



Исследовательская группа

Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,
металлургии и химической промышленности

Обзор рынка рения в России, СНГ и мире

Демонстрационная версия

*Москва
июль, 2009*

Содержание

Аннотация.....	7
1. Физико-химическая характеристика рения.....	8
2. Краткая характеристика мирового рынка рения.....	10
3. Товарные формы рения, требования к их качеству в России.....	14
4. Основные характеристики ренийсодержащих сплавов и методы их получения.....	16
5. Технологические основы извлечения рения из вторичного сырья и отходов.....	21
5.1. Переработка отходов металлического рения и сплавов вольфрам-рений, молибден-рений и никель-рений.....	22
5.2. Переработка алюмо-платино-рениевых отработанных катализаторов	26
6. Производство рения в СНГ.....	28
6.1. Минерально-сырьевая база рения СНГ.....	28
6.2. Основные производители первичного рения в СНГ.....	32
6.3. Производство рения в Казахстане.....	33
6.3.1. История производства.....	36
6.3.2. Краткая характеристика технологии получения рения.....	38
6.3.3. Выпускаемая продукция.....	40
6.3.4. Экспорт рения Казахстана.....	41
6.4. Производство рения в Армении.....	42
6.5. Производство рения в Узбекистане.....	43
6.6. Основные производители первичного рения в РФ.....	44
ОАО «Победит».....	48
ОАО «ГИРЕДМЕТ».....	50
ЗАО «Промэлектроника».....	51
6.7. Переработка ренийсодержащих сплавов и производство вторичного рения.....	52
6.7.1. Переработка лома жаропрочных ренийсодержащих сплавов.....	53
6.7.2. Рафинирование жаропрочных сплавов.....	55
6.7.3. Переработка катализаторов.....	56
7. Экспорт-импорт рениевой продукции в РФ (1998-2008 гг.).....	58
7.1. Объем экспорта-импорта рениевой продукции.....	58
7.2. Направления экспортно-импортных поставок рениевой продукции....	60
7.3. Основные зарубежные поставщики и покупатели рениевой продукции в России.....	62

7.4. Основные экспортеры рениевой продукции России.....	64
7.5. Средние цены на рениевую продукцию в 2003-2008 гг.	66
8. Применение рения	68
8.1 Структура мирового потребления рения.....	68
8.2 Области применения рения	69
8.2.1. Жаропрочные никелевые сплавы	69
8.2.2. Платинорениевые катализаторы.....	71
8.2.3. Прочие жаропрочные сплавы	72
8.2.4. Применение рения в электронике и электротехнике.....	73
8.2.5. Порошки рения.....	74
8.3. Потребление рения в России	75
8.3.1. Емкость рынка и основные направления использования рения в России	75
8.3.2. Тенденции и особенности рынков продуктов, потребляющих рений	78
Производство жаропрочных сплавов	78
Производство катализаторов	81
8.3.3. Основные потребители рения в России	83
ОАО «Ступинская металлургическая компания».....	84
ФГУП ВИАМ ГНЦ РФ	85
ЗАО «Промышленные катализаторы» (Рязань).....	86
Прочие потребители рения.....	88
9. Прогноз производства и потребления рения в СНГ/РФ	89
9.1 Прогноз объемов производства рения в СНГ	89
9.2. Прогноз объемов потребления рения в РФ.....	91
Приложение. Контактная информация.....	93

Список таблиц

- Таблица 1. Мировое производство первичного рения по странам в 2000-2008 гг., т
- Таблица 2. Качество рениевой продукции
- Таблица 3. Свойства рениевых сплавов
- Таблица 4. Физико-механические свойства сплавов рения с вольфрамом и молибденом
- Таблица 5. Химический состав жаропрочных никелевых сплавов (ЖНС) для монокристаллического литья турбинных лопаток
- Таблица 6. Основные месторождения рения в странах СНГ
- Таблица 7. Химический состав перрената аммония, выпускаемого ГП «Жезказганредмет» (данные сертификата), %
- Таблица 8. Основные источники получения ренийсодержащего сырья (в пересчете на металл) в РФ в 2008 г., кг
- Таблица 9. Распределение производства рения и перрената аммония (в пересчете на металл) в РФ между основными продуцентами в 2008 г., кг
- Таблица 10. Химический состав металлического рения производства ОАО «Победит» (ТУ 48-19-92-88)
- Таблица 11. Размеры штабиков металлического рения и предельные отклонения от них
- Таблица 12. Динамика экспорта-импорта металлического рения в России в 1998-2008 гг., кг
- Таблица 13. Направления импортных поставок перрената в Россию в 2003-2008 гг., кг
- Таблица 14. Направления экспортных поставок России перрената аммония в 2003-2008 гг., кг
- Таблица 15. Направления экспорта России металлического рения в 2003-2008 гг., кг
- Таблица 16. Поставщики в Россию перрената аммония в 2003-2008 гг., кг
- Таблица 17. Российские покупатели импортного перрената аммония в 2003-2008 гг., кг
- Таблица 18. Российские экспортеры перрената в 2003-2008 гг., кг
- Таблица 19. Российские экспортеры металлического рения в 2003-2008 гг., кг
- Таблица 20. Экспортные цены России на металлический рений в 2003-2008 гг., долл./кг
- Таблица 21. Импортные цены на перренат аммония в 2003-2008 гг., долл/кг
- Таблица 22. Экспортные цены России на перренат аммония в 2003-2008 гг., долл/кг
- Таблица 23. Формальный баланс кажущегося потребления первичного рения в России в 2003-2008 гг., в пересчете на металл, кг
- Таблица 24. Основные потребители рения в 2008 г. (в перечете на металлический рений), кг

Таблица 25. Установки, работающие на отечественных платинорениевых катализаторах, выпускаемых ЗАО «Промышленные катализаторы»

Список рисунков

- Рисунок 1. Динамика мирового производства рения в 2001-2008 гг., т
- Рисунок 2. Динамика производства перрената аммония в Казахстане в 2000-2008 гг., в пересчете на металл, т
- Рисунок 3. Динамика экспортных поставок из Казахстана по коду 28.41.90.9000 в 2004-2008 гг., т
- Рисунок 4. Динамика производства перрената калия ОАО «Чистое железо» в 2004-2008 гг., кг
- Рисунок 5. Сырьевое обеспечение российского рынка рения в 2008 г.
- Рисунок 6. Структура производства металлического рения в РФ в 2008 г., %
- Рисунок 7. Структура переработки ренийсодержащих сплавов, %
- Рисунок 8. Динамика экспорта-импорта перрената аммония в России в 1998-2008 гг., кг
- Рисунок 9. Мировая структура потребления рения, %
- Рисунок 10. Динамика потребления рениевой продукции в России в пересчете на рений металлический в 1985-2008 гг., %
- Рисунок 11. Структура потребления рения в России в 2008 г., кг, %
- Рисунок 12. Соотношение первичного и вторичного рения в потреблении в 2008 г. в России, кг, %
- Рисунок 13. Динамика производства катализаторов, содержащих металлы платиновой группы в РФ в 2001-2008 гг., т

Аннотация

Настоящий отчет посвящен исследованию текущего состояния рынка рения и рениевого сырья в России и странах СНГ и прогнозу его развития. Отчет состоит из 9 частей, содержит 93 страницы, в том числе 13 рисунков и 25 таблиц. Данная работа является кабинетным исследованием, с использованием небольшого количества телефонных опросов участников рынка.

В качестве источников использовались данные Росстата, Государственного комитета по статистике стран СНГ, Федеральной таможенной службы РФ, отраслевой официальной статистики, отраслевой и региональной прессы, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, а также интернет-сайтов предприятий-производителей.

В первой главе отчета приведены физико-химические характеристики рения, его физические и химические свойства.

Во второй главе дана краткая характеристика мирового рынка рения, сведения о производстве рения с разбивкой по странам производителям.

Третья глава посвящена описанию товарных форм рениевой продукции. Приведены кондиции на перренат аммония и металлический рений, действующие на территории РФ.

В четвертой главе приведены основные характеристики рениевых сплавов и обзор методов их получения.

Пятая глава посвящена описанию технологических основ извлечения рения из вторичного сырья.

Шестая глава посвящена производству рения на территории СНГ. Приведены сведения по основным месторождениям, где попутно извлекается рений. Рассмотрены основные производители рения в СНГ, даны кондиции на выпускаемую продукцию. Кроме того, в главе рассмотрены основные предприятия-производители рения в РФ.

В седьмой главе приводятся данные о внешнеторговых операциях с перренатом аммония и металлическим рением РФ в 2003-2008 гг. Показана динамика экспорта из России и импорта в Россию рениевой продукции, объемы и направления поставок, приведены экспортно-импортные цены на продукцию.

В восьмой главе рассмотрены тенденции и особенности рынка продуктов, потребляющих рений: платинорениевых катализаторов жаропрочных сплавов. Кроме того, в главе содержатся сведения по основным предприятиям-потребителям рения в РФ.

В девятой главе дан прогноз производства рения в СНГ и прогноз развития российского рынка рения на среднесрочную перспективу по основным областям потребления.

1. Физико-химическая характеристика рения

Рений – один из редчайших элементов земной коры. Его содержание в земной коре самое низкое среди рассеянных элементов – $7 \times 10^{-8}\%$.

Рений относится к так называемым рассеянными элементам. Рений не образует собственных рудных месторождений. Он присутствует в рудах других металлов, имеющих схожие свойства, как микропримесь. Рений получают, в основном, в качестве побочной продукции от переработки молибденовых концентратов, которые, в свою очередь, получают в качестве побочной продукции при переработке медно-молибденовых руд.

Физические свойства.

По технической классификации рений – типичный тугоплавкий металл, однако по ряду свойств он значительно отличается от других тугоплавких металлов, таких как молибден или вольфрам. По характеристикам рений в некоторой степени приближается к благородным металлам типа платины, осмия, иридия. Условно можно считать, что рений занимает промежуточное положение между тугоплавкими металлами, с одной стороны, и металлами платиновой группы – с другой. Например, в отличие от вольфрама, рений не вступает в так называемый водяной цикл – негативное явление, вызывающее повреждение нити накала вакуумных ламп. Именно поэтому вакуумная лампа, изготовленная с рениевой нитью, является практически «вечной» (срок ее службы – до 100 лет).

Особенно отличаются механические свойства рения. Он характеризуется высокой пластичностью при комнатной температуре и по величине модуля нормальной упругости занимает третье место после осмия и иридия. Это связано со структурой металла: рений – единственный элемент среди тугоплавких металлов пятой и шестой групп Периодической системы Д.И. Менделеева (ванадий, ниобий, тантал, хром, вольфрам, молибден), имеющий гексагональную плотноупакованную решетку (ГПУ), аналогичную решетке благородных металлов, например осмия или рутения. Другие тугоплавкие металлы (вольфрам, молибден) характеризуются иным структурным типом на базе объемноцентрированной кубической решетки (ОЦК).

С повышением температуры твердость рения, как у вольфрама и молибдена, уменьшается, однако размягчение идет не столь быстро и при температуре 1000°C рений имеет твердость приблизительно в 2 раза большую, чем вольфрам в подобных условиях. Кроме того, при высоких температурах рений характеризуется повышенной длительной прочностью по сравнению с вольфрамом и особенно молибденом и ниобием. По прочности на истирание рений стоит на втором месте после осмия.

Рений относится к группе жаростойких металлов. Это – единственный из жаростойких металлов не образующий карбидов. Рений не имеет

температуры вязко-хрупкого перехода. Другими словами, этот металл сохраняет свою пластичность от температуры абсолютного нуля до температуры своего плавления.

Рений также имеет высокий модуль эластичности, т.е. изделия, сделанные из этого металла, имеют высокую жесткость и стабильность размеров под нагрузкой.

Высокая температура рекристаллизации рения предопределяет его высокое сопротивление ползучести. По этому параметру рений превосходит все другие жаростойкие металлы.

Чистый металл пластичен при комнатной температуре, но вследствие высокого модуля упругости после обработки твёрдость рения сильно возрастает из-за наклёпа. Для восстановления пластичности его отжигают в водороде, инертном газе или вакууме.

Рений очень стоек к циклическим термическим нагрузкам, выдерживает многократные нагревы и охлаждения без потери прочности. При температуре до 2800°C и высокой нагрузке срок службы до разрушения у рения больше, чем у вольфрама, и значительно превосходит прочность молибдена.

Как вольфрам и молибден, рений парамагнитен, но его удельное электросопротивление приблизительно в 3,5-4 раза больше, чем у этих металлов.

Химические свойства. Компактный рений устойчив на воздухе при обычных температурах. При температурах выше 300°C наблюдается окисление металла, интенсивно окисление идет при температурах выше 600°C. Рений более устойчив к окислению, чем вольфрам, не реагирует непосредственно с азотом и водородом; порошок рения лишь адсорбирует водород. При нагревании рений взаимодействует с фтором, хлором и бромом.

По аналогии с платиновыми металлами рений обладает высокой коррозионной стойкостью во влажной атмосфере и в агрессивных средах. Он почти не взаимодействует при обычных температурах с соляной и серной кислотами, но легко растворяется в азотной кислоте.

Рений взаимодействует с водными растворами пероксида водорода с образованием рениевой кислоты.

