



РАЗМЫШЛЕНИЯ О КРИЗИСЕ В ОГНЕУПОРНОЙ ОТРАСЛИ

Рассмотрены структура и состояние огнеупорной отрасли. Описана деятельность ведущих мировых корпораций в области огнеупоров. Приведены два варианта (оптимистический и пессимистический) развития ситуации на рынке огнеупоров. Указаны причины продолжения существующего кризиса и меры, принимаемые европейскими производителями огнеупоров для выхода из кризиса. Предложено несколько «забытых» инновационных разработок российских ученых.

Ключевые слова: кризис в огнеупорной отрасли, энергоэффективность, удельный расход огнеупоров, отходы производства, переработка отработанных огнеупоров, инновационные технологии.

СТРУКТУРА МИРОВОГО РЫНКА ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

Перспективы огнеупорного производства значительно связаны с развитием сталелитейной промышленности. Так, в производстве чугуна и стали потребляется более 60 % общей потребности огнеупоров (рис. 1). Рентабельность отрасли огнеупоров в целом во многом зависит от уровня производства стали и инвестиций в металлургию. В глобальной экономической ситуации независимо от производства стали можно прогнозировать несколько сценариев развития отрасли до 2017 г. Хотя, помимо металлургии, другие отрасли потребляют меньшее количество огнеупоров, их влияние на отрасль по-прежнему очень важно. Существует значительное число производителей огнеупоров, которые выпускают конкретные виды продукции высокого качества для различных секторов экономики. В черной металлургии потребляется 60,6 % мирового производства огнеупоров; остальные потребители — производство цемента и извести (14,1 %), ферросплавов (4,8 %), цветная металлургия (3,3 %), химическая и др.

Общее мировое производство огнеупоров, по экспертным оценкам, в 2012 г. составило 41,5 млн т на сумму 25 млрд долл. Наибольшая часть огнеупоров произведена в Китае, их производство оценивается в 29,5 млн т (14,3 млрд долл.). Европейский союз является вторым по величине производителем огнеупоров с объемом производства в 2012 г.

4,1 млн т (3,9 млрд долл.). В Северной Америке в 2014 г. ожидается выпуск 1,4 млн т огнеупоров (1,4 млрд долл.). Прогнозируется, что к 2017 г. мировой рынок огнеупорной продукции вырастет до 46 млн т (29,0 млрд долл.).

В структуре рынка производства огнеупоров в последние годы произошли значительные преобразования. Раньше под словом «огнеупор» подразумевались изделия конкретной формы и размеров, которые могли выдерживать действие высоких температур. В настоящее время понятие «огнеупоры» значительно расширилось; большая часть современных огнеупоров относится к неформованным материалам. В этой связи к огнеупорным предприятиям можно отнести:

— предприятия сырьевого сектора. К ним относится, например, производство хромитового песка для стартовых смесей разливочных устройств в ЮАР;

— рафинировочные и обогащательные предприятия. К ним относятся предприятия по обогащению огнеупорного сырья (бадделейта, андалузита, графита и др.) [1];

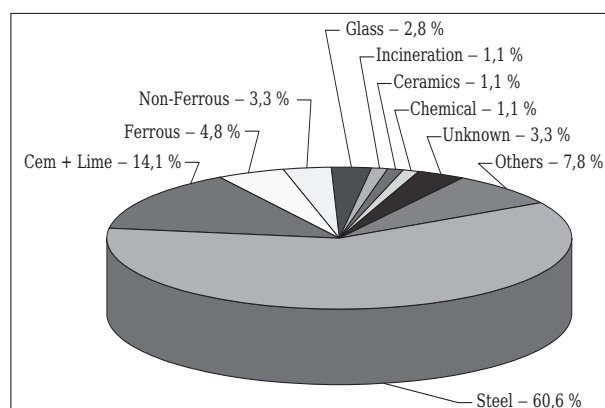


Рис. 1. Основные потребители огнеупоров

✉
В. А. Кононов
E-mail: kvant2404@mail.ru

— предприятия по производству синтетических плавяных и спеченных материалов (плавяные корунд, периклаз, шпинель, бадделеитокорунд, спеченный табулярный глинозем, карбид кремния и др.);

— предприятия по производству неформованных материалов или комплектации компонентов для масс и смесей.

В структуре огнеупорного производства в основном преобладают крупные и средние предприятия. Малых предприятий значительно меньше, чем в сфере обслуживания, так как для них необходимы значительные инвестиции в создание инфраструктуры. За последние 10 лет увеличилось число крупных компаний, которые контролируют определенные сегменты рынка. Наибольшее число огнеупорных предприятий в Китае. Группа ведущих мировых лидеров производства огнеупоров в соответствии со своими финансовыми возможностями показана на рис. 2. В десятку мировых лидеров входят RHI (австрийско-германская группа), «Vesuvius» (США), «Magnesita» (Бразилия), «Shinagawa» и «Krosaki Harima» (Япония), «Calderys» (Испания – Франция), Группа «Мagnezit» (Россия), «Morgan Crucible» (Великобритания), группа «Saint-Gobain» (Франция) и группа «Refratechnik» (Германия). Все эти корпорации и группы имеют представительства, филиалы во многих странах мира и контролируют различные сферы огнеупорного рынка (металлургию, производство электродов, сырья, цемента и стекла).

Корпорации **RHI** и «**Vesuvius**» являются ведущими в области поставок огнеупорных изделий и материалов для выплавки стали в конвертерах и электропечах, а также в системах для разлива стали из сталеразливочных и промежуточных ковшей. Корпорации действуют во всем мире и поставляют практически все

виды современных огнеупорных изделий и материалов, в основном для черной металлургии. Концерн RHI в 2013 г. приобрел 43,6 % акций (сделка на 311 млн евро) одной из ведущих компаний Индии — фирмы «Orient Refractories», включающей несколько огнеупорных предприятий, научно-исследовательский институт и представительства во многих регионах Индии и в странах Юго-Восточной Азии [2]. Группа RHI активно действует на рынке развивающихся стран. Она обеспечивает не только поставки своей продукции на перспективные рынки, но и получает дефицитное сырье для своих предприятий. Так, сербский производитель плавяного периклаза компания «Magnochrom» подписала с концерном RHI протокол о взаимопонимании и возможных инвестициях в свое производство на сумму до 60 млн долл. в течение пяти лет.

Лидер бразильской огнеупорной отрасли компания «**Magnesita**» специализируется на поставках огнеупорного сырья (плавяный периклаз, хромит, доломит и др.), а также периклазоуглеродистых изделий для металлургии. Имеет сильные позиции в Латинской Америке и США. В последние годы активно расширяет бизнес в Европе. Фирма «Magnesita» еще в 2008 г. приобрела за 394 млн долл. немецкую фирму «LWB Refractories» и вошла в тройку ведущих мировых производителей огнеупоров. В Бразилии фирма строит завод по производству графитовых огнеупоров мощностью 40 тыс. т.

Японские корпорации «**Shinagawa**» и «**Krosaki Harima**» определяют развитие огнеупоров в Азии и в значительной мере способствовали развитию огнеупоров в Китае и Индии [3]. Корпорация «Krosaki Harima» создала совместное предприятие с индийским производителем шибберных затворов и огнеупоров фирмой IFGL, а также приобрела 74 % акций индийской компании «Tata Steel». В результате сделки «Krosaki Harima» получила доступ на индийский рынок, а индийская компания «Tata Steel» — не только необходимые инвестиции и заказы, но и технические возможности одного из лидеров японской огнеупорной промышленности.

Группа «**Calderys**» (бывшая «Plibrico») имеет 18 заводов в 16 странах мира и является основным поставщиком неформованных материалов для доменных печей и новых огнеупоров для заводов для переработки мусора. Группа имеет сильные позиции на рынке России и СНГ и уже участвует во многих проектах по реконструкции доменного производства.

В состав французской корпорации «**Saint-Gobain**», созданной в 1665 г., входит более

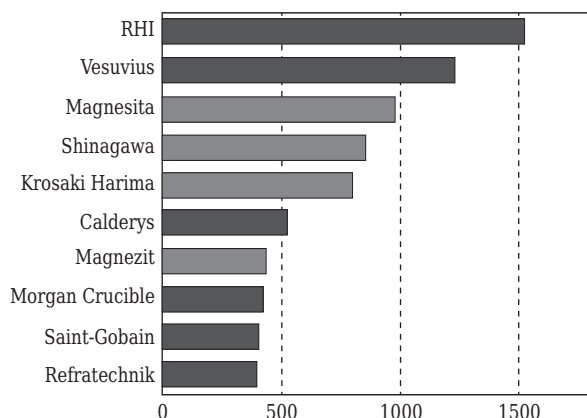


Рис. 2. Оборот мировых лидеров производства огнеупоров в 2010 г., млн евро

1500 компаний из 67 стран мира. Оборот компании, входящей в 100 ведущих корпораций мира, в 2012 г. составил 42 млрд евро. Основной профиль компании — производство стекла, зеркал, стеклотары и др. В огнеупорном сегменте фирмы — высокотехнологичная продукция для производства стекла. В России представительство фирмы имеет интересы в области производства стекла и стеклотары.

Компания «**Morgan Crucible**» на первом этапе занималась производством электродов для металлургии и графитовых тиглей для плавки различных металлов. В состав компании входит известная фирма «Norton»; в настоящее время ее интересы связаны с производством абразивов, карбида кремния, электрокерамики, полимерных добавок и др. Является одним из мировых лидеров по производству стаканов-дозаторов для МНЛЗ.

Германская корпорация «**Refratechnik**» является ведущим поставщиком огнеупоров для цементной промышленности.

Одна из стратегических целей российской Группы «**Магнезит**» (7-е место, см. рис. 2) — попадание в пятерку мировых лидеров производства огнеупоров. Группа «Магнезит» совершила большой скачок в своем развитии, создав несколько совместных огнеупорных предприятий в Китае («Yingkou Xinghe Refractories», «Liaoning Dalmond Refractories», «Wuxi Nanfang Dalmond Refractories» и «Foshan Dalmond Guanggang Refractories»). Высокое качество продукции позволяет обеспечить ее продажу на китайском и российском рынке, а также занять ведущие позиции на рынке СНГ. В состав Группы «Магнезит» входят также совместные предприятия в Германии («Dalmond Feuerfest Siegburg») и в Словакии («Slovmag»). В 2013 г. Группа «Магнезит» на заводе «Slovmag» (г. Любеник, Словакия) ввела в эксплуатацию новый цех мощностью 32000 т в год по производству периклазоуглеродистых изделий. В результате этого возможности «Slovmag» по производству таких изделий возросли более чем в 6 раз. Объем инвестиций в проект составил 7 млн евро. Близость крупнейших европейских производителей стали и высокое качество периклазоуглеродистых изделий на специальной связке позволяют рассчитывать на поставки этих изделий в Европу. В конце июля 2013 г. Группа «Магнезит» при участии фирмы «Polysius AG» (Германия) ввела в эксплуатацию высокотемпературную шахтную печь производительностью 80 тыс. т в год плотноспеченного периклазового клинкера. Новый агрегат не имеет аналогов в мире. Кроме того, вводится второй уникальный агрегат — многоподовая

печь фирмы «Polysius». Суммарный объем инвестиций в строительство шахтной и многоподовой печей превысил 2,3 млрд руб. Благодаря введенным агрегатам будет обеспечено собственное производство качественным сырьем для изготовления продукции ответственного назначения. Дополнительно заключен контракт с немецкой компанией «SMS Siemag» на поставку 10 электрических плавильных печей мощностью 10 тыс. т в год каждая. Это позволит обеспечить производство 100 тыс. т в год электроплавленного периклаза и стать одним из мировых лидеров в данной области. Создание собственной сырьевой базы является главным преимуществом Группы «Магнезит» перед многими лидерами мирового огнеупорного рынка.

ОПТИМИСТИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ОГНЕУПОРНОЙ ОТРАСЛИ

По прогнозам экспертов, глобальный спрос на огнеупоры будет расти по 3,4 % в год до 2016 г., и общее производство огнеупоров в мире вырастет до 46,3 млн т. Реализация продукции возрастет на 5,3 % в год и в стоимостном выражении достигнет 46,5 млрд долл. в 2016 г., причем ожидается, как и в последние годы, умеренность в ценах на сырье и огнеупоры.

На развитие огнеупорного производства и его рынок влияют следующие факторы: качественный уровень конечной продукции; производственные методы, используемые для получения огнеупора; характер и условия эксплуатации огнеупорных изделий.

Увеличение спроса на огнеупорные материалы до 2016 г. будет стимулироваться ускорением в строительстве и в других отраслях. Более широкое использование огнеупоров намечается в производстве химических веществ и нефтехимии, в установках на мусоросжигательных заводах и др. Будет продолжаться совершенствование производственных методов, используемых в отраслях конечного использования огнеупорного продукта. Более эффективные огнеупорные технологии будут способствовать улучшению спроса на более прочные огнеупоры более высокого класса. Это приведет к снижению интенсивности использования и ограничит глобализацию рынка.

Металлургический рынок будет продолжать доминировать на рынке огнеупорных продаж по всему миру и в 2016 г. составит почти 3/5 всего спроса на продукцию в натуральном выражении. Основная прибыль будет получена при продажах огнеупоров для производства стали. Рынок огнеупорных материалов

Объем мирового производства огнеупоров, млн т

Регион	2002 г.	2007 г.	2012 г.	Рост производства, % в год	
				за 10 лет	за 5 лет
Мировое производство	22,865	38,100	45,200	10,8	3,5
Северная Америка	3,585	3,725	3,700	0,8	0,1
Западная Европа	3,465	3,695	3,700	0,3	Н. д.
Азиатско-Тихоокеанский	10,325	24,635	31,05	19,0	4,7
Латинская Америка	0,910	0,995	1,125	1,8	2,5
Восточная Европа	3,130	3,565	3,920	2,6	1,9
Африка – Ближний Восток	0,013	0,148	0,169	3,2	2,6

Источник: The Freedonia Group [2009]

для производства цветных металлов вырастет примерно в том же темпе по аналогичным причинам. Продажи огнеупоров будут расширяться быстрее всего в развивающихся регионах, отражая тенденции вложения инвестиций в металлургию и другие производства тяжелой промышленности в странах с низким уровнем структуры затрат. Размещение объемов производства огнеупорных изделий будет в основном в Азии (Тихоокеанский регион), за ней следуют Африка (Ближневосточный регион), Центральная и Южная Америка, Восточная Европа. На один только Китай будет приходиться 72 % всей прибыли от объема продаж огнеупоров в период между 2011 и 2016 гг. Это объясняется дополнительным ростом производства стали, цемента и развитием других отраслей тяжелой и обрабатывающей промышленности, а также использованием менее сложных методов производства стали, чем те, которые распространены в экономически развитых странах.

После длительного периода спада объем потребляемых огнеупоров также будет расти в США, Западной Европе и Японии (см. таблицу). Экономическая ситуация становится лучше в производстве черных и цветных металлов. Прибыль от продажи огнеупоров увеличится незначительно, так как повысить эффективность будет намного сложнее, чем снизить расход огнеупоров.

Мировой спрос на огнеупоры, по прогнозам, будет расти по 5,3 % в год до 2014 г. и составит около 40,8 млн т. Ведущим мировым производителем огнеупоров является Китай. В 2011 г. было произведено 29,5 млн т огнеупоров, в том числе формованных 17,7 млн т, неформованных 11,2 млн т, прочих 674 тыс. т [4]. Экспорт огнеупоров в декабре 2012 г. возрос на 7,5 % по отношению к уровню предыдущего года. Потенциальные возможности экспорта огнеупоров из Китая позволяют с избытком обеспечить потребности США, Японии и Европы.

ПЕССИМИСТИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ

Основные мощности мировой огнеупорной промышленности увеличились во время бурного роста экономики в Китае в начале 2000-х годов, но уже с момента кризиса 2008 г. значительная часть сталелитейной промышленности и огнеупорного производства остается невостребованной. Китай превратился в начале 2000-х годов в мировую «производственную мастерскую». Государство, ставшее основным партнером западных компаний, строивших в КНР свои заводы и фабрики, вкладывало свою долю доходов в инфраструктуру и повышение жизненного уровня населения. За счет этого производство стали в стране с 2000 по 2013 г. выросло более чем в 6 раз. Только по официальным прогнозам, оно может достигнуть в текущем году 780 млн т, причем, как признают сами китайцы, еще до 50 млн т в год могут оказаться вне сферы внимания государства. Производство огнеупоров в Китае увеличилось более чем в 10 раз и превышает 30 млн т из 42 млн т мирового производства огнеупоров. Таким образом, резервы роста в этой стране подошли к концу. Китайский подъем опирался прежде всего на западный потребительский рынок, который после 2008 г. резко сузился, а сейчас находится в состоянии стагнации. Рассчитывать на его существенное улучшение не приходится.

Китайские власти после 2008 г. принимали большие усилия, чтобы заменить «внешний» рост объема производства «внутренним». Были реализованы широкомасштабные программы по строительству инфраструктуры, приведшие, в частности, к появлению «мертвых» городов, в которых почти никто не живет. Строились современные дороги, ведущие из ниоткуда в никуда. Но сейчас и этот фактор перестал работать из-за отсутствия смысла наращивания инвестиций в строительство до бесконечности. В последние месяцы в Китае стремительно раз-

растается пирамида потребительского кредитования, но это сопряжено с большой вероятностью краха по образцу США и Европы 2008 г. Избыток совместных огнеупорных предприятий в Китае и отсутствие спроса на огнеупоры на европейском рынке вынуждают владельцев совместных предприятий повышать активность на рынке других стран, в том числе и в России. В 2009 г. в Россию и страны СНГ было поставлено из Китая более 179,6 тыс. т огнеупоров [5]. Сегодня с учетом создания ОАО «Динур» совместного предприятия из Китая импортируется более 200 тыс. т огнеупоров. Поэтому металлургам и огнеупорщикам придется значительно сократить мощности для достижения баланса спроса и предложения. При этом первыми кандидатами на сокращение являются компании ЕС и Китая, где перепроизводство наиболее выражено. Однако оптимизация мощностей вряд ли произойдет быстро. Она вызовет протесты государственных и местных властей, которые против закрытия предприятий и потери значительной части налогов при массовой ликвидации рабочих мест в регионах.

Конечными потребителями огнеупорной продукции являются также реальные секторы экономики государства, в которых реализуются различные проекты — от локальных до общенациональных. В России, которая фактически становится сырьевым придатком Европы для добычи нефти и газа, большинство огнеупоров расходуется для выплавки трубного металла, из которого делают трубы для газо- и нефтепроводов. Часть огнеупоров расходуется для производства металла, необходимого в строительстве промышленных и жилищных объектов. В данный момент это направление находится в тупике, хотя США, например, вышли из кризиса 30-х годов XX века благодаря финансированию строительства дорог и созданию инфраструктуры. Наше государство, к сожалению, пытается выйти из бюджетно-долгового кризиса посредством сокращения затрат на госаппарат (в том числе врачей и учителей), социальных программ (пенсии и др.) и снижения госинвестиций.

Главная причина всех неурядиц в металлургическом секторе Европы — падение спроса на сталь и, соответственно, на огнеупоры, которое произошло после мирового кризиса в 2008 г. Спрос на стальную продукцию на европейском рынке снизился на 30 %. По данным Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), в настоящее время объемы производства фактически на 1/3 превосходят спрос на сталь в странах региона, и большинство европейских металлургических компаний

вынуждены продавать прокат по ценам ниже себестоимости. Снижение спроса на стальную продукцию в Европе произошло главным образом вследствие резкого падения активности со стороны двух главных клиентов металлургической отрасли — строительства и автомобильной промышленности. Причем это снижение является следствием экономического кризиса и результатом политики жесткой экономии, проводимой в ЕС. Строительная активность существенно сократилась в десяти странах ЕС и незначительно возросла лишь в трех государствах ЕС. А количество изготовленных в 2013 г. автомашин на 3,5 млн меньше, чем в предкризисном 2007 году.

На фоне этих цифр и серьезных убытков европейский сталелитейный сектор готовится к реализации массовой программы отраслевой реструктуризации, которая напрямую предусматривает сокращение рабочих мест, зарплат и социальных пособий работников металлургической промышленности. Так, крупнейшая корпорация «ArcelorMittal» уже закрыла заводы в Бельгии, Франции и Испании, а теперь собирается остановить доменные печи в Льеже — на одном из старейших и крупнейших металлургических предприятий Европы. Кандидаты на полную остановку производства и выход с рынка — крупнейший в ЕС итальянский металлургический комбинат «Ilva» и итальянская металлургическая компания «Riva Acciaio», которая в середине сентября 2013 г. полностью прекратила свои операции и отправила домой 1,4 тыс. рабочих. Ведущая металлургическая компания Германии — «ThyssenKrupp» из 150 тыс. человек персонала сокращает только в Европе 28 тыс. рабочих и служащих и намеревается продать двух убыточных заводов (в Бразилии и США), в которые немцы вложили уже более 12 млрд евро.

Снижение спроса на металл и закрытие металлургического производства автоматически приводят к снижению спроса на огнеупоры и сокращению численности персонала огнеупорных предприятий. Большой спад за последние 15–20 лет произошел в огнеупорной промышленности США. Под напором китайских производителей огнеупоров в октябре 2011 г. на фирме «Snowshoe Refractories» (шт. Пенсильвания) были уволены 2/3 персонала. Кроме экспансии азиатских производителей огнеупоров на рынке США активно действует корпорация RHI, которая в предыдущие кризисы скупала ряд огнеупорных предприятий. После покупки на предприятиях остались только прибыльные подразделения, а большинство устаревших цехов было закрыто.

При глубоком продолжении кризиса в Китае и Европе возможны следующие варианты развития российской огнеупорной отрасли.

1. Увеличение объема поставок в Россию дешевой китайской продукции, в особенности технически сложной (изделия для МНЛЗ, шибберные плиты, углеродсодержащие футеровки и др.). Группа «Магнезит» сможет за счет своего влияния выдержать конкуренцию с ведущими мировыми корпорациями, которые при конкуренции с китайскими производителями потеряют многие позиции на рынке. Производителям изделий для МНЛЗ (Динур, Боровичский комбинат огнеупоров, Богдановичские огнеупоры) для сохранения рынка необходимо кроме совершенствования технологий значительно снизить свои издержки.

2. В металлургии России произойдет незначительное падение производства металла. Возникнут проблемы у средних металлургических предприятий из-за слабости внутреннего рынка металлопродукции. Несмотря на большие долги перед отечественными огнеупорными предприятиями у средних предприятий будет стоять очередь из новых поставщиков дешевых китайских огнеупоров. А «пирамида» неоплаченных платежей может развалиться, приведя к банкротству многие огнеупорные предприятия.

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ПРОДОЛЖЕНИЯ КРИЗИСА

Россия, как часть мирового сообщества производителей огнеупоров, вступила в затяжную полосу экономического кризиса, одной из причин которого является контроль большинства сегментов рынка крупными транснациональными корпорациями. Представители «большого» бизнеса (металлурги, автомобилестроители, производители удобрений, фармацевтические компании и др.) в конце прошлого века перенесли в страны третьего мира производственные мощности по выпуску многих видов продукции (кроме наиболее технически сложной и наукоемкой). В своих секторах экономики созданные корпорации значительно наращивали прибыль. В США и Европе создавались новые рабочие места (сферы управления, дизайна, маркетинга и продаж). После распада Советского Союза и ликвидации социалистического лагеря дополнительно открылись для внешней экспансии такие крупные экономики, как индийская и китайская.

За последние 10 лет резервы развивающихся стран оказались в основном исчерпанными и процессы глобализации экономики практиче-

ски закончились. Новых рынков, которые могли бы обеспечить продолжение экстенсивного роста, в мире больше нет. Эффект от перенесения производства в государства третьего мира, который был конкурентным преимуществом отдельных корпораций, уже получен многими игроками. Даже Группа «Магнезит», которая недавно создала свои совместные предприятия в Китае, получила значительную прибыль от своих инвестиций. Богатейшие люди мира, владеющие транснациональными корпорациями, с учетом их влияния на мировую экономику стали использовать следующие механизмы для получения дополнительной прибыли.

1. *Применение различных схем ухода от налогов* для уменьшения доли прибыли, которую нужно отдавать своему государству. Масштабы этого явления огромны. По оценкам Европейской комиссии, «недобор» налогов и сборов составляет в странах ЕС порядка 1 трлн евро в год. По мнению американской Налоговой службы (Internal Revenue Service), в США в 2012 г. американские корпорации легально укрыли от внутреннего налогообложения около 2 трлн долл. доходов. Вследствие этого процесса государствам стало не хватать денег для покрытия социальных обязательств. В США резко повысился государственный долг. Большинство стран Европы стало проводить политику «жесткой экономии».

2. *Развитие производства за счет привлечения дешевого и доступного заемного иностранного кредита.* Последний подъем в экономике в первую половину 2000-х годов происходил в основном за счет этих кредитов. Даже многие крупные российские металлургические предприятия получали кредиты для проведения своей реконструкции. В начале кризиса в 2009 г. государство было вынуждено оказывать помощь крупным монополиям для уплаты процентов по кредитам несмотря на то, что в десятке богатейших людей России не нефтяники и газовики, а владельцы металлургических предприятий. При существующем кризисе, по заявлению Президента страны, помощи со стороны государства крупным монополиям не будет. Высокие прибыли отечественных металлургических компаний по сравнению с иностранными конкурентами позволяют им самостоятельно оплатить любые кредиты.

В России слабость огнеупорной отрасли не позволила отечественным предприятиям брать крупные дешевые кредиты у иностранных банков. Из-за высоких процентных ставок российских банков пострадало предприятие «Огнеупоркомплект», которое обеспечивало

импортными огнеупорами крупные металлургические предприятия. Основной причиной неудачи этого предприятия является предоставление значительных льгот (1–6 мес) по отсрочке оплаты поставленной продукции. Для выполнения своих обязательств по поставкам огнеупоров предприятие «Огнеупоркомплект» брало банковские кредиты, причем заказчики свои обязательства по оплате продукции не выполняли. В результате перспективное предприятие с квалифицированными кадрами оказалось на грани банкротства. Сейчас многие металлургические предприятия задолжали огнеупорным поставщикам огромные суммы и «пирамида» неплатежей, в которую втянут даже лидер огнеупорной отрасли — Группа «Магнезит», стремительно растет.

В мировой экономике уже произошло обрушение пирамиды ипотечного и потребительского кредитования, которое привело к «сгоранию» обесценившихся активов на триллионы долларов и заставило правительства большинства стран вливать эти триллионы в банки, чтобы возместить им эти потери. В результате этого нарушилась стабильность финансовой системы в мировом масштабе, что привело к резкому сокращению банковского финансирования для реального сектора экономики.

3. *Использование пробелов налоговой политики разных стран для получения сверхприбыли.* Во многих странах эффективно действует прогрессивный подоходный налог, позволяющий государству равномерно распределять нагрузку на жителей страны в зависимости от уровня доходов. Поэтому представители корпораций, которые нынче называются «инвесторами», переводят капиталы в страны с легким налоговым бременем. В тяжелое время кризиса начинается бегство капиталов из развивающихся стран. Прогрессивная шкала налогов заставляет представителей большого бизнеса значительную часть своей прибыли отдать государству. Только в небольшом числе стран (Россия и др.) уровень налогов для олигархов соответствует уровню налогов большинства населения.

Скачок в китайской экономике во многом обусловлен грамотной налоговой и таможенной политикой страны. Все ведущие корпорации создавали совместные предприятия и не только развивали китайское огнеупорное производство, но и импортировали из Китая огромное количество сырья (бокситы, плавильный периклаз и др.) для развития собственного производства [6]. Благодаря правильной налоговой политике в Китае вместо экспорта сырья преобладает экспорт огнеупорных изделий.

4. *Проведение политики сокращения рабочей силы.* Для сокращения затрат корпорации начали проводить сокращение рабочей силы. Сейчас под сокращение попадает в основном техническая интеллигенция, имеющая ограниченные возможности для альтернативного трудоустройства. Рост безработицы привел к сужению потребительского рынка в западных странах, подорвал благополучие малого бизнеса, занятого в основном в сфере услуг, и запустил замкнутый «порочный круг». Чем хуже рыночная конъюнктура, тем более жесткую политику проводят корпорации, увольняя новых сотрудников. Но чем больше увольнений, тем более угнетенным оказывается потребительский рынок и тем хуже конъюнктура.

Кроме факторов, которые влияют на кризис в результате деятельности крупнейших корпораций, существуют внешние факторы, которые определяются влиянием созданной США системы либеральной экономики.

• **Необеспеченность денежной массы соответствующим количеством товара.** Федеральная резервная система (ФРС) США (Центральный банк США) является частной организацией, принадлежащей 20 частным банкам США. Она получила право выпускать в обращение доллары и определять их объемы, сроки выпуска и т. д. С 1971 г. объем долларовой массы в мире вырос в десятки раз, превзойдя во много раз реальный объем товарной массы в мире. Фактически в течение последних лет США живут не по средствам, т. е. в значительной мере за счет остального мира. Так, ВВП этой страны составляет 20 % мирового ВВП, а уровень потребления в США превышает 40 % мирового производства. При этом владельцы ФРС прекрасно знают, что наступит этап «контролируемого обрушения» и доллар рухнет. На практике многие экономисты считают, что кризис создан искусственно и апогей кризиса наступит для всех неожиданно с непредсказуемыми последствиями. Обрушение доллара, отказ от него США и превращение его в прах неизбежно. Одновременно рухнут евро, рубль и т. д. Хотя по этим валютам не будет дефолта, как по доллару, но они из-за огромнейшей дыры в мировых финансах мгновенно упадут в цене в 10–15 раз. Когда у всех практически исчезнут деньги, начнется медленное строительство новой мировой экономической системы. В настоящее время Россия, Китай и другие страны для снижения последствий этого явления пытаются создать альтернативную денежную систему.

• **Создание мыльных «пузырей» в различных отраслях производства.** В 2008 г. в

мире лопнул «пузырь», связанный с кризисом ипотеки в США, где большинство населения «исключительной» американской нации могло получить доступные кредиты на получение потребительских товаров и жилья (т. е. «ты еще не заработал ничего, но тебе уже дали дом, машину и т. д. Правда, под обязательство работать на погашение кредита 30 лет»). Подогреваемый государством ажиотажный спрос населения на жилье приводил к огромному повышению цен на строительные материалы (кирпич, цемент, бетон и др.). Банки стали снижать требования к берущему кредит человеку, полагая, что даже если тот не сможет отдать долг вовремя, квартиру можно будет изъять, продать и заработать на повышении цен. Рынок жилья быстро вырос, насытился, и следующее поколение заемщиков не захотело покупать жилье по повышенной цене. Рыночная экономика отреагировала, как и положено, — цены тут же стали падать. Залогом кредита выступала сама недвижимость, но конечная ее стоимость на момент продажи оказалась значительно ниже суммы первоначального кредита. Человек, получивший кредит, не смог отдать его. Банк, который выдал кредит, забирал дом. Однако рыночная стоимость дома оказывалась в 2 раза меньше, чем сумма кредита. Аналогичный ипотечный «пузырь» набирает силу в Китае.

Создание мыльных «пузырей» — уже отработанная технология. Развал СССР был значительно обусловлен созданием нефтяного «пузыря». Резкое снижение в несколько раз стоимости нефти способствовало развалу великой страны. Сейчас в США опять появился небольшой рост экономики, обусловленный сланцевым «пузырем», так как огромные средства в стране вкладываются в развитие добычи газа и нефти из сланца.

В настоящее время в мире возникает сельскохозяйственный «пузырь» и происходит так называемая **агфляция** (рост цен на сельскохозяйственные товары). К январю 2011 г. цены на агропромышленные продукты в мире выросли в 231 раз по сравнению с ценами 1990 г. По подсчетам экспертов, мир оказывается на пороге продовольственного кризиса. Возможно, что потрясения в Египте, Сирии и Тунисе связаны именно с ростом цен на сельскохозяйственные продукты.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

Современные огнеупоры благодаря повышению качества и более длительному сроку службы способствуют возможности создания

эффективных решений для снижения энергоемкости предприятий во многих других отраслях. Эффективность использования ресурсов, начиная от доступа к источникам сырья и заканчивая утилизацией отработанных продуктов, становится ключом к конкурентоспособности огнеупорной промышленности. Огнеупоры имеют большое значение для всех промышленных процессов с использованием повышенной температуры. Они играют тройную роль: обеспечивают механическую прочность тепловых агрегатов, защищают тепловые агрегаты от коррозии и теплоизолируют их.

