуатацию вовлечено более половины (~ 51%) всех разведанных запасов Украины категорий А+В+С1. Часть запасов железных руд подготавливается к промышленному освоению, значительная часть запасов являются резервными и в ближайшее время к освоению не предусматриваются.

В Кривбассе добычу богатых руд и магнетитовых кварцитов шахтным способом проводят ПАО Криворожский железорудный комбинат, шахтоуправление подземной добычи руды, ПАО “АрселорМиттал Кривий Ріг” и ПАО “ЄВРАЗ СУХА БАЛКА”. Ингулецкий, Южный, Северный горно-обогатительные комбинаты и ПАО “АрселорМиттал Кривий Ріг” добывают магнетитовые и окисленные кварциты открытым способом, а Центральный ГЗК – открытым и подземным способами. Кроме того, добычу магнетитовых кварцитов открытым способом выполняют также Полтавский и Еристовский горно-обогатительные комбинаты (Кременчуцкий железорудный район), и добычу богатых руд подземным способом – Запорожский ЖРК (Белозерский железорудный район) [9].

Следует также отметить, что с начала 70-х годов и по настоящее время в Украине открытый способ разработки по суммарным объемам добычи является основным [7, 8, 10 - 13] (рис. 5, 6).

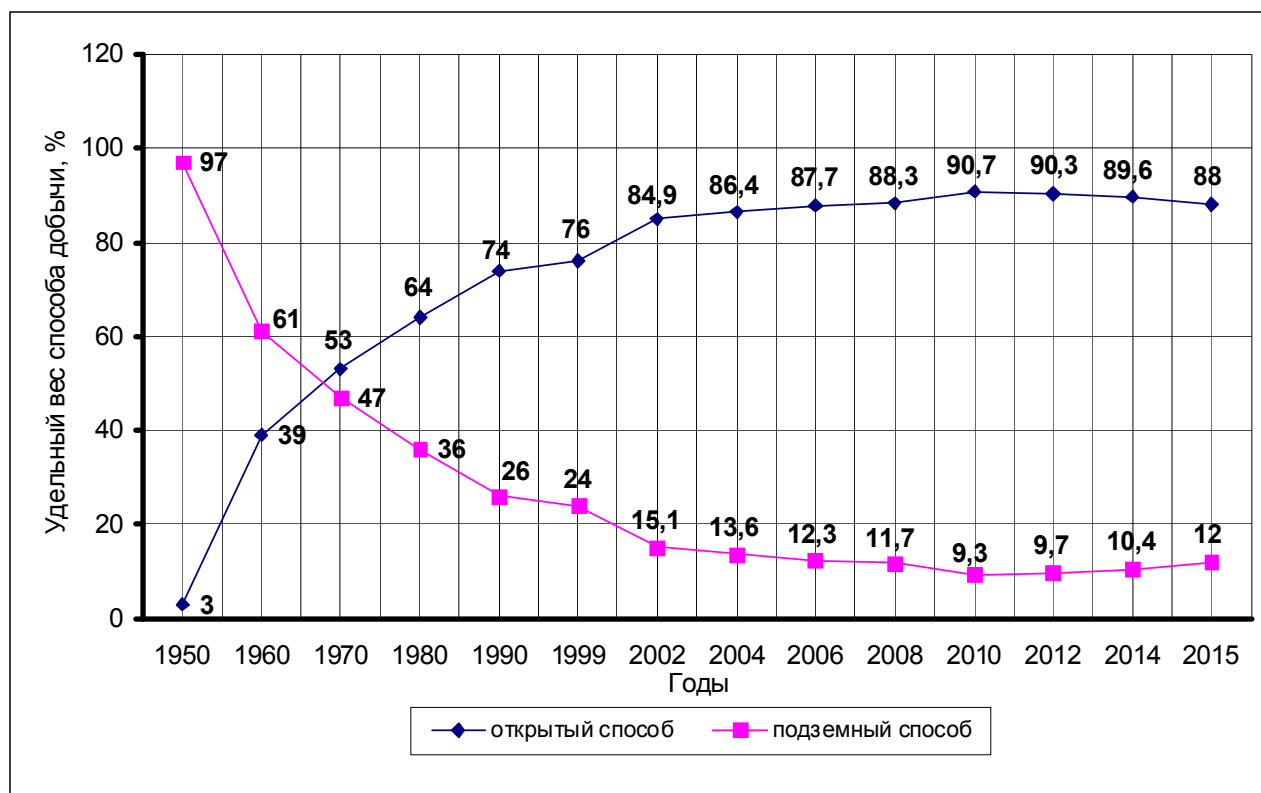


Рис. 5. Удельный вес добычи железной руды по способам разработки

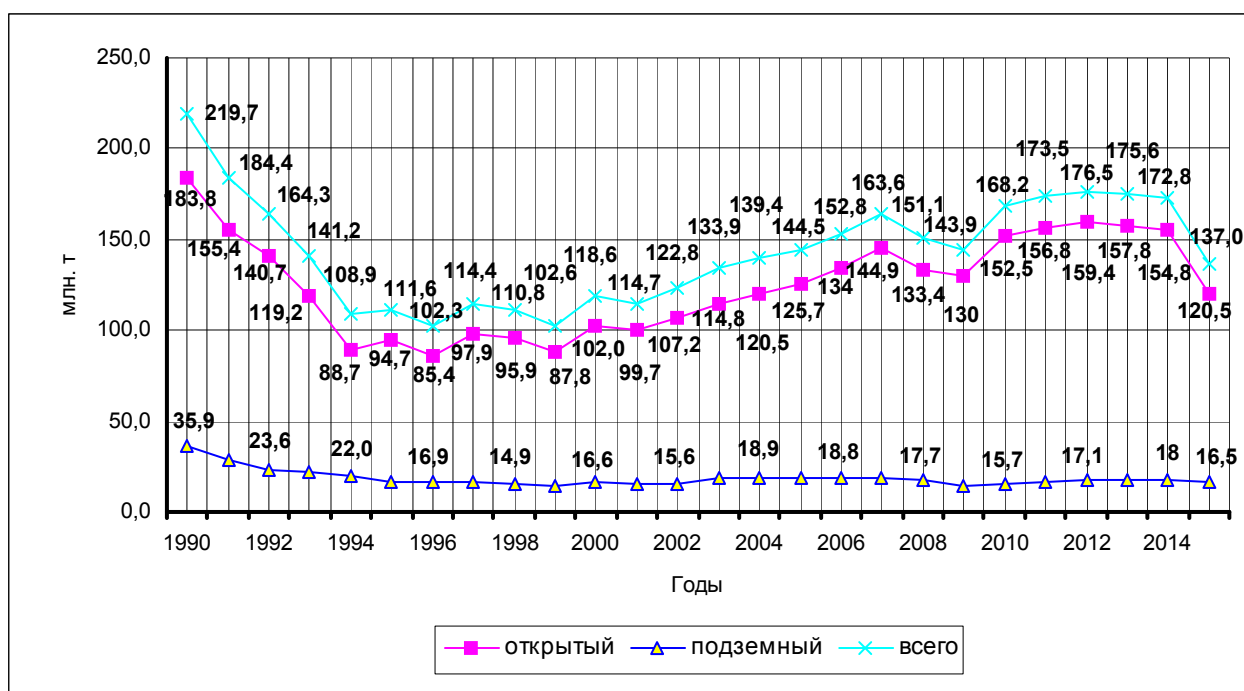


Рис. 6. Объемы добычи сырой железной руды по способам разработки

При сохранении добычи в достигнутых пределах (рис. 6) имеющиеся запасы железных руд (табл. 1) позволяют обеспечить работу горно-обогатительных комбинатов на реальную перспективу [7].