2. Краткая характеристика мирового рынка рения

5 сентября 1925 г. на собрании немецких химиков в Нюрнберге было сообщено об открытии рения. В следующем году группа ученых выделила из минерала молибденит (MoS_2) первые 2 мг рения. Первый грамм сравнительно чистого рения был получен в 1928 г. Для того, чтобы получить 1 грамм рения, пришлось переработать более 600 кг норвежского молибденита.

Первое промышленное производство рения было организовано в Германии в 30-ых годах. Скромное по масштабам (мощность установки составляла лишь 120 кг в год), оно полностью удовлетворяло мировую потребность в этом металле. После начала второй мировой войны в США начали извлекать рений из молибденовых концентратов и в 1943 г. получили 4,5 кг своего рения. С тех пор число стран-производителей рения значительно возросло. Помимо США, этот металл из минерального сырья извлекают в Чили, Казахстане, Перу, Норвегии, Германии, Бельгии и Швеции.

Рений встречается как изоморфная примесь более чем в 50 минералах-носителях (молибдените, халькопирите и др.), в виде собственного минерала джезказганита, а также в углях. Его повышенные концентрации наблюдаются в сульфидах меди и молибденитах (MoS_2), где рений изоморфно замещает молибден.

Единственное в мире месторождение рения обнаружено в 1992 г. на вулкане Кудрявый, остров Итуруп (Южно-Курильские острова). Месторождение представлено фумарольным полем с постоянно действующими источниками высокотемпературных глубинных флюидов – фумаролами. Рений находится в форме минерала рениит (курулит) ReS_2 , со структурой, аналогичной молибдениту.

В практическом отношении важнейшими сырьевыми источниками получения первичного рения в промышленном масштабе являются молибденовые и медные сульфидные руды. В общем балансе производства на получение первичного рения в промышленном масштабе в мире приходится порядка 80%. Остальное приходится на вторичное сырье.

Мировая практика производства рения базируется на попутном его извлечении из молибденовых или медных концентратов. При флотационном обогащении молибденовых, медно-молибденовых и медных руд от 40 до 80% бывшего в руде рения переходит во флотационные концентраты.

Самые большие потери рения происходят при обжиге концентратов и в процессе плавки. По существующим технологиям молибденовые концентраты обязательно подвергаются окислительному обжигу при $550\text{...}650^\circ\text{C}$. Окисляется и рений до оксида Re_2O_7 . А этот оксид летуч (температура кипения всего $362,4^\circ\text{C}$). В итоге много рения уходит в трубу с отходящими газами. Степень возгонки рения зависит от условий обжига и конструкции печи: в многоподовых печах она составляет 50-60%, в печах кипящего слоя –

до 96%. Для улавливания рения из газов на заводах устанавливают сложные системы циклонов, скрубберов, электрофильтров.

Рений может быть извлечен и из другого полупродукта молибденового производства – из растворов, получаемых при выщелачивании молибденового огарка.

Из медных концентратов рений также извлекается при электроплавке (или любой другой плавке) и при конвертировании штейнов в виде возгонов оксидов и концентрируется в пылях электрофильтров и растворах мокрой газоочистки сернокислотного производства.

При всем многообразии применяемых технологических схем переработки ренийсодержащих полупродуктов на металлургических заводах можно выделить две основные стадии получения рения: перевод его соединений в растворы и выделение из них металла.

В зависимости от состава эти полупродукты (чаще всего пылевидные) выщелачивают растворами щелочей, кислот или солей, а иногда и просто горячей водой. Из полученных при этом растворов рений извлекают методами адсорбции, ионного обмена, экстракции, электролиза или же осаждают малорастворимые соединения рения, например перренат аммония (NH_4ReO_4).

Для получения рениевого порошка перренат аммония восстанавливают водородом в трубчатых печах при 800°C . Этот порошок превращают потом в компактный металл: в основном – методами порошковой металлургии, реже – зонной плавкой и плавкой в электронно-лучевых печах. В последние десятилетия разработаны новые способы гидрометаллургической переработки ренийсодержащих концентратов. Эти способы более перспективны, прежде всего, потому, что нет тех огромных потерь рения, которые неизбежны в пирометаллургии.

Непрерывно возрастает доля рения, полученного при переработке вторичного ренийсодержащего сырья (отработанных катализаторов риформинга нефти и жаропрочных сплавов).

В настоящее время мировое производство рения стабильно растет, в 2008 г. оно составило 57 т (рисунок 1).