



ИнфоМайн 

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

Обзор рынка серы в СНГ

*Издание 9-ое
дополненное и переработанное*

Демонстрационная версия

**Москва
Март, 2011**

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	12
ВВЕДЕНИЕ	13
I. Мировой рынок серы	16
I.1. Краткая характеристика мирового рынка серы	16
I.2. Основные страны-производители серы	23
II. Технология производства серы и используемое в промышленности сырье	25
II.1. Способы получения серы	25
II.1.1. Добыча самородной серы	25
II.1.2. Получение серы из сероводородсодержащих газов	27
II.1.3. Получение серы из диоксида серы	30
II.2. Формы элементарной серы, применяемой в промышленности	31
II.3. Мощности по производству серы в СНГ	35
II.4. Основные поставщики сырья	39
II.4.1. Месторождения самородной серы в СНГ	39
II.4.2. Основные типы нефтяных и газовых месторождений в СНГ	42
II.4.2.1. Газовые месторождения	42
II.4.2.2. Нефтяной газ	44
II.4.2.3. Переработка нефти	47
II.4.3. Коксовое производство	52
II.4.4. Отходящие газы цветной металлургии	53
III. Производство серы в странах СНГ	54
III.1. Качество выпускаемой продукции	54
III.2. Оборудование по производству и гранулированию серы, используемое российскими предприятиями	56
III.3. Объемы и структура производства серы в СНГ	59
III.3.1. Динамика производства серы в России в 1997-2010 гг.	66
III.3.2. Динамика производства серы в Казахстане в 1997-2010 гг.	75
III.3.3. Динамика производства серы на Украине в 1998-2010 гг.	76
III.4. Основные предприятия-производители серы в странах СНГ	82
III.4.1. ООО "Газпром добыча Астрахань" (п. Аксарайский, Астраханская обл., РФ)	84
III.4.2. ООО "Газпром добыча Оренбург" (Оренбург, РФ)	93
III.4.3. ОАО "ГМК "Норильский никель" (Норильск, Красноярский край, РФ)	99
III.4.4. ТОО "Тенгизшевройл" (п. Кульсары, Атырауская обл., Казахстан)	107
III.4.5. УДП "Мубарекский ГПЗ" (Мубарек, Кашкадарьинская обл., Узбекистан)	114

IV. Экспорт и импорт серы в СНГ (Россия, Украина, Казахстан)	117
IV.1. Экспорт и импорт серы в России	117
IV.1.1. Объем экспорта-импорта серы в России в 1997-2010 гг.	117
IV.1.2. Тенденции и особенности внешних поставок серы РФ	120
IV.1.3. Основные направления экспортно-импортных поставок серы РФ	125
IV.2. Экспорт и импорт серы на Украине.....	127
IV.2.1. Объем, тенденции и особенности экспорта-импорта серы на Украине в 1998-2010 гг.	127
IV.2.2. Основные направления экспортно-импортных поставок серы Украины	131
IV.3. Экспорт и импорт серы в Казахстане в 1999-2010 гг.....	133
V. Обзор цен на серу.....	136
V.1. Обзор внутренних цен на серу в РФ в 2003-2010 гг.....	136
V.2. Динамика экспортно-импортных цен	140
V.2.1. Динамика экспортно-импортных цен в России в 1997-2010 гг.....	140
V.2.2. Динамика цен на серу на Украине в 1999-2010 гг.....	144
V.2.3. Динамика экспортно-импортных цен в Казахстане в 2004-2010 гг.	146
VI. Потребление серы в СНГ	149
VI.1. Баланс потребления серы (Россия, Украина, Казахстан)	149
VI.1.1. Баланс потребления серы в России в 1997-2010 гг.....	149
VI.1.2. Баланс потребления серы на Украине в 1998-2010 гг.	151
VI.1.3. Баланс потребления серы в Казахстане в 1999-2010 гг.	153
VI.2. Структура потребления серы в России.....	154
VI.3. Основные отрасли-потребители серы в России.....	159
VI.3.1. Химическая и нефтехимическая промышленность.....	159
VI.3.2. Целлюлозно-бумажная промышленность	165
VI.3.3. Прочие отрасли промышленности.....	170
VI.4. Крупные российские предприятия-потребители и их проекты	171
VI.4.1. ОАО "Аммофос" (Череповец, Вологодская обл.).....	173
VI.4.2. ООО "Балаковские минеральные удобрения" (Балаково, Саратовская обл.).....	178
VI.4.3. ОАО "Воскресенские минеральные удобрения" (Воскресенск, Московская обл.)	181
VI.4.4. ООО "ПГ "Фосфорит" (Кингисепп, Ленинградская обл.)	185
VII. Прогноз производства и потребления серы в СНГ на период до 2015. Г.....	190
VII.1. Прогноз производства серы в России и СНГ до 2015 г. с разбивкой по типам производства и крупным производителям.....	190
VII.2. Прогноз потребления серы в СНГ до 2015 г.....	195
VII.3. Прогноз цен на серу на период до 2020 г.....	199

