

А. В. Хохлов

География мировой серной промышленности

2003 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	2
1. Место серной промышленности в мировом хозяйстве и особенности её изучения.....	3
1.1. Методологические подходы к изучению отрасли.....	3
1.2. История развития серной промышленности.....	5
1.3. Современное состояние серной промышленности.....	6
2. Общая характеристика мировой серной промышленности.....	9
2.1. Сырьевая база серной промышленности.....	9
2.2. Технологии получения серы.....	15
2.3. Динамика мирового производства серы	17
2.4. Основные черты международной торговли серой	21
2.5. Отраслевая и географическая структура потребления серы.....	25
3. География мировой серной промышленности.....	28
3.1. Северная Америка.....	28
3.2. Зарубежная Азия	31
3.3. Территория СССР.....	36
3.4. Зарубежная Европа	40
3.5. Южная Америка.....	44
3.6. Африка.....	47
3.7. Австралия и Океания.....	48
Заключение	49
Источники	50

ВВЕДЕНИЕ

Серная промышленность является одной из отраслей огромной добывающей индустрии. Её принадлежность к разряду так называемых «сырьевых» производств, причём не массовых, обуславливает крайне низкие стоимостные показатели выпускаемой продукции. Удельный вес серы в общем объёме промышленного производства чрезвычайно скромен – сотые доли процента. Вместе с тем отрасль является поставщиком сырья для получения одного из самых главных химикатов – серной кислоты. На её использовании базируется практически вся основная химия, которая играет огромную роль в обеспечении стабильного развития сельского хозяйства, выступая поставщиком минеральных удобрений, химических средств защиты растений и т.д.

Сферы использования серосодержащих продуктов не ограничиваются сельским хозяйством. К ним относятся многочисленные химические производства, нефтепереработка, целлюлозно-бумажная промышленность, переработка руд металлов, военное дело, металлургия, медицина и т.д. Направления использования серы постоянно расширяются. Большие перспективы имеет применение её в дорожном и промышленном строительстве.

Данная работа посвящена исследованию мировой серной промышленности. Долгое время в нашей стране по идеологическим соображениям отрицалось существование единого мирохозяйственного комплекса. Поэтому целью исследования является анализ развития серной промышленности как отрасли мирового хозяйства.

Работа состоит из трёх частей. В первой части даются необходимые методологические пояснения к работе и общие представления об отрасли. Во второй части приводится подробная характеристика мировой серной промышленности, включающая описание сырьевой базы, технологий получения, динамики мирового производства, торговли и потребления серы. В третьей части рассматривается география отрасли по выделенным регионам.

При написании работы использовались преимущественно справочные издания ведущих мировых организаций по данной тематике, а также электронные ресурсы, монографии специалистов по горной промышленности и периодическая литература.

1. МЕСТО СЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В МИРОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ОСОБЕННОСТИ ЕЁ ИЗУЧЕНИЯ

1.1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ОТРАСЛИ

Существует несколько определений серной промышленности. Так, «Горная энциклопедия» (1989) даёт следующее определение: «Серная промышленность – отрасль химической промышленности, объединяющая предприятия по производству элементарной природной и газовой (попутной) серы». Причём отмечается, что газовая сера извлекается «при очистке природных газов, газов нефтеперерабатывающей, цветной металлургии и других отраслей промышленности». На металлургических предприятиях, при улавливании отходящих газов, сера часто производится в виде серной кислоты, которая может расходоваться в технологическом процессе на этом же заводе или вывозиться за его пределы. Таким образом, цепочка серосодержащее сырьё – элементарная сера – серная кислота, по которой в большинстве случаев перемещается извлекаемая из недр сера, сокращается. Получение серы в виде кислоты (в редких случаях это бывают другие соединения) определяется как производство серы «в других формах». Ввиду того, что это производство играет существенную и всевозрастающую роль и оказывает значительное влияние на выпуск элементарной серы, ведущие мировые организации, занимающиеся статистикой минерального сырья, включают его в серную промышленность. Это положение используется и в данной работе.

В связи с вышеизложенным, разумно дать такое определение отрасли. **Серная промышленность** – это отрасль химической промышленности, объединяющая предприятия по производству серы из природных источников сырья в её элементарной либо иной форме.

Сера относится к числу распространённых химических элементов. В природе она встречается как в самородном виде, так и в составе многочисленных соединений, наиболее распространёнными из которых являются сульфиды и сульфаты. Природными источниками получения серы потенциально могут служить многие виды сырья (например, морская вода). Однако промышленными является лишь незначительная часть их.