Как уже отмечалось, особенностью железорудной минерально-сырьевой базы Украины является более низкое качество и более тяжелые условия разработки (в связи с существенной глубиной карьеров) по сравнению с аналогами в других странах.

Тем не менее, как видно из рис. 7, начиная с 1995 года, имеет место устойчивая тенденция к повышению среднего по всем комбинатам качества железорудного концентрата, выпускаемого в Украине. При этом качество добываемых железистых кварцитов и содержание вредных примесей в них не улучшилось, а повышение качества концентрата и окатышей обуславливается улучшением технологии их производства. В целом, отставание от передовых зарубежных предприятий сохранилось, хотя для отдельных комбинатов и сократилось [7, 10 – 13, 14, 15].

Динамика проектной мощности и фактического производства сырой руды по железорудным комбинатам показана на рис. 8 (ПАО "Ингулецкий ГОК" и ОАО "Полтавский ГОК"), на рис. 9 (ОАО "ЮГОК" и ГОК ПАО "АрселорМиттал Кривой Рог") и на рис. 10 (ПАО "ЦГОК" и ПАО "СевГОК") [7, 10 – 13, 14, 15].

Характерной особенностью представленной динамики является уменьшение расхождения между проектной мощностью и объемами фактического производства с течением времени. На наш взгляд, это результат усиления влияния рынка и конкуренции, которые вынуждают предприятия адаптировать проектные решения путем корректировки действующих проектов или разработки новых с целью уменьшения экономических потерь и повышения эффективности технологических решений.