Приложение 1. Адресная книга основных российских предприятий-производителей серы	201
Приложение 2. Адресная книга основных российских предприятий-потребителей серы.....	203

СПИСОК ТАБЛИЦ

- Таблица 1: Основные показатели производства и потребления серы в США в 2004-2010 гг., тыс. т, %
- Таблица 2: Условная классификация различных форм элементарной серы
- Таблица 3: Предприятия СНГ, располагающие мощностями по выпуску серы, и применяемые ими технологии
- Таблица 4: Принадлежность к холдингам основных предприятий, производящих серу в СНГ в 2010 г.
- Таблица 5: Основные разрабатываемые месторождения самородной серы в СНГ и предприятия, осуществляющие их разработку
- Таблица 6: Характеристика разрабатываемых сероводородсодержащих месторождений природного газа в СНГ
- Таблица 7: Объемы добычи и продаж углеводородного сырья на месторождении Карачаганак в 2009 г.
- Таблица 8: Характеристика нефтеперерабатывающих заводов в СНГ, выпускающих серу (по состоянию на 2010 г.)
- Таблица 9: Коксохимические заводы Украины, производящие серу
- Таблица 10: Химический состав медных и никелевых концентратов, получаемых на Норильской и Талнахской фабрике из богатых руд, %
- Таблица 11: Формы серы, выпускаемой ведущими производителями в СНГ
- Таблица 12: Требования к качеству технической серы (согласно ГОСТ 127-93)
- Таблица 13: Предприятия РФ, выпускающие гранулированную серу, используемое ими оборудование
- Таблица 14: Производство серы в странах СНГ в 1997-2010 гг., тыс. т
- Таблица 15: Объемы производства серы в СНГ в 2000-2010 гг. с разбивкой по способам получения, тыс. т
- Таблица 16: Производство серы в России в 1998-2010 гг., тыс. т
- Таблица 17: Предприятия, выпускавшие серу на Украине в 1998-2010 гг., тыс. т
- Таблица 18: Крупнейшие производители серы в СНГ в 2006-2010 гг., тыс. т
- Таблица 19: Объемы и направления зарубежных поставок серы ООО "Газпром добыча Астрахань" в 2005-2010 гг., тыс. т, %
- Таблица 20: Объемы и направления ж/д поставок серы производства ООО "Газпром добыча Астрахань" в 2005-2010 гг., тыс. т, %
- Таблица 21: Объемы и направления ж/д поставок серы производства ООО "Газпром добыча Оренбург" на внутренний рынок в 2005-2010 гг., тыс. т, %
- Таблица 22: Крупнейшие российские потребители серы производства ОАО "ГМК Норильский никель" в 2005-2010 гг., тыс. т, %
- Таблица 23: Объем экспорта-импорта серы РФ в 1997-2010 гг., тыс. т
- Таблица 24: Доля экспорта серы в общем объеме ее производства в России в 1998-2009 гг., %

- Таблица 25: Российские предприятия-экспортеры серы в 2003-2009 гг., тыс. т, %
- Таблица 26: Крупнейшие российские потребители импортируемой серы в 2005-2010 гг., тыс. т
- Таблица 27: Направления российского экспорта серы в 2003-2010 гг., тыс. т
- Таблица 28: Географическая структура импорта серы РФ в 2005-2010 гг.
- Таблица 29: Внешняя торговля серой Украиной в 1998-2010 гг. (тыс. т) и доля экспорта в производстве (%)
- Таблица 30: Экспорт серы украинскими предприятиями в 2004-2010 гг., тыс. т, %
- Таблица 31: Крупнейшие украинские потребители импортной серы в 2005-2010 гг., тыс. т, %
- Таблица 32: Направления экспорта серы Украиной в 2004-2010 гг., тыс. т, %
- Таблица 33: Страны-поставщики серы на Украину в 2004-2010 гг., тыс. т, %
- Таблица 34: Внешняя торговля серой Казахстаном в 1999-2010 гг. (тыс. т) и доля экспорта в производстве (%)
- Таблица 35: Направления экспорта серы Казахстаном в 2002-2010 гг., тыс. т
- Таблица 36: Направления импортных поставок серы в Казахстан в 2004-2010 гг., т, %
- Таблица 37: Среднемесячные цены на серу в России в 2006-2010 гг., руб/т (без учета НДС)
- Таблица 38: Среднегодовые цены на серу по РФ и федеральным округам в 2006-2010 гг., руб/т без НДС
- Таблица 39: Экспортные цены российских производителей серы и трейдеров в 2004-2010 гг., \$/т
- Таблица 40: Основные финансовые показатели экспорта серы РФ в 2004-2010 гг.
- Таблица 41: Основные финансовые показатели экспорта серы Украиной в 2004-2010 гг.
- Таблица 42: Основные финансовые показатели импорта серы Украиной в 2004-2010 гг.
- Таблица 43: Основные финансовые показатели экспорта серы Казахстаном в 2005-2010 гг.
- Таблица 44: Основные финансовые показатели импорта серы Казахстаном в 2005-2010 гг.
- Таблица 45: Основные показатели рынка серы в России в 1997-2010 гг., тыс. т
- Таблица 46: Основные показатели рынка серы на Украине в 1998-2010 гг., тыс. т, %
- Таблица 47: Основные показатели производства и потребления серы в Казахстане в 1999-2010 гг., тыс. т, %
- Таблица 48: Сравнение объемов "кажущегося" и реального потребления серы в РФ в 2004-2010 гг., тыс. т
- Таблица 49: Структура потребления серы в России в 2004-2010 гг., тыс. т