В каждом металлургическом агрегате, реакторе, транспортном судне или высокотемпературной печи используют широкий спектр штучных огнеупорных изделий, монолитной футеровки или высокотемпературного теплоизоляционного волокна. Длительный кризис в огнеупорной отрасли заставляет предприятия для обеспечения конкурентоспособности усиливать свою деятельность во многих направлениях. Например, Европейская федерация производителей огнеупоров (PRE), в состав которой входят более 150 огнеупорных организаций, в том числе и малых, предлагает усилить свою деятельность в следующих направлениях: повышение энергоэффективности, минимизация отходов производства, снижение удельного расхода огнеупоров, увеличение переработки отработанных огнеупоров, применение инновационных технологий у потребителя.

* Повышение энергоэффективности.

Связано в первую очередь со снижением потребления энергии и самих огнеупорных материалов. Первичная энергия в производстве огнеупорных изделий (за исключением добычи сырья) предназначена для их сушки и обжига и является очень энергоемкой частью затрат. В современных технологиях тепло из зоны охлаждения печи вторично используется для сушки. В каналах отходящего газа и предварительного нагрева воздуха устанавливают теплообменники. Любой тепловой агрегат должен иметь современную теплоизоляцию, которая при использовании высоких температур уменьшает массу футеровки и приводит к увеличению эффективности использования энергии при сокращении выбросов CO₂.

* **Минимизация отходов производства.** Количество отходов, создаваемых непосредственно в огнеупорной промышленности, значительно снизилось. В мире перерабатывается практически до 100 % лома отработанного кирпича, который после дробления используется повторно. Отходы, связанные с чистовой обработкой (сверление, резание, шлифование)

огнеупоров, по мере возможности подвергаются рециркуляции. Значительно повысилась также роль огнеупоров в утилизации бытовых отходов. Использование отходов в качестве альтернативного топлива становится все более и более важным для многих стран Европы. Например, в Германии, Швейцарии и Испании более 50 % автомобильных шин, отработанного масла, пластмассы, остатков еды, бытовых отходов и т. д. перерабатывается на топливо. Использование отходов позволяет рассчитывать на еще более высокий процент вторичного топлива в будущем. Основными преимуществами переработки являются снижение стоимости топлива и уменьшение количества CO_2 , получаемого в связи с тем, что отходы больше не сжигаются. Однако сжигание этих альтернативных видов топлива приводит к увеличению выделения щелочных хлоридов и серы в атмосферу печи и усилению коррозионного воздействия на футеровку. Поэтому многие производители огнеупоров для мусоросжигающих печей значительно увеличили срок службы футеровки, используя корундовые и карбидкремниевые огнеупоры с повышенной коррозионной стойкостью к воздействию щелочей.

*** Снижение удельного расхода огнеупоров в металлургии.** За последние десятилетия срок службы огнеупоров значительно возрос, что привело к значительной экономии ресурсов. В 60-х годах XX века для производства 1 т стали требовалось 50 кг огнеупоров. Сейчас для этой цели требуется 10 кг огнеупоров (рис. 3).

Можно сказать, что при ежегодном выпуске в ЕС 173 млн т выплавляемой стали по сравнению с 1960 г. сохранено около 7 млн т огнеупорных изделий. Количество сохраненного огнеупорного сырья еще выше. Примером значительного снижения удельного расхода огнеупоров является Германия, где с момента внедрения кислородно-конвертерного производства в 60-х годах XX века расход огнеупорных материалов постоянно снижался. Расход огнеупоров 50 лет назад составлял 50 кг/т нерафинированной стали [7]. В настоящее время этот показатель равняется 10 кг/т, что соответствует сокращению спроса на 80 %. С технической точки зрения это объясняется существенным повышением стойкости футеровки металлургических агрегатов. С экономической точки зрения это связано с повышением эффективности использования ресурсов, в частности огнеупорных материалов. Подобная позитивная ситуация стала возможной благодаря НИОКР в области металлургического оборудования и огнеупорных материалов. В

дальнейшем сократить удельный расход огнеупоров станет труднее, но внедрение новых разработок позволяет снизить расход огнеупоров до 5 кг/т стали.

На рис. 3 показаны основные достижения в металлургии, которые способствовали снижению расхода огнеупоров [8, 9]. Передовые методы производства стали повлияли на конкретное потребление огнеупоров. Удельный расход огнеупоров в Японии снизился примерно до 7,8 кг/т стали, в Европе и Северной Америке — до 10 кг/т стали. В этих странах и регионах дальнейшее снижение расхода будет более медленным. Удельный расход огнеупоров в Китае составляет около 25 кг/т стали и далее будет снижаться, поскольку китайская металлургия переходит к современным технологиям производства стали.

*** Переработка отработанных огнеупоров.** Количество отходов в результате использования огнеупоров значительно снизилось, и принцип рециркуляции отработавших огнеупоров широко используется в современной Европе. Сегодня почти весь огнеупорный лом на основе MgO , SiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 и SiC повторно используется в качестве вторичного сырья. Из 100 % собранного в Европе лома около 20 % можно сразу использовать в качестве огнеупорного сырья. Часть лома в количестве около 27 % используется в других отраслях в качестве неогнеупорного материала (строительный

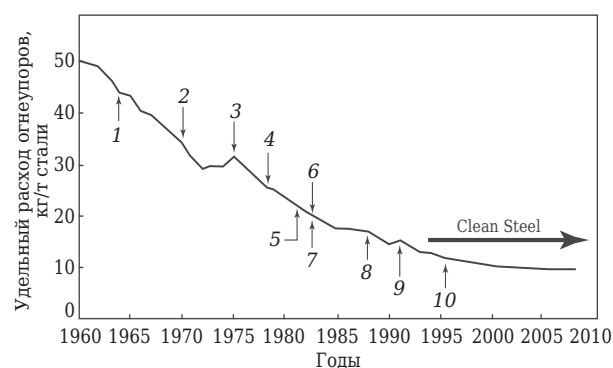


Рис. 3. Динамика снижения в ЕС удельного расхода огнеупоров: 1 — начало внедрения разливки с применением шибберных затворов (1964 г.); 2 — перевод металлургии на непрерывную разливку стали (1970 г.); 3 — начало использования водяного охлаждения для электропечей (1974 г.); 4 — конец использования томасовского процесса получения стали (1978 г.); 5 — начало освоения производства MgO -С-изделий (1982 г.); 6 — закрытие мартеновских печей для выплавки стали (1983 г.); 7 — снижение содержания FeO в шлаке за счет внедрения донной продувки в конвертерах (1983 г.); 8 — внедрение ковшей с основной футеровкой (1988 г.); 9 — начало внедрения рециклинга огнеупоров (1991 г.); 10 — перевод металлургии на футеровку из плавящихся MgO -С-изделий

щебень, наполнители и др.). После дополнительной обработки, связанной с применением различных процессов (помола, растворения, термического обогащения и др.), в производство возвращают еще 35 % переработанного лома. После этих видов переработки общие отходы лома в большинстве стран составляют всего 18 %; продолжаются работы по снижению отходов в промышленности. Европейское законодательство с помощью системы обложенных штрафов заставляет предприятия снижать уровень образованных отходов.