Второй характерной особенностью является наличие в последние 10-15 лет периодов в работе предприятий, когда объемы фактического производства превышали проектную мощность, что свидетельствует о не устраненных пока еще недостатках организации и технологии проектирования: проектирование не успевает за рыночной реальностью.

Таблица 1 - Состояние запасов на карьерах железорудных комбинатов Украины на 01.01.2013, млн.т.

| Запасы | ГОК ПАО "АрселорМиттал Кривой Рог" | | ПАО "Сев ГОК" | | ПАО "ИнГОК" | ПАО "ЦГОК" | | | ОАО "ЮГОК" | ОАО "ПГОК" | ООО "Еристов- ский ГОК" |
|---|--|----------|-------------------|----------------|----------------|---------------|---------|---------|---------------|---------------|----------------------------------|
| | карьеры | | карьеры | | | карьеры | | | | | |
| | №2-бис | №3 | Перво- майский | Аннов- ский | | №1 | №3 | №4 | | | |
| Балансовые (A+B+C1) | 265,619 | 1126,037 | 858,345** | 870,837** | 1956,064 | 197,078 | 206,902 | 157,202 | 1045,040 | 1419,024 | 821,020 |
| Балансовые в проектных контурах | 236,625 | 750,084 | 501,458 | 372,819 | 972,060 | 15,912 | 214,463 | 152,472 | 1045,040 | 1230,898 | |
| Обеспеченность запасами, годы | 29 | 27* | 28 | 50 | 33 | 39 | 34 | 157 | 35,7 | 46,29 | 29,32 |
| Вскрытые | 29,593 | 30,503 | 5,74 | 1,42 | 4,42 | 3,240 | 2,400 | 0,900 | 22,8 | 179,294 | 2,340 |
| Подготовленные | 5,795 | 11,577 | 3,15 | 0,51 | 0,52 | 1,570 | 1,500 | 0,500 | 0,9 | 20,767 | 2,104 |
| Готовые к выемке | 1,556 | 2,792 | 0,13 | 0,16 | 0,15 | 0,926 | 0,770 | 0,160 | 0,2 | 4,471 | 1,686 |
| Обеспеченность готовыми к выемке запасами, мес. | 1,8 | 2,0 | | | | | | | | 1,8 | |
| - норматив | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 2,0 |
| - фактически | 1,8 | 2,0 | 1,59 | 1,88 | 1,8 | 1,8 | 1,5 | 1,2 | 2,7 | 1,8 | 2,5 |

* - Снижение обеспеченности запасами в годах с 73 2011 г. до 27 в 2012 г. связано с переоценкой балансовых запасов Валявкинского месторождения железистых кварцитов ГКЗ