- Таблица 50: Железнодорожные поставки жидкой серы российским предприятиям-потребителям в 2008-2010 гг., тыс. т
- Таблица 51: Темпы роста производства в отдельных отраслях промышленности России в 2000-2010 гг., % к предыдущему году
- Таблица 52: Крупнейшие российские потребители серы в 2005-2010 гг., тыс. т
- Таблица 53: Некоторые финансовые показатели деятельности ОАО "Аммофос" в 2005-2009 гг. и за 9 мес. 2010 г.
- Таблица 54: Поставки сырья в ОАО "Аммофос" в 2005-2010 гг., тыс. т, %
- Таблица 55: Поставки серы в ООО "Балаковские минеральные удобрения" в 2005-2010 гг., тыс. т
- Таблица 56: Поставки серы в ОАО "Воскресенские минеральные удобрения" в 2005-2010 гг., тыс. т
- Таблица 57: Поставки серы в ООО "ПГ "Фосфорит" в 2005-2010 гг., тыс. т
- Таблица 58: Прогноз производства серы в странах СНГ до 2015 г., млн т
- Таблица 59: Прогноз производства серы крупнейшими в СНГ производителями на период до 2015 гг., тыс. т
- Таблица 60: Прогноз потребления серы в России на период до 2015 г., тыс. т, %

СПИСОК РИСУНКОВ

- Рисунок 1: Динамика мирового производства серы в 2000-2010 гг., млн т
- Рисунок 2: Географическая структура мирового производства серы в 2010 г., %
- Рисунок 3: Географическая структура мирового экспорта серы в 2009 г., %
- Рисунок 4: Географическая структура мирового импорта серы в 2009 г., %
- Рисунок 5: Динамика выпуска серы основными странами-производителями в 2000-2010 гг., млн т
- Рисунок 6: Принципиальная схема процесса Клауса
- Рисунок 7: Производство серы в СНГ в 1997-2010 гг., млн т
- Рисунок 8: Производство серы в России, Казахстане и СНГ в 1997-2010 гг., млн т
- Рисунок 9: Доли стран СНГ в общем объеме производства серы в 1997-2010 гг., %
- Рисунок 10: Динамика отраслевой структуры производства серы в СНГ в 2000-2010 гг., %
- Рисунок 11: Динамика производства серы в России в 1997-2010 гг., млн т
- Рисунок 12: Поквартальная динамика производства серы в России в 2007-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 13: Товарная структура производства серы в РФ в 2009-2010 гг., %
- Рисунок 14: Загрузка производственных мощностей по выпуску серы крупнейших российских производителей в 2008-2010 гг., %
- Рисунок 15: Распределение производства серы в РФ по хедингам в 2010 гг., %
- Рисунок 16: Отраслевая структура производства серы в России в 2003-2010 гг., %
- Рисунок 17: Региональная структура производства серы в России в 2010 г., %
- Рисунок 18: Динамика производства серы в Казахстане в 1997-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 19: Динамика производства серы на Украине в 1998-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 20: Динамика отраслевой структуры производства серы на Украине в 1998-2010 гг., %
- Рисунок 21: Загрузка мощностей производителей серы на Украине в 2008-2010 гг., %
- Рисунок 22: Динамика производства серы в ООО "Газпром добыча Астрахань" в 1990-2010 гг., млн т
- Рисунок 23: Динамика производства серы в ООО "Газпром добыча Оренбург" в 1980-2010 гг., млн т
- Рисунок 24: Утилизация серы в ОАО "ГМК "Норильский никель" в 1996-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 25: Динамика добычи нефти (с газоконденсатом) и производства серы ТОО "Тенгизшевройл" в 1997-2010 гг., млн т
- Рисунок 26: Динамика производства и продажи серы ТШО в 2000-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 27: Поквартальная динамика экспорта российской серы в 2007-2010 гг., тыс. т

