

улицах. Было обследовано 120 АД, по которым осуществляется проезд АТ. Результаты проведенных исследований показали, что 68% дорог имеют ИТП до 1100 авт/час, 23% - 1100-1900 авт/час, на 9% автодорог регистрируется ИТП более 2000 авт/час (из них 30% с ИТП более 3000 авт/час). Доля грузового и общественного транспорта в потоке варьируется от 0 до 36,5%, скорость ТП изменяется от 20 до 70 км/ч.

Кроме того, на формирование зон акустического дискомфорта (их размера и эквивалентного уровня шума) влияют внешние факторы: метеопараметры, плотность застройки, этажность, продольный и поперечный профили, вид покрытия дороги, число полос движения, тип двигателя автомобиля, наличие зеленых насаждений.

Измеренный эквивалентный уровень шума на различных дорогах, соответствующих различным сочетаниям вышеуказанных факторов, составил от 65 до 83 дБА.

В настоящее время в рамках проекта РФФИ в г. Орле разрабатывается автоматизированная система экологического мониторинга (АСЭМ) в зоне влияния АД. Одним из объектов экологического мониторинга будет являться акустическая среда. Для обеспечения эффективности функционирования системы разработан блок ММ, позволяющий как оценить, так и спрогнозировать воздействие транспортных потоков на акустическую среду города.

Для построения модели использовался аппарат искусственных нейронных сетей (ИНС), при этом разрабатывались два блока ММ: блок частных моделей, разработанных для конкретных опытных участков, на которых планируется размещение локальных станций экологического мониторинга и блок универсальной модели для прогнозирования состояния среды в любой точке на городских АД.

Для построения и обучения ИНС использовался пакет NeuroPro. Проводилось обучение и тестирование одно-, двух- и трехслойной ИНС прямого распространения с сигмоидальной (рациональной) функцией активации с различным числом нейронов в скрытых слоях. Для оптимизации обучения сети выбран метод сопряженных градиентов и квазиньютоновский BFGS-метод. Для оценки качества модели рассчитывалась средняя ошибка аппроксимации - среднее отклонение расчетных значений эквивалентного уровня транспортного шума от фактических, а также экспериментальная ошибка, которая является квадратным корнем сумм квадратов остатков для каждого отклика.

Для одного из опытных участков - ул.Комсомольской разработана ИНС с архитектурой 5-4-3-1 (пять входов: ИТП, доля грузового и общественного транспорта в потоке, скорость ТП, длина перегона, ширина дороги; два скрытых слоя с 4 и 3 нейронами; один выход - эквивалент-

ный уровень шума). Также разработаны ММ для определения управляющего воздействия:

- определение ИТП для заданного эквивалентного уровня шума,
- определение скорости ТП при известной ИТП и уровне шума,
- определение доли грузового и общественного транспорта в потоке для конкретного уровня шума и ИТП.

Построенные прогностические ММ будут использованы при функционировании региональной системы мониторинга воздействия АД на окружающую природную среду города Орла. Результаты имитационных компьютерных экспериментов позволяют дать оценку качественного состояния акустической среды без проведения трудоемких и дорогостоящих натурных замеров. Они станут основой для выработки конкретных мероприятий, позволяющих повысить экологическую безопасность АД города.

### **ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ МАГНИЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ**

Голев А.В., Кудрявский Ю.П.  
*Пермский государственный технический  
университет, Березниковский филиал  
Березники, Россия*

Магниева промышленность в настоящее время находится на крайне важном этапе исторического развития. В последние годы произошел существенный рост интереса к использованию магния в различных областях, и ближайшее будущее должно показать, реализуются ли прогнозы резкого роста объемов его производства.

Магний – один из десяти наиболее распространенных элементов земной коры. Он является самым легким из всех имеющихся конструкционных металлов и обычно используется в форме сплавов с другими металлами. Магниево-сплавы демонстрируют необычайно высокие характеристики отношения прочности к весу при температурах окружающего воздуха и наивысшие характеристики отношения прочности к весу среди любых легких металлов при умеренно высоких температурах.