** - Балансовые (B+C1)

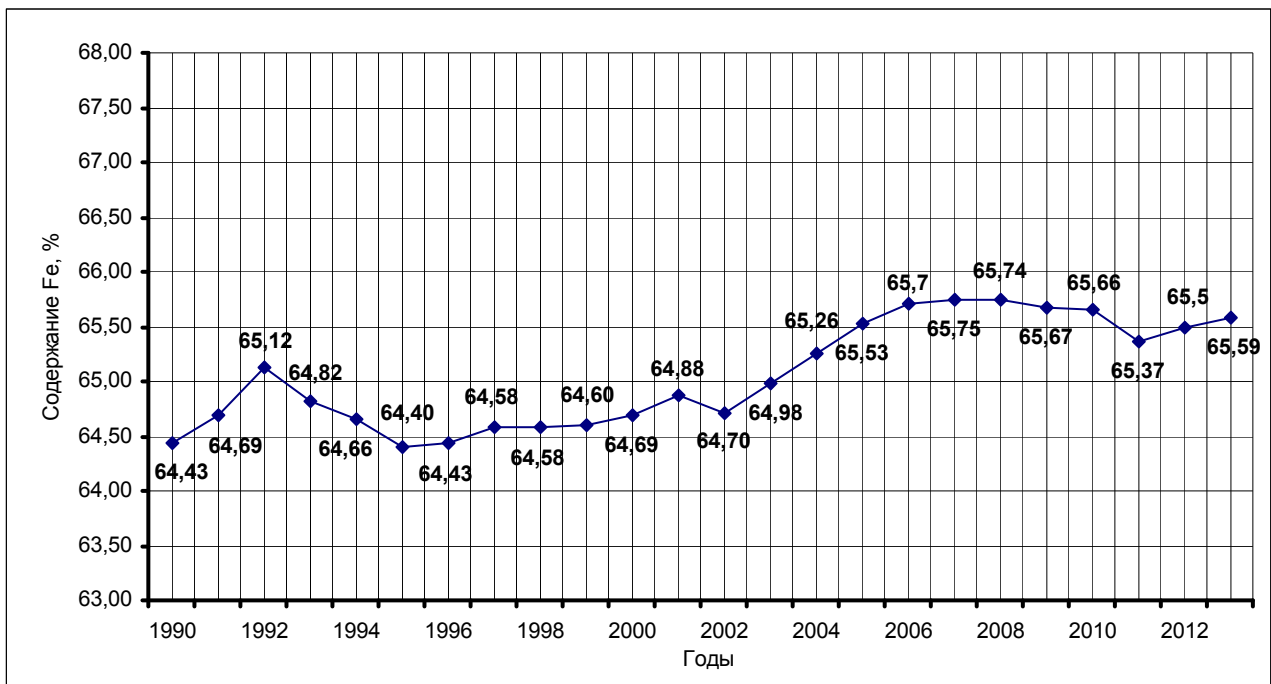


Рис. 7. Среднее содержание железа в концентрате горно-обогатительных комбинатов Украины

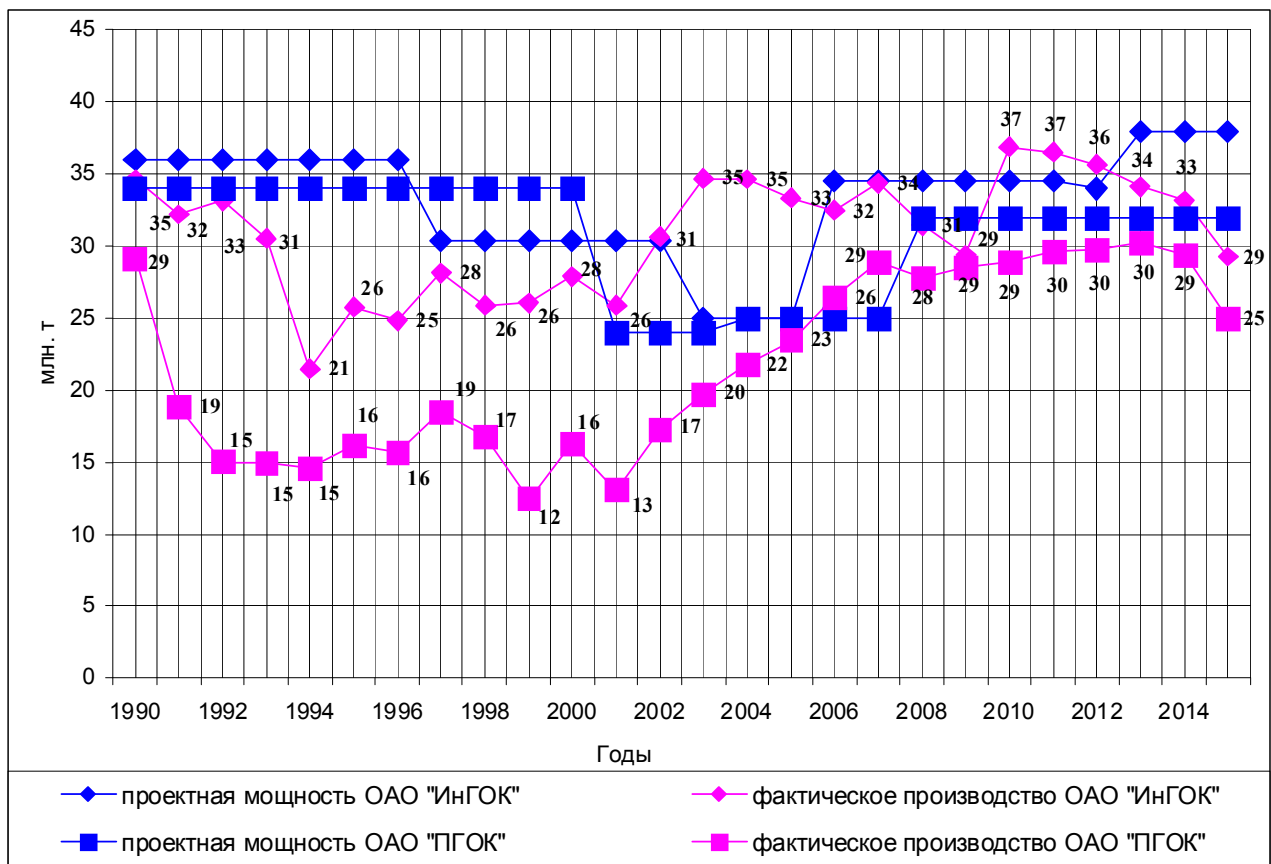


Рис. 8. Динамика проектной мощности и фактического производства сырой руды ПАО "Ингулецкий ГОК" и ОАО "Полтавский ГОК"

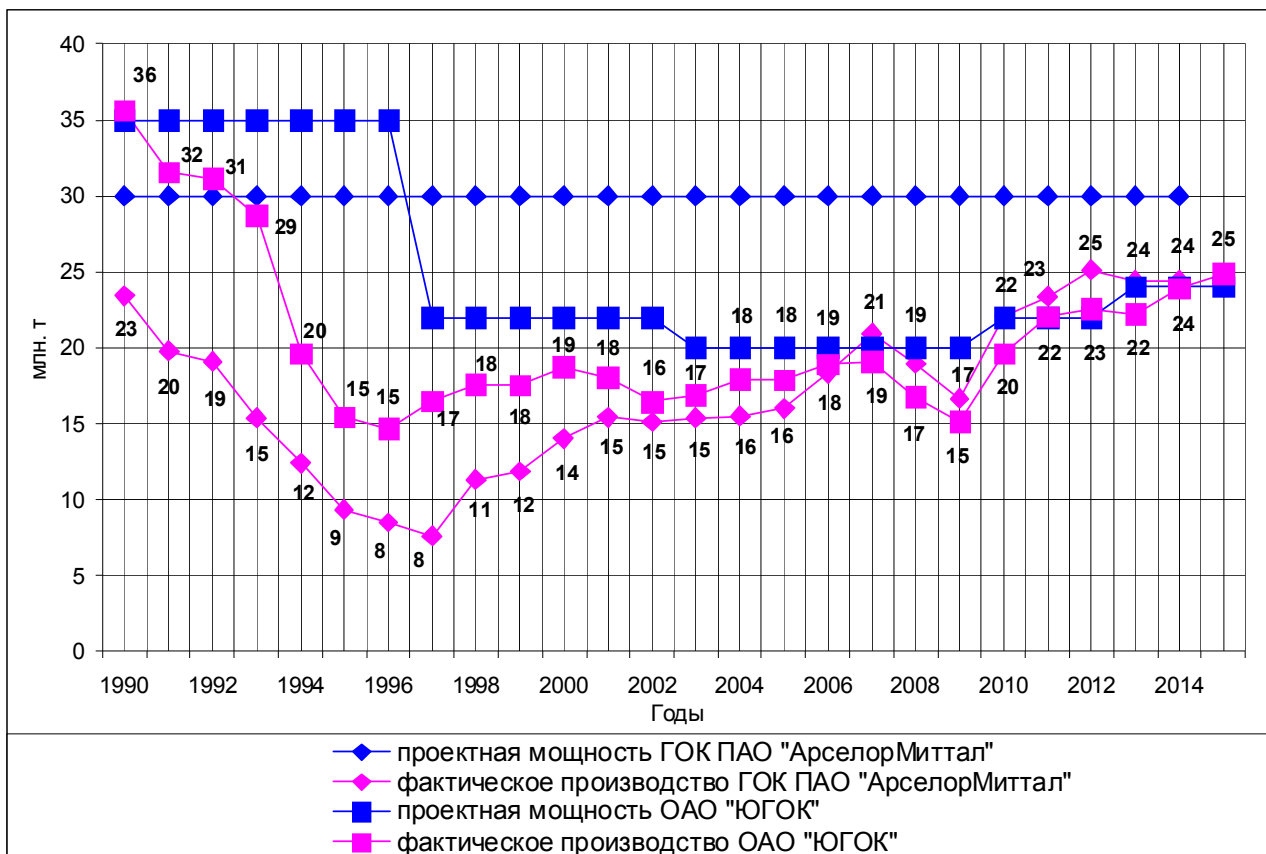


Рис. 9. Динамика проектной мощности и фактического производства сырой руды ОАО "ЮГОК" и ГОК ПАО "АрселорМиттал Кривой Рог"

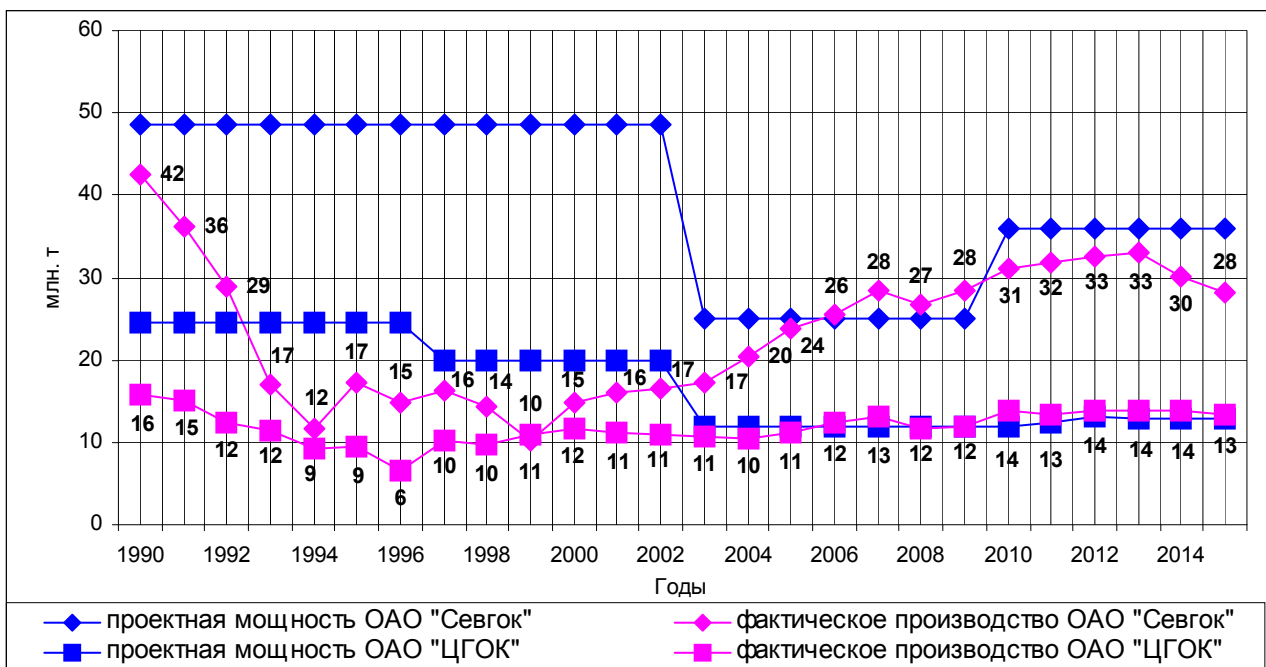


Рис. 10. Динамика проектной мощности и фактического производства сырой руды ПАО "ЦГОК" и ПАО "СевГОК"

Третья характерная особенность динамики проектной мощности и фактического производства сырой руды на горно-обогатительных комбинатах Украины заключается в

снижении объемов добычи руды в последние два-три года (за исключением ЮГОКа). Это снижение “синхронизировано” с отмеченным выше уменьшением мировых объемов добычи (рис.1) и мировых объемов экспорта железорудного сырья, что свидетельствует, скорее, о глобальном, нежели о локальном изменении мирового рынка железорудного сырья в данный период.

Обобщая изложенный выше краткий анализ современного состояния отрасли, как и десять лет назад, можно подтвердить сделанные тогда выводы [5]:

- наличие мировых запасов железорудного сырья позволяет Украине обеспечивать сырьем не только отечественную металлургию, но и осуществлять экспорт, занимать одно из ведущих мест в мире среди стран производителей железорудного сырья;

- Украина располагает мощным производственным потенциалом железорудной отрасли, имеющим возможность конкурировать на мировом рынке железорудного сырья, учитывая выгодное географическое положение предприятий Украины.

3. Приоритетные направления повышения эффективности открытой разработки железорудных месторождений Украины.

Необходимость повышения эффективности открытой разработки железорудного месторождения обуславливается необходимостью поддержания приемлемой конкурентоспособности горно-обогатительного комбината. Учитывая динамику рынка минерального сырья, такое повышение должно выполняться периодически в ответ на изменения внешних, ценовых и неценовых, факторов рынка, а также внутренних факторов (например, изменение кондиций на добываемые руды). По сути, речь идет об устранении несоответствия между желаемым и действительным уровнями конкурентоспособности горно-обогатительных комбинатов, т.е. - о решении проблемы повышения эффективности производства.

Сложность указанной проблемы и, по сути, непрерывный характер ее решения приводит в практике к эмпирическому формированию множества подлежащих решению частных проблем повышения эффективности функционирования предприятия для различных сфер его деятельности (внешних и внутренних) на разных организационно-структурных уровнях. На уровне комбината к основным частным проблемам повышения эффективности его производства можно отнести:

- проблему развития сырьевой базы предприятия;
- проблему управления (поддержания) его производственной мощностью;
- проблему совершенствования инновационно-инвестиционной политики;
- проблему охраны окружающей среды и экологизации производства;
- проблему повышения эффективности технологий добычи и последующего передела руд.

Несомненно, каждая из перечисленных выше проблем для своего решения требуют соответствующего научно-методического обеспечения. Однако следует отметить особую актуальность последней из них, поскольку речь идет о технологиях, реализующих основные технологические процессы железорудного горно-обогатительного комбината.

Эту проблему тоже можно разделить на ее составляющие, в частности, что касается технологии добычи руд, это будут:

- проблема разработки принципиально новых или совершенствования применяемых технологий открытой разработки и карьерного оборудования;
- проблема их проектирования в условиях изменчивого рынка железорудного сырья;
- проблема управления открытой разработкой месторождения в условиях изменчивого рынка железорудного сырья.

В реальной перспективе радикального изменения технологий открытой разработки, т.е. создание новых, не предвидится. Аналогичное утверждение справедливо и в отношении карьерного оборудования. Поэтому в ближайшем будущем, как в настоящем времени, будут происходить эволюционные изменения параметров карьерного оборудования и соответствующих им параметров технологии. Несомненно, что в этом случае происходит и будет происходить повышение эффективности открытой разработки, но эволюционное.

Проблема проектирования открытой разработки месторождений заключается в несоответствии традиционной технологии проектирования временным требованиям рынка (см. первые две особенности динамики проектной мощности), а также в несоответствии эффективности традиционной методологии проектирования требованиям к обеспечению приемлемой конкурентоспособности комбината. Эта проблема уже частично решается путем применения принципиального нового инструментария проектирования – геоинформационных систем, в частности, в ГП “ГПИ “Кривбасспроект” [16]. Однако новая методология проектирования, соответствующая возможностям нового инструментария, пока не создана, хотя научные разработки уже ведутся, например [17]. Поэтому решение основных проектных задач (определение оптимальной динамики производственной мощности карьера, выбор системы разработки и определение ее параметров, выбор схемы вскрытия и определение ее параметров, выбор оборудования, календарное планирование горных работ) пока выполняется традиционными методами. Тем не менее, принципиально новый инструментарий создал возможности для создания принципиально новой, системной и динамичной методологии и технологии проектирования открытой разработки месторождений, что обеспечит решение проблемы проектирования не эволюционно, а на качественно новом уровне.

Аналогичная ситуация с решением проблемы управления открытой разработкой месторождения в условиях изменчивого рынка железорудного сырья. Кроме того, появляется возможность на уровне годового планирования реализовывать стратегическое планирование, и сам процесс управления в целом тоже реализовывать как стратегический, что является одним из требований рынка [18].

Таким образом, подводя итог анализу состояния и направления повышения эффективности открытой разработки железорудных месторождений Украины, можно сделать следующие выводы. Украина по-прежнему входит в состав мировых лидеров по размерам запасов железной руды и объему экспорта железорудного сырья. Дальнейшее повышение конкурентоспособности горно-обогатительных комбинатов связано не только с приростом запасов и применением нового карьерного оборудования, но и с переходом к технологии проектирования и планирования горных работ качественно нового уровня.

Список литературы

1. Панченко В.В., Горпинич А.В. Тенденции производства горно-металлургической продукции и концепция формирования параметров карьерных рудопотоков // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. – Дн-ськ, 2001. – Вип.. 25. – С. 63-69.
2. Плотников О.В., Петрусенко І.Ю. Структура світових запасів заліза і тенденції розвитку залізорудної мінерально-сировинної бази України // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. - 2003. - № 1. - С. 79-82.
3. Вілкул О.Ю. Огляд світового ринку залізорудної сировини // *Вісник КТУ*. - 2004. - № 4. - С. 3-12.
4. http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iron_ore/.
5. Пивняк Г.Г., Гуменик І.Л., Панченко В.В. Анализ состояния и перспективы открытой разработки железорудных месторождений Украины // *Науковий вісник НГУ*. – Дн-ськ: РВК НГУ. – 2005. - № 7.- С. 10-21.
6. <http://www.worldstopexports.com/iron-ore-exports-country/>
7. Дослідження техніко-економічних показників гірничодобувних підприємств України та ефективність їх роботи в умовах змінної кон'юктури світового ринку залізорудної сировини: монографія / Є.К. Бабець, І.Є. Мельникова, С.Я. Гребенюк, С.П. Лобов; за ред.. Є.К. Бабця; НДГРІ ДВНЗ “КНУ”. – Кривий Ріг: Вид. Р.А. Козлов, 2015. – 391 с.
8. Железорудная промышленность Украины: обретение стабильности и устремленность в будущее / Ю.П. Капленко, В.А. Колосов, Ф.И. Караманич, С.А. Харин // *Міжнародна науково-технічна конференція “Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості”*. Збірник доповідей, т. 1. – Кривий Ріг, 2004. – С. 22-27.