- Рисунок 28: Динамика экспортно-импортных операций с серой в России в 1997-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 29: Доля экспорта серы российских производителей в объеме ее выпуска в 2006-2009 гг., %
- Рисунок 30: Товарная структура экспорта серы РФ в 2007-2009 гг., %
- Рисунок 31: Товарная структура импорта серы РФ в 2007-2010 гг., %
- Рисунок 32: Доли основных стран-потребителей в общем объеме экспорта серы РФ в 2008-2010 г., %
- Рисунок 33: Динамика производства, экспорта-импорта серы на Украине в 1998-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 34: Динамика производства, экспорта-импорта серы в Казахстане в 1999-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 35: Динамика средних оптовых цен производителей серы в РФ в 2004-2010 гг., руб/т (без учета НДС)
- Рисунок 36: Динамика российских экспортно-импортных цен в 1997-2010 гг., \$/т
- Рисунок 37: Динамика российских экспортно-импортных цен в 2008-2010 гг., \$/т
- Рисунок 38: Основные финансовые показатели импорта серы РФ в 2000-2010 гг.
- Рисунок 39: Динамика экспортно-импортных цен Украины в 1999-2010 гг., \$/т
- Рисунок 40: Динамика экспортно-импортных цен Казахстана в 2004-2010 гг. \$/т
- Рисунок 41: Сравнительная динамика среднеэкспортных цен на серу в РФ, Казахстане и на Украине в 2004-2010 гг. \$/т
- Рисунок 42: Сравнительная динамика среднеимпортных цен на серу в РФ, Казахстане и на Украине в 2004-2010 гг. \$/т
- Рисунок 43: Динамика производства, "кажущегося" потребления, экспорта и импорта в России в 1997-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 44: Динамика производства, "кажущегося" потребления, экспорта-импорта серы на Украине в 1998-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 45: Структура потребления серы в РФ по областям применения в 2010 г., %
- Рисунок 46: Региональная структура потребления серы в РФ в 2010 г., %
- Рисунок 47: Динамика производства серной кислоты и фосфорсодержащих удобрений в России в 1997-2010 гг., млн т
- Рисунок 48: Динамика производства картона и бумаги в России в 2000-2010 гг., млн т
- Рисунок 49: Схема вулканизации полиизопрена (натурального каучука) серой
- Рисунок 50: Динамика производства серной кислоты и фосфатных удобрений в ОАО "Аммофос" в 2000-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 51: Динамика производства основных видов товарной продукции ООО "Балаковские минеральные удобрения" в 2000-2010 гг., тыс. т

Рисунок 52: Динамика производства основных видов товарной продукции в ОАО "ВМУ" в 2000-2010 гг., тыс. т

Рисунок 53: Динамика производства основных видов товарной продукции в ООО "ПГ "Фосфорит" в 2000-2010 гг., тыс. т

Рисунок 54: Динамика переработки нефти (млн т) и газа (млрд м³) в России в 1997-2010 гг.

Рисунок 55: Прогноз производства и потребления серы РФ на период до 2015 г., тыс. т

Рисунок 56: Прогноз цен на серу (российских и мировых) до 2020 г., \$/т

АННОТАЦИЯ

Настоящий отчет посвящен исследованию текущего состояния рынка серы в СНГ и прогнозу его развития. Отчет состоит из 7 частей, содержит 203 страниц, в том числе 60 таблиц, 56 рисунков и 2 приложения.

В первой главе отчета представлена краткая характеристика мирового рынка серы за период 2000-2010 гг., а также перспективы его развития.

Вторая глава посвящена методам получения серы и используемому в промышленности сырью, рассмотрены направления и объемы поставок сырья ее производителям в СНГ.

В третьей главе проанализировано производство серы в СНГ за период с 1999 по 2010 гг. В разделе приведены данные об объемах производства, прослежена динамика выпуска этой продукции по предприятиям России, Украины и Казахстана, рассмотрено текущее состояние производителей серы в СНГ. Приведены данные об имеющейся сырьевой базе, объемах производства, планах по развитию предприятий, а также данные об объемах и направлениях поставок продукции за последние годы.

В четвертой главе отчета рассмотрены внешнеторговые операции с серой в РФ, на Украине и в Казахстане с анализом объемов и направлений экспортно-импортных поставок.

Пятая глава посвящена рассмотрению динамики изменения цен на серу на внутреннем и внешнем рынках в 2003-2010 гг.

Шестая часть описывает рынок потребления серы в РФ, на Украине и в Казахстане. Здесь подробно анализируется структура потребления вещества, баланс "производство-потребление". Дан обзор основных отраслей потребления серы, а также описание крупнейших российских предприятий-потребителей данного продукта.

В седьмой главе отчета приводится прогноз развития российского рынка серы на период до 2015 г.

В приложениях приведены адреса и контактная информация основных предприятий-производителей и потребителей серы.

Эта работа является "кабинетным" исследованием. В качестве источников информации использовались данные Росстата, Федеральной таможенной службы РФ, Федеральной таможенной службы РФ, официальной статистики внутренних железнодорожных перевозок РФ, Госкомстата Украины, стран СНГ (показатели производства продукции), ГТК Украины (данные по внешнеторговым операциям), Агентства по статистике Республики Казахстан (РК). Также были привлечены данные отраслевой и региональной прессы, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, интернет-сайтов предприятий, а также информационных баз данных предприятий, использована база данных "Инфолайн". В связи с тем, что в России грузоперевозки автотранспортом не подлежат обязательному статистическому учету, в настоящем отчете приводятся только данные о перевозках, осуществляемых железнодорожным транспортом.

ВВЕДЕНИЕ

Сера представляет собой весьма распространенный в природе химический элемент, среднее содержание которого в земной коре составляет 0,05% по массе, в воде морей и океанов – 0,09%. Сера и ее соединения существуют в твердом, жидком и газообразном состоянии.

Наиболее широко представлена твердая (самородная) сера и ее минералы – сульфиды металлов, такие как пирит (FeS_2), халькопирит (CuFeS_2), галенит (PbS), сфалерит (ZnS), а также сульфатные породы – барит (BaSO_4) и гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Кроме того, сера входит в состав природного угля и белковых тел. Особенно значительно ее содержание в кератине роговой ткани эпидермы, волос, перьев, а также нейрокератине.

Самым распространенным газообразным соединением серы является сероводород (H_2S). Наименее распространена в природе жидкая сера, представляющая собой сероорганические соединения в составе нефти.

Элементарная природа серы была установлена французским химиком А. Лавуазье, который включил ее в список неметаллических простых тел в 1789 г. Ее аллотропию обнаружил немецкий ученый Э. Мичерлих в 1822 г. Наряду с другими 62 элементами сера вошла в первую версию таблицы Менделеева, опубликованную в 1869 г.

По физическим свойствам сера представляет собой твердое кристаллическое вещество, устойчивое в двух модификациях: ромбической α -S лимонно-желтого цвета плотностью $2,07 \text{ г/см}^3$ ($T_{\text{пл.}} = 112,8^\circ\text{C}$), и моноклинной β -S медово-желтого цвета плотностью $1,97 \text{ г/см}^3$ ($T_{\text{пл.}} = 119,3^\circ\text{C}$). Обе модификации построены из неплоских восьмичленных циклических молекул S_8 в виде короны. Модификации отличаются друг от друга лишь взаимной ориентацией молекул кристаллической решетки.

В процессе плавления сера превращается в подвижную желтую жидкость, которая при температуре выше 160°C буреет, а около 190°C становится вязкой темно-коричневой массой. В случае вливания тонкой струи расплавленной серы, нагретой до $250\text{-}300^\circ\text{C}$, в холодную воду, образуется коричнево-желтая упругая масса, носящая название *пластической серы*.

Сера плохо проводит тепло и электричество. В воде вещество практически нерастворимо, плохо растворяется в этаноле, гексане и гептане, несколько лучше – в толуоле и бензоле. Лучшими растворителями серы являются жидкий аммиак (под давлением), суроуглерод (CS_2) и монохлорид серы (S_2Cl_2). Два последних соединения используются в промышленности (например, S_2Cl_2 – при вулканизации каучука).

Химические свойства серы обусловлены ее переменной валентностью, в связи с чем в зависимости от создаваемых условий вещество выступает то в качестве окислителя, то восстановителя.

В целом сера представляет собой химически активное вещество, способное соединяться практически со всеми химическими элементами, за исключением N_2 , I_2 , Au, Pt и инертных газов. В присутствии CO_2 на воздухе

при температуре выше 300°C сера образует окислы: SO₂ – сернистый ангидрит и SO₃ – серный ангидрит, из которых получают, соответственно, сернистую и серную кислоты, а также их соли – сульфиты и сульфаты. В обычных условиях она соединяется с F₂, при нагревании взаимодействует с Cl₂. С бромом S образует только S₂Br₂.

При повышении температуры до 150-200°C наступает необратимая реакция серы с H₂ с получением сернистого водорода. Кроме того, она образует и многосернистые водороды общей формулой H₂S_x (так называемые сульфаны). Известны и многочисленные сероорганические соединения.

В условиях повышения температуры сера взаимодействует с металлами, образуя соответствующие сульфиды. При температуре 800-900°C пары S реагируют с углеродом, образуя сероуглерод CS₂.

Источником серы в геологическом прошлом Земли служили преимущественно продукты извержения вулканов, содержащие диоксид серы и сероводород. На сегодняшний день известно свыше 200 минералов серы, образующихся в ходе эндогенных процессов. Хозяйственная деятельность человека ускорила распространение серы.

Многие протекающие в биосфере процессы приводят к концентрации серы, накапливающейся в гумусе почв, углях, нефти, морях и океанах, а также в подземных водах, озерах и солончаках. В целом можно говорить о круговороте серы в биосфере: она приносится на материки с атмосферными осадками и возвращается в океан со стоком. При этом в числе более чем 150 сформированных в биосфере минералов серы доминируют сульфаты.

Сера в самородном состоянии, а также в виде сернистых соединений была известна человеку с древнейших времен – предположительно, с IV века до нашей эры – и входила в состав курений, совершаемых при проведении религиозных обрядов (считалось, что запах продуктов ее горения отгоняет злых духов). Издавна с применением серных соединений лечились кожные заболевания. Несколько позже сера стала необходимым компонентом зажигательных смесей, используемых в ходе боевых действий. В частности, в VIII веке нашей эры в Китае научились применять серу в пиротехнических целях, а в X веке она вошла в состав "греческого огня", известного в Византии. В период арабской алхимии возникла гипотеза, согласно которой сера ("начало горючести") наряду со ртутью ("началом металличности") считалась составной частью всех металлов.

В наши дни более половины вырабатываемой в мире серы используется в производстве серной кислоты, 25% – в производстве серных солей (главным образом, сульфитов). Остальной продукт находит применение в резиновой промышленности (в качестве вулканизирующего агента), в сельском хозяйстве (для борьбы с болезнями растений, прежде всего, винограда и хлопчатника), при производстве красителей и светящихся составов, искусственного волокна, спичек и взрывчатых веществ. Соединения серы находят применение и в нефтедобывающей (используются для разбавления нефтяных и буровых растворов), нефтехимической промышленности. Кроме

того, они необходимы при производстве антидетонаторов, смазочных веществ для аппаратуры сверхвысоких давлений. В охлаждающих маслах, ускоряющих обработку металла, содержится иногда до 18% серы.

Особое место сера занимает в медицине, где ее используют при заболеваниях кожи, суставов, при отравлениях. Также широко применяются органические (сульфаниламидные) препараты серы, которые эффективны в борьбе с микробами (кокками и бациллами). Самым простым по химическому строению из сульфаниламидных препаратов является белый стрептоцид.

Вместе с тем, по отрицательному воздействию на окружающую среду соединения серы занимают одно из первых мест среди загрязняющих веществ. Их образование и выброс в атмосферу происходит, главным образом, при сжигании угля и нефтепродуктов. При этом 96% серы поступает в атмосферу в виде SO_2 , остальное количество приходится на долю сульфатов, H_2S , CS_2 , COS и других соединений.

Помимо негативного экологического воздействия, элементарная сера в виде пыли раздражает органы дыхания, слизистые оболочки, а также вызывает экземы. ПДК в воздухе составляет $0,07 \text{ мг/м}^3$.

I. Мировой рынок серы

I.1. Краткая характеристика мирового рынка серы

Сера, наряду с углем, нефтью, известняком и поваренной солью, относится к пяти основным видам сырья химической промышленности и имеет стратегическое значение для обеспечения населения продовольствием, так как помимо азота, фосфора, калия, кальция и магния является необходимым питательным минеральным элементом для растений, источником плодородия почв и роста урожая.

Мировые природные запасы серы (включая месторождения серных руд осадочного и вулканического происхождения, сульфидных руд (в основном, серного колчедана – пирита), а также серу, содержащуюся в качестве примесей в углеводородах) составляют, по оценкам специалистов, свыше 5 млрд т. При этом разведанные месторождения самородной серы содержат примерно 1,2 млрд т серы.

В целом, мировая серная промышленность может быть разделена на два сектора по формам добычи серы: специализированный и "побочный". Специализированный сектор ориентируется исключительно на добычу серы или пиритов из месторождений данного сырья. Данный сектор составляет около 10,5% от всего объема общемирового производства серы.

Большая часть серных самородных руд сосредоточена в Ираке (примерно 335 млн т), США (200 млн т), Чили (100 млн т) и Мексике (100 млн т). Крупные месторождения серных руд известны в Польше (Тарнобжегское, Гжибовское и др.), на Украине (Роздольское, Язовское и др.), в России (в Самарской обл. – Водинское, Каменнодольское, на Камчатке – Малетойваямское), в Туркмении (Гаурдакское). В Японии есть значительные запасы серы вулканического происхождения. Основными добывающими странами, как уже отмечалось, являются США, Мексика и Ирак.

Из пирита (FeS_2) производят, в основном, серную кислоту. Колчедан как источник серы, в основном, утратил свое значение во многих странах, за исключением Китая, который остается единственной страной среди крупнейших производителей серы, где колчедан наряду с серой является основным сырьем для сернокислотной промышленности. Около 80% мирового объема добываемых в мире колчеданов приходится на Китай.