*** Применение инновационных технологий у потребителя.** Современные огнеупоры не только имеют высокую стойкость, но и снижают энергоемкость у большинства потребителей. Примером инновационных технологий, которые приносят значительный эффект потребителю, является использование пробок для аргонной продувки. Они являются экономически эффективным инструментом для повышения эксплуатационных характеристик дуговой электрической печи. Ввод инертного газа через пористые элементы способствует лучшему распределению тепла и увеличению теплопередачи в ванну с соответствующим ускорением плавки. Чем выше энергия перемешивания, тем выше выход годной стали. Другим преимуществом внедрения пробки является значительная экономия потребления электроэнергии [10]. Это объясняется минимизацией градиентов температуры в расплаве, которые получают путем последовательного перемешивания металла за счет тепла. Снижается также удельное потребление графитовых электродов и природного газа, подаваемого через горелку. Такая экономия приводит к прямым и косвенным сокращениям выбросов CO₂. Еще больший эффект получается при внедрении продувочной пробки в установках печь-ковш и ковшах для внепечной обработки металлов, где дополнительным фактором эффективности является сокращение расхода дорогостоящих ферросплавов.

К инновационным технологиям, позволяющим снизить энергетические затраты при производстве алюминия и меди, относится внедрение погружаемых фурм или наконечников для подачи в расплав инертного газа, который способствует удалению водорода и примесей в плавильной ванне. Происходит энергичное перемешивание расплава в процессе плавки и осветления, в результате чего увеличивается скорость плавления. Это приводит к лучшей передаче тепла от атмосферы печи в расплав и равномерному распределению температуры. В процессе продувки газом в ванне появляет-

ся большой объем очень мелких пузырьков с максимальной поверхностью. При их контакте с металлом возникает эффект, который резко сокращает выбросы хлора (Cl₂) в процессе обработки алюминия [10]. Этот эффект увеличивает также скорость плавления на 20–25 %, снижает энергопотребление на 10 % для алюминиевых сплавов и до 25 % для медных.

Инновационные технологии в области производства огнеупоров кроме значительной экономии энергии и сокращения выбросов CO₂ позволяют реализовать новые «зеленые» технологии, такие как производство электроэнергии посредством фотоэлементов или с помощью ветряных турбин и др.

ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЫТ ВЫХОДА ИЗ КРИЗИСА ОГНЕУПОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Состояние в металлургии огнеупорной отрасли волнует руководство ЕС, который в начале кризиса в 2008 г. принял «Сырьевую инициативу по обеспечению роста, занятости и производства необходимых товаров» (ССМІ/060). Одна из целей этой программы — анализ критичности наличия сырьевых материалов. Был проведен анализ 41 вида огнеупорного и металлургического сырья с точки зрения гарантий для обеспечения производства и улучшения законодательных рамочных условий для добычи в Европе с целью сокращения расхода первичных сырьевых материалов в ЕС. В результате было обнаружено [11], что для приобретения большинства видов огнеупорного сырья наблюдается частично созданный искусственный дефицит. С точки зрения надежности обеспечения к критическим сырьевым материалам отнесен только графит, к условно критическим — магнезит и боксит. Отдельно выделен хромовый рудный песок, который имеет особое значение при разливке стали через шиберные затворы. Единственное место его добычи — Южная Африка, и альтернативы ему в Европе нет.

Специальный комитет по огнеупорным материалам Института стали (VDEh) провел опрос немецких производителей и потребителей огнеупорных материалов и сырья по перспективам развития отрасли и выявил следующее:

- огнеупорная промышленность должна избегать дальнейшей сырьевой зависимости;
- если с технологической точки зрения европейские огнеупорные материалы заменимы, то европейская черная металлургия должна использовать их, даже при больших затратах;
- необходимо активнее вникать в требования черной металлургии к огнеупорным

материалам, чтобы сформировать более оптимизированную стратегию закупок, ориентированную на конечного потребителя.

Другим направлением снижения зависимости от импортного сырья в отрасли является использование альтернативных огнеупорных материалов. В качестве заменителей боксита для футеровки различных тепловых агрегатов были предложены: шамот муллитового состава для футеровки ковшей и печей для термообработки; андалузит для футеровки миксеров типа «торпеда»; рециклированный боксит для футеровки свода электродуговых печей. В качестве альтернативы использованию магнетита предлагают оливин (футеровка промежуточного ковша), доломит (футеровка стен и дна сталеразливочных ковшей) и утилизированный периклазовый лом (торкрет-массы, конвертерные и ковшевые кирпичи). Предложенные альтернативные решения успешно реализуются, и многие европейские фирмы стали частично использовать альтернативное сырье — андалузиты и кианиты французской компании «Imerys». Обе группы материалов оценивают как потенциальные заменители боксита. Температура службы андалузита и муллита такая же, как и у боксита, а соотношение цена/качество — лучше [3].

Для футеровки сталеразливочных ковшей в Германии начали применять комбинированную футеровку из периклазоуглеродистых и периклазоизвестковоуглеродистых (доломитовых) изделий. При этом уже используется доломит трех различных месторождений Европы. Использование относительно недорогих доломитовых изделий позволяет сократить на 10 % общие расходы на футеровку ковшей и уменьшить зависимость от импорта MgO—C-изделий.

ВОЗВРАТ К СТАРОМУ НА НОВОМ УРОВНЕ

В России в отличие от Европы отсутствует комиссия по координации общих действий огнеупорных предприятий и предприятия обходятся без «няньки» в лице бывшего министерства, которое нынче ассоциируется с бюрократами и чиновниками. Поэтому за последний десяток лет на четырех крупных предприятиях было организовано и закрыто из-за отсутствия сырьевой базы производство периклазоуглеродистых огнеупоров. В создание этого производства были вложены большие инвестиции, которых не нашлось для оказания минимальной помощи при реорганизации отраслевой науки. Это привело к закрытию практически двух институтов огнеупоров и катастрофическому отставанию от мировых лидеров в области огнеупорного производства.

«Все новое — это хорошо забытое старое», и в соответствии с этой русской пословицей в Европе, Китае и Японии на новом уровне с использованием специальных безводных связующих стало возрождаться производство доломитовых огнеупоров, которые значительно дешевле периклазоуглеродистых. В России имеется несколько месторождений доломитов с низким содержанием вредных примесей (Al_2O_3 и SiO_2); было организовано производство 50 тыс. т изделий на огнеупорных производствах НЛМК, ЗСМК, ЧМК и др. Предприятия были закрыты из-за наличия вредных веществ в составе связующего. Фактически массовые поставки периклазоуглеродистых изделий, которые также изготовлены на органической связке, привели к закрытию производства. Следует отметить, что российский ученый — профессор д. т. н. **С. А. Суворов** (СПбГТИ, Санкт-Петербург) еще в 90-х годах XX века разработал базовое термореактивное связующее (БТСО), а профессор д. т. н. **В. С. Осипчик** (РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва) создал резорциновую олигомерную связку. Оба связующих позволяли получать безобжиговые доломитовые огнеупоры с высокими прочностными показателями. Однако инвестиции в производство связующих и доломитовых огнеупоров в России не вкладывались. Приоритет отдавался вложениям в иностранные предприятия.

До развала СССР существовала организация — Второгнеупор, которая собирала огнеупорный лом на предприятиях, потребляющих огнеупоры. В стране происходила рециркуляция нескольких десятков тысяч тонн огнеупоров шамотного, динасового и периклазохромитового составов. В настоящее время промышленность в основном использует дорогостоящие огнеупоры (корундовые, периклазоуглеродистые и др.), а образованный лом практически не утилизируется. Следует отметить, что некоторые предприимчивые специалисты делают попытки утилизации лома с металлургических предприятий. Однако из-за алчности и коррупционности отдельных лиц стоимость перерабатываемого лома иногда превышает стоимость годных изделий. Закон о штрафах за нарушение экологии создаваемыми отходами в стране практически не работает, так как отходы огнеупоров не являются токсичными материалами. В стране скопились сотни тысяч тонн отходов различных отраслей, из которых при небольших инвестициях можно организовать огнеупорное производство.

Техногенные промышленные огнеупорные отходы России были изучены д. т. н. **В. А. Перепелицыным**, который создал большой банк

данных техногенного сырья страны. Изучено несколько сотен источников огнеупорного и техногенного сырья (оливиниты Кольского полуострова, высокоглиноземистое сырье из шлаков ферросплавной промышленности и др.). В России существует большая сырьевая база для производства магнезиальносиликатных огнеупоров, однако оно прекращено с закрытием огнеупорного производства НТМК. Технологии производства этих изделий предлагает в своих монографиях д. т. н. **Л. Б. Хорошавин**. Разработки д. т. н. **Ю. Е. Пивинского**, основанные на использовании дешевого отечественного сырья (кварцита и др.), широко используются в космических технологиях и могут применяться для изготовления футеровки многих металлургических агрегатов. Видимо, в настоящее время выгодней закупать огнеупоры за рубежом, чем вкладывать финансы в инновационные технологии отечественных ученых.

Кризис не только время испытаний, но и время для внедрения «забытых» технологий и разработок. Затраты, вложенные в период кризиса, окупаются в десятки раз быстрее. Нет сомнения в успешном преодолении кризиса Группой «Магнезит», которая вложила боль-

шие средства в развитие сырьевой базы производства и сама определяет перспективы своего развития. Уже созданный потенциал современного производства позволяет без значительных затрат создать производство доломитовых огнеупоров, источники сырья для которых имеются в избытке в Уральском регионе.

Следует отметить эффективную деятельность построенного после распада СССР предприятия «Кералит», которое производит современные неформованные материалы и изделия из низкоцементных масс. При кризисе предприятие вложило средства в создание первого в России производства табулярного глинозема. Введенный в эксплуатацию в 2013 г. участок гарантированно обеспечит собственное предприятие качественным сырьем, а также может служить примером для многих огнеупорных предприятий страны.

Как утверждает профессор Нью-Йоркского университета Н. Рубани, «кризис не станет хозяином экономики мира, если власти и предприятия задействуют новые инновационные пути, которые помогут стимулировать экономику и производство. Но это нужно делать немедленно!».

Библиографический список

1. **Кононов, В. А.** Состояние и перспективы развития огнеупорной промышленности / В. А. Кононов // Черная металлургия. Бюл. НТИ. — 1992. — Вып. 2 (1114). — С. 3–15.
2. **Хазанов, Л.** Огнеупорное производство / Л. Хазанов // Металлоснабжение и сбыт. — 2013. — № 4. — С. 94–97.
3. **Аксельрод, Л. М.** Настоящее и перспективы развития производства огнеупорных материалов в СНГ в 2011–2020 гг. / Л. М. Аксельрод // Новые огнеупоры. — 2011. — № 6. — С. 10–28.
4. **Очагова, И. Г.** Тенденции развития мировой огнеупорной промышленности / И. Г. Очагова // Новые огнеупоры. — 2012. — № 3. — С. 18, 19.
5. **Аксельрод, Л. М.** Выплавка стали, применение огнеупорных материалов, корректировка тенденций, прогноз / Л. М. Аксельрод // Новые огнеупоры. — 2012. — № 3. — С. 117–129.
6. **Аксельрод, Л. М.** Развитие производства огнеупоров в мире, России, новые технологии /

Л. М. Аксельрод // Новые огнеупоры. — 2011. — № 3. — С. 106–115.

7. **Бааске, А.** Огнеупорные материалы: разработки, тенденции, доступность / А. Бааске, Д. Дюберс, Р. Фандрих [и др.] // Черные металлы. — 2011. — Сентябрь. — С. 32–37.

8. Jahrbuch Stahl 2011. Bd. 1 [Hrsg.:] Stahlinstitut VDEh, Wirtschaftsvereinigung Stahl. — Düsseldorf: Verlag Stahleisen GmbH, 2010.

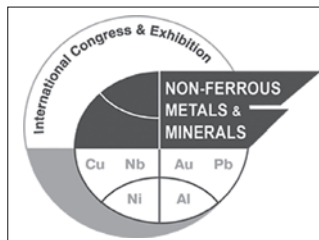
9. **Madjic, A., Routschka, G.** // Keramische Z. — 1977. — Vol. 29, № 10. — S. 516–526.

10. **Gamweger K., Filzwieser K.** // ВНМ. — 2004. — Vol. 149. — P. 15–18.

11. **Drnek, T. L.** // Refractories Worldforum. — 2011. — Vol. 3, № 1. — S. 33–42. ■

Получено 17.10.13
© В. А. Кононов, 2014 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



VI международный конгресс и выставка «Цветные металлы-2014»

16–19 сентября 2014 г.

<http://nfmsib.ru/>

г. Красноярск, Россия