Несмотря на некоторые спады в производстве, наблюдавшиеся в начале 1980-х и 1990-х годов, производство как первичного, так и вторичного магния с середины 1960-х годов увеличилось со среднегодовым приростом около 3%, достигнув к 2005 г. уровня приблизительно 800 тыс. тонн, в том числе первичного магния около 650 тыс. тонн [1, 2].

Основными производителями первичного магния в мире в настоящее время являются Китай (~75% от мирового производства, более 40 компаний), Канада (8%, 2 компании), США (6%, 1 компания), Россия (5%, 2 компании) и Израиль

(4%, 1 компания). В других странах магний производится в сравнительно небольших количествах.

В табл. 1 обобщены основные этапы развития магниевого производства в мире с момента открытия магния в 1808 г.

В России на сегодняшний день действует два основных производителя магния и магниевых сплавов: ОАО «Соликамский магниевый завод»

(г. Соликамск, Пермский край) и филиал «АВИСМА» ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» (г. Березники, Пермский край). Суммарный объем производства магния на отечественных предприятиях за 2006 г. составил около 34 тыс. т, снизившись на 18% по сравнению с предыдущим годом. Основными рынками сбыта продукции являются США и Европа.

**Таблица 1.** Основные этапы развития производства магния в мире

Период	Событие
1808 г.	Открытие магния английским химиком Г. Дэви
1830 г.	М. Фарадей впервые получил металлический магний электролизом расплавленного хлорида магния
1886 г.	Начало промышленного производства магния электролизом в Гемелингене, Германия
1914–1918 гг.	Увеличение объемов производства магния в мире в период Первой мировой войны (до 1000 тонн в год)
1930-е гг.	Разработка и промышленное внедрение термических способов получения магния (Германия, Италия, Англия, США)
1939–1945 гг.	Увеличение объемов производства магния в мире в период Второй мировой войны (до 200 тыс. тонн в год)
1960–1970-е гг.	Расширение применения магния в различных областях
1998–2006 гг.	Экспансия Китая на мировой рынок магния. Закрытие основных западных производителей магния из-за существенного снижения цен на металл. Выпуск первичного магния в мире превысил 600 тыс. тонн в год

**Таблица 2.** Основные этапы развития производства магния в России

Период	Событие
1914-1915 гг.	Первые исследования по электролизу карналлита (Петроградский политехнический институт – П.П. Федотьев, Н.Н. Воронин, В.П. Ильинский; Петроградский электротехнический институт – Н.А. Пушин и П.Ф. Антипин)
1931 г.	Пуск магниевого цеха Опытного алюминиево-магниевое завода в Ленинграде
1935-1936 гг.	Пуск первых советских магниевых заводов – Днепроовского (23 декабря 1935 г.) и Соликамского (14 марта 1936 г.)
1943 г.	Пуск Березниковского магниевое завода (23 июня 1943 г.)
1980-е гг.	Достижение максимального уровня объемов производства товарного магния в СССР – около 65 тыс. т в год (5 действующих предприятий)
1990-е гг.	Резкое снижение потребности в магнии на внутреннем рынке. Выход российских компаний на внешние рынки сбыта – 90% магния поставляется на экспорт
2002–2006 гг.	Убыточность производства магния по причине снижения мировых цен из-за экспансии дешевого китайского магния. Рассмотрение вопроса о частичной остановке или полном закрытии производства магния

Также разрабатываются два проекта новых магниевых заводов: в г. Асбест Свердловской области, ориентированного на переработку отходов асбестового производства (проектная мощность завода 70 тыс. т в год); и в Волгоградской области, ориентированного на переработку бишофита (40 тыс. т). В связи с технологическими сложностями, а также низкими мировыми ценами на магний, строительство завода в Асбесте откладывается. Волгоградский проект, разрабатываемый российским алюминиевым холдингом «РУСАЛ», пока находится на ранней стадии предпроектного исследования.

Обобщение этапов развития отечественной магниевой промышленности приведено в табл. 2.

Жесткая конкуренция на мировом рынке магния привела к убыточности его производства в последние годы. Перед отечественными предприятиями стоит вопрос о возможном закрытии производства магния. Однако с учетом стратегической значимости магния, необходимо сохранить производственные мощности российских предприятий для обеспечения обороноспособности и безопасности страны. В этих условиях особое внимание должно уделяться поиску путей

снижения его себестоимости и повышения эффективности производства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. International Magnesium Association. Industry Statistics.
2. Historical Statistics for Mineral and Material Commodities in the United States. Data Series 140 / U.S. Geological Survey. Open-File Report 01-006.

### ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА МАГНИЯ НА РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Голев А.В., Кудрявский Ю.П., Погудин О.В.  
*Пермский государственный технический университет, Березниковский филиал  
Березники, Россия*

Магниева промышленность в настоящее время является одной из самых перспективных в мировой цветной металлургии по потенциалу дальнейшего развития, но в то же время и одной из самых проблемных.

Магний по распространенности в земной коре среди конструкционных металлов занимает третье место после алюминия и железа и обладает уникальными характеристиками. Однако объемы его производства в мире значительно ниже не только этих металлов, но также и меди, цинка, хрома, никеля. Это давало основания в течение последнего десятилетия неоднократно выдвигать прогнозы резкого роста объемов производства и потребления магния в мире. Несмотря на то, что темпы его роста в последние годы действительно были выше, чем большинства других металлов, однако до реализации прогнозов – более чем десятикратный рост объемов производства – пока далеко.

В последние несколько лет рентабельность производства магния у всех основных производителей колеблется от нуля до отрицательных значений. Исключение составляют лишь китайские предприятия, но даже они говорят о низком уровне прибыли, что не позволяет в полной мере осуществлять развитие производства [1].

Повышение эффективности производства магния связано как со снижением его себестоимости, так и повышением ценности продукции для конечного потребителя и, соответственно, повышением цен на магний, магниевые сплавы и изделия из них.

С точки зрения затрат, одним из самых эффективных производителей в мире считается израильское предприятие «Dead Sea Magnesium» (DSM), которое в качестве сырья использует карналлит, добываемый из Мертвого моря. Это единственное предприятие в мире (не считая китайские компании), которое осуществляет увеличение объемов производства в последние годы.

Но даже DSM работает с отрицательной прибылью: по данным внешней отчетности за 2002–2005 гг. рентабельность производственной деятельности составляла (-4) – (-15)%.

Несмотря на то, что себестоимость производства на российских предприятиях ниже, чем на DSM, выпускаемый магний также является убыточным по причине более низких цен реализации готовой продукции. Так, по данным внешней отчетности ОАО «Соликамский магниевый завод» за 2002–2005 гг. рентабельность составляла (-6) – (-11)%.

Можно выделить несколько основных направлений снижения себестоимости производства магния в российских компаниях.

1. Переход на собственную добычу исходного сырья (карналлита) посредством подземного выщелачивания. По предварительным данным это может дать двукратное снижение его стоимости.

2. Совершенствование технологии обезвоживания карналлита с выпуском и дальнейшим использованием для процесса электролиза глубоководного карналлита. Это позволит снизить затраты как на переделе обезвоживания, так и в процессе электролиза.

3. Совершенствование конструкции магниевых электролизеров с целью снижения расхода электроэнергии и увеличения срока их службы.

4. Внедрение поточной линии электролиза, что приведет к повышению качества металла после процесса электролиза и позволит исключить последующую стадию его очистки. Данная технология также позволяет снизить трудовые затраты по обслуживанию электролизеров. В настоящее время поточная линия действует только на израильском предприятии [2].

5. Расширение выпуска попутной продукции и более полная утилизация образующихся отходов производства. На наш взгляд, это является одним из основных условий обеспечения конкурентоспособности карналлитовой схемы производства магния, применяемой на отечественных предприятиях.

Реализация всех вышеприведенных мероприятий позволит по приблизительным оценкам снизить себестоимость производства магния на 15–20%, что позволит российским компаниям на равных конкурировать по затратам с китайскими производителями и даст возможность сохранить и развивать данное производство.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Shi Wenfang, Li Wensheng. Opportunities and Challenges of China's Magnesium Industry // 62<sup>nd</sup> Annual World Magnesium Conference. May 22-24, 2005. Berlin, Germany. Conference Proceedings. – P. 1-6.
2. Забелин И.В., Щеголев В.И., Татакин А.Н., Ларионов А.А. Наш взгляд на современное