9. Державний баланс запасів корисних копалин України // Державна служба геології та надр України. – К.: ДНВП “ГЕОІНФОРМ УКРАЇНИ”. – 2014. – Видання 34 “Руди заліза” – 124 с.
10. Сборник технико-экономических показателей горнодобывающих предприятий Украины в 2004-2005 гг. / В.Г. Близиюков, В.А. Салганик, Л.А. Штанько, П.А. Русаненко. – Кривой Рог: ГНИГРИ. – 2006. – 155 с.
11. Сборник технико-экономических показателей горнодобывающих предприятий Украины в 2006-2007 гг. / В.Г. Близиюков, В.А. Салганик, Л.А. Штанько, П.А. Русаненко. – Кривой Рог: ГНИГРИ. – 2008. – 147 с.
12. Сборник технико-экономических показателей горнодобывающих предприятий Украины в 2008-2009 гг. / Е.К. Бабец, Л.А. Штанько, В.А. Салганик, А.В. Петрухин, В.О. Терещенко. – Кривой Рог: ГП “НИГРИ”. – 2010. – 164 с.
13. Сборник технико-экономических показателей горнодобывающих предприятий Украины в 2009-2010 гг.: Анализ мировой конъюнктуры рынка ЖРС 2004-2011 гг. / Е.К. Бабец, Л.А. Штанько, В.А. Салганик, И.Е. Мельникова, А.В. Петрухин, С.Я. Гребенюк, В.О. Терещенко, Е.В. Нусинова; редкол.: Е.К. Бабец (гл. ред.), В.В. Цариковский и др. – Кривой Рог: Видавничий дім, 2011. – 329 с.
14. Сборник технико-экономических показателей горнодобывающих предприятий Украины / ГНИГРИ. – Кривой Рог, 2002. – 178 с.
15. Сборник технико-экономических показателей горнодобывающих предприятий Украины / ГНИГРИ. – Кривой Рог, 2003. – 164 с.
16. Перегудов В.В. Комплексна автоматизована система управління технологією проектування з використанням К-MINE / В.В. Перегудов, А.В. Романенко, В.В. Панченко // Матеріали міжнародної конференції “Форум гірників – 2015”. – Д.: ДВНЗ “НГУ”, 2015. – С. 94-100.
17. Гуменик И.Л., Панченко В.В. Развитие теории проектирования открытых горных работ. – Горный журнал. - № 5. – 2009. – С. 35-39.
18. Панченко В.В. Перспективи розвитку концепції стратегічного управління для залізородних кар’єрів / В.В. Панченко, В.В. Загубинога // Матеріали міжнародної конференції “Форум гірників – 2014”. – Д.: ДВНЗ “НГУ”, 2014. – С. 106-113.

УГОЛЬ ИЛИ ГАЗ ИЗ УГЛЯ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

В. А. Кулиш, Р. Е. Брицкий, ГП «Институт «УКРНИИПРОЕКТ», Украина

Как известно, газ, полученный из угля, без серы и твердых частиц, – это топливо, которое, как и природный газ, сгорает почти без отходов. Газифицировать можно весь уголь, но наиболее целесообразно – молодой уголь от бурого до каменного, который плохо спекается. Технологии газификации угля развиваются по трем направлениям:

- газификация для получения синтез-газа ($\text{CO}+\text{H}_2$), водорода (теплота сгорания полученного газа $Q = 10...16 \text{ МДж/м}^3$);
- газификация низкосортного угля с получением низкокалорийного отопительного газа ($Q = 3,6...7,8 \text{ МДж/м}^3$);
- газификация для производства заменителя природного газа с высокой теплотой сгорания ($Q > 21 \text{ МДж/м}^3$), что осуществляется в основном метанизацией синтез-газа.

Существует более 180 технологий газификации твердого топлива. В промышленности наиболее освоены технологии Лурги (газификация углей в плотном слое под давлением), Винклера (газификация твердого мелкозернистого топлива в кипящем слое на парокислородном или воздушном дутье), Копперса–Тотцека (газификация пылевидного