Получение серы в элементарной форме из другого минерального сырья составляет незначительную долю в общем выпуске, но потенциал этого способа весьма перспективен. Базовым ресурсом получения серы являются, прежде всего, битуминозные пески и глинистые нефтяные сланцы Канады, которые содержат более 2 млрд т серы.

В "побочном" секторе, сера или серная кислота вырабатываются в качестве вынужденных побочных продуктов в процессе переработки нефти, природного газа, других ресурсов, причем уровень выработки зависит не от объемов потребления в мире, а от объемов очищаемого от серы сырья. Из 25

стран, которые производят более 500 тыс. т серы в год, 18 получают подавляющую долю серы в процессе ее косвенной выработки в процессе переработки сырья.

Производство серы из нефти сосредоточено в США, Японии и странах Западной Европы. Однако их доля в последнее время быстро сокращается в связи с ростом производства серы на Ближнем Востоке (в Кувейте, Саудовской Аравии), в Латинской Америке (Мексике, Венесуэле) и в Азии (Китае, Индии, Республике Корея, Тайване). Отметим, что на 25 ведущих стран приходится свыше 92% общемировой добычи серы.

В 2000-2008 гг. мировое производство серы постоянно росло. В указанный промежуток времени рост составил 17,4% (с 59,3 млн т в 2000 г. до 69,6 млн т – в 2008 г.) (рисунок 1).

**Рисунок 1: Динамика мирового производства серы
в 2000-2010 гг., млн т**

Источник: "Инфомайн" на основе данных геологической службы США (USGS)

В 2009 г. мировое производство сократилось на 2,4% до 67,9 млн т, а в 2010 г. составляло 68 млн т.

К числу наиболее крупных производителей серы относятся США, Китай, Канада, Россия. Кроме того, много серы производится в Германии, Японии, Саудовской Аравии, Казахстане. На долю перечисленных стран в 2010 г. пришлось 66,3% мирового объема производства данной продукции. Географическая структура мирового производства серы в 2010 г. представлена на рисунке 2.

Как уже отмечалось, структура мирового производства серы за последние 7 лет несколько изменилась. Так доля США сократилась с 15,7% в 2004 г. до 14,6% в 2010 г., Канады – с 13,8% до 10,3%. В то же время постепенно растет доля Китая (с 10,3% в 2004 г. до 13,8% в 2010 г.), Саудовской Аравии (с 3,5% до 4,7%).

Рисунок 2: Географическая структура мирового производства серы в 2010 г., %

Источник: "Инфомайн" на основе данных USGS

Качественная структура производства серы также постепенно изменяется: добыча природной серы сокращается, объёмы попутной (регенерированной) серы и побочной серной кислоты (получаемой из отходящих газов металлургических производств) увеличиваются.

В настоящее время подавляющее большинство серы во всех формах выпускается в качестве побочного продукта. Около 98% элементной серы производится на газо- и нефтеперерабатывающих заводах при очистке углеводородного сырья.

Общим фактором увеличения выпуска серы из газа, нефти, угля в металлургии является усиление природоохранных мероприятий, в частности, ужесточение нормативов по выбросам сернистых соединений (прежде всего диоксида серы – SO_2) в атмосферу на промышленных и других производствах. Лидируют в осуществлении экологических программ – США, страны ЕС и Япония. Активизируется природоохранная деятельность и в ряде других стран, включая Россию, Чили и Перу.

В последнее десятилетие ввиду роста потребления энергоресурсов в мире возникала потребность в разработке новых месторождений газа и нефти, в том числе с повышенным содержанием серы. Возрастающие объёмы добычи серосодержащего углеводородного сырья (газ, нефть) и более глубокая очистка от серы продуктов нефтепереработки, отходящих и дымовых газов коксохимических, металлургических и энергетических производств приводят к накоплению мировых запасов элементарной серы.

Основные мировые складские запасы серы сосредоточены, главным образом, в семи странах – Канаде, США, Франции, Казахстане, Ираке и Иране. При этом объёмы невостребованной серы в отдельные годы достигали

20-21 млн т. Самые большие хранилища серы в Канаде и Казахстане. Меньшие хранилища разбросаны по всему миру, в основном они расположены поблизости производств нефти и газа. На них сера восстанавливается из нефти и газа как горячая жидкость. Обычно, эта жидкость выливается в гигантские формы, где она затвердевает при охлаждении, затем складывается. Однако ужесточение требований экологов к условиям хранения серы под открытым небом стимулирует поиск новых способов хранения. Так, Канада разработала технологию хранения более концентрированных сернистых газов путем их обратной закачки в скважины и накопления серы в подземных хранилищах под слоем известняка.

Вместе с тем, на протяжении последнего десятилетия сера пользовалась широким спросом, в основном благодаря взлету экономики в Китае (в настоящее время – около 20% мирового потребления). Помимо Китая к основным потребителям серы относятся крупные (> 1 млн т в год) производители удобрений: США (свыше 25% мирового объема потребления серы), страны СНГ и Балтии (9%), Марокко (8%), Индия (7%) Тунис и Бразилия (по 5%).

Различия в соотношении уровня производства и потребления серы в конкретных регионах предопределяет их деление на нетто-производителей и нетто-потребителей продукта. Северная Америка, Ближний Восток, страны СНГ и Балтии, Западная и Центральная Европа обладают излишками серы, а Африка, Азия, Латинская Америка и Океания испытывают дефицит этого продукта, что обусловлено, в первую очередь, расширением выпуска удобрений, а в некоторых странах Азии – еще и ростом потребления серы в промышленной сфере, главным образом, в металлургической, резинотехнической, химической и нефтеперерабатывающих отраслях.

Быстрое развитие промышленности и сельского хозяйства, и, следовательно, рост спроса на серу со стороны стран нетто-потребителей способствовало тому, что несмотря на значительные мировые запасы данного продукта, производители серы в 2007-2008 гг. увеличивали цены на серу. Так с мая 2007 г. по май 2008 г. средняя цена на серу увеличилась более чем в 10 раз, с 50-60 \$/т до 700-800 \$/т (в зависимости от рынка сбыта). Также немаловажным фактором, в значительной степени оказавшим влияние на скачок цен, стал резко возросший спрос в Китае и Индии. Такое положение сохранялось практически до конца 2008 г.

Обвал крупнейших мировых рынков в связи с началом и разрастанием мирового финансового кризиса повлек за собой сокращение потребления минеральных удобрений, что, в свою очередь, привело к падению спроса на серу и серную кислоту. В декабре 2008 г. цена на серу опустилась до прежнего уровня в 50-60 \$/т. Ситуация усугублялась тем, что объемы производства серы не могут регулироваться с учетом потребностей рынка, что приводит к росту мировых запасов невостребованной серы. Существование диспропорции в производстве и потреблении серы прогнозируется, по крайней мере, до 2015-2020 гг.

В 2009 г. эксперты констатировали профицит серы, который спровоцировал очередное падение цены. В конце 2009 г. сера практически ничего не стоила, цены не превышали 10 \$/т. В начале 2010 г. на мировом рынке серы наметилась тенденция подорожания, что обусловлено в первую очередь ростом спроса на фосфатные удобрения. В марте-апреле 2010 г. сера стоила в среднем 130-190 \$/т, с мая цены стали снижаться, к концу года средняя цена не превышала 100 \$/т. В начале 2011 г. (январь-март) мировые цены на серу колебались в диапазоне 160-220 \$/т.

В будущем на цены повлияет увеличение газодобычи, а следовательно, выработки серы Китаем, который ранее являлся главным импортером данной продукции. Сокращение импорта серы Китаем не будет способствовать росту мировых цен на серу.

В настоящее время ежегодное мировое потребление серы превышает 60 млн т. Приблизительно 90% используемой в мире серы идет на производство серной кислоты (для получения 1 т серной кислоты необходимо около 300 кг серы), свыше 70% которой потребляется в производстве фосфатных удобрений. Значительную часть мирового производства серы поглощает также бумажная промышленность.

Кроме того, опережение роста предложения серы на рынке по сравнению с потреблением стимулирует разработку проектов по ее утилизации и расширению областей применения. Так разработана технология производства асфальта с добавлением шариков серы, что делает дорожные покрытия более прочными и устойчивыми к перепадам температуры. Также все большие объемы серы потребляет цементная промышленность. Бетон, получаемый из цемента, включающего в свой состав серу, имеет пластмассоподобную поверхность, которую легко красить. Он быстро застывает и устойчив к кислой и соленой среде. Это делает такой бетон идеальным для водосистем, например, он может использоваться при постройке плотин, каналов и дамб. Но в строительстве зданий такой бетон непригоден, так как сера плавится при 120°C.

С появлением новых областей применения для структуры мирового потребления серы характерна тенденция сокращения доли использования ее в производстве серной кислоты и минеральных удобрений, и роста доли применения данной продукции для промышленных нужд. Отметим, однако, что потенциал спроса в сельском хозяйстве по-прежнему сохраняется. Это вызвано истощением почв, накоплением в них дефицита питательных элементов и необходимостью увеличения сбора культур в связи с ростом потребления продуктов питания на душу населения.

Глобальная торговля серой в 2009 г. уменьшилась с 25 млн т в 2008 г. до 20 млн т, а в 2010 г., по предварительным данным составила 22 млн т. Географическая структура мирового экспорта серы в 2009 г. представлена на рисунке 3.