К промышленным видам серосодержащего сырья относятся серные руды, серный колчедан (пирит), пирротин, сульфидные руды цветных металлов, природный газ, нефть, гипс, ангидрит, уголь, битуминозные пески и сланцы.

Серные руды – это природные минеральные образования, содержащие самородную серу в таких концентрациях, при которых технически возможно и экономически целесообразно её извлечение. В нашей стране промышленными принято считать руды с минимальным содержанием серы 6–10%. К богатым относятся руды, содержащие свыше 25% S, к средним – от 10 до 25%, к бедным – менее 10%.

Пирит (серный или железный колчедан) – это минерал класса сульфидов FeS_2 , один из самых распространённых минералов земной коры и наиболее распространённый в классе сульфидов. Образует собственные месторождения (серноколчеданные, где составляет по объёму 80–90%), а также входит в состав руд медных и разнообразных полиметаллических месторождений. Встречается пирит и в осадочных породах, в т.ч. в ископаемых углях. Очень близок к нему по составу **пирротин** – железистый колчедан, встречающийся гораздо реже.

Сульфидные руды цветных металлов – это руды разнообразных цветных металлов, содержащие в себе определённое количество минералов серы – пирита, сфалерита, галенита, пирротина, халькопирита и др. При концентрации этих минералов, превышающей несколько процентов, возможно промышленное извлечение из них серы при переработке руд.

Природный газ, нефть и уголь содержат серу в разных формах и количествах.

В **естественном газе** она присутствует в виде сероводорода, однако содержание его обычно невелико (десятые доли процента). В то же время в некоторых газовых месторождениях оно достигает значительных величин – до 84%. Гораздо чаще повышенными концентрациями сероводорода отличается попутный нефтяной газ. При содержании серы в месторождении несколько процентов и более, обосновано строительство на их базе газоперерабатывающих заводов или газохимических комплексов.

Нефть в большинстве случаев содержит некоторые примеси серы – несколько промилле – однако значимых величин оно достигает реже. Промышленное извлечение серы из нефти выгодно при содержании её более 0,5%. Высокосернистая нефть обычно характеризуется массовой долей серы 1–2,5%, однако на отдельных месторождениях она может составлять 3–5% и более.

Примеси серы в несколько долей процента присутствуют практически во всех **углях**. В отдельных бассейнах содержание серы равняется первым процентам, достигая иногда величины 10%. В то же время извлечение её даже из высокосернистого угля в обычных условиях нерентабельно. В процессе обессеривания угля, осуществляемым для улучшения его качеств, извлекаемая в виде оксидов или иных соединений сера обычно не утилизируется.

Экономическая эффективность получения серы из этих источников различна, непостоянна во времени и пространстве и зависит от качественных характеристик сырья. Так, извлечение серы из угля имеет место лишь в нескольких странах, в то время как нефть становится источником её получения во всё большем числе государств. Самородная сера, ещё недавно бывшая очень важным серосодержащим сырьём, к настоящему моменту утратила своё значение. При этом экономическая эффективность её добычи ещё находится на приемлемом уровне, однако в основных странах-производителях она испытывает конкуренцию более дешёвых видов серосодержащего сырья. В связи с этим большой интерес представляет оценка извлекаемых запасов серы в разных видах сырья, приведённая во второй части.

В данной работе при рассмотрении статистики производства серы используется ряд понятий, которые могут истолковываться по-разному при опоре на различные источники информации. Во избежание этого основополагающие определения, имеющие постоянное значение в каждом из разделов, приведены ниже.

Самородная или природная сера – сера, формирующая собственные месторождения (залежи серных руд), из которых она и добывается.

Газовая сера – сера, извлекаемая из природного газа, в том числе и попутного нефтяного.

Нефтяная сера – сера, извлекаемая из образующихся в процессе нефтепереработки газов.

Пиритная сера – содержание серы в добытых пиритах или произведённых пиритных концентратах, которые могут быть получены как из пиритных руд, так и из сульфидных руд цветных металлов. Однако из последних они производятся редко – содержащаяся в них сера обычно извлекается в виде кислоты в процессе обогащения руды и получения черного металла.

Элементарная сера – сера, выпускаемая как химический элемент, с небольшой долей примесей. Источниками её получения служат самородная сера, нефть, газ, иногда пириты и отходящие газы металлургических предприятий.

Отходящие газы – побочный продукт производства некоторых отраслей промышленности. В случае использования серосодержащего сырья (нефть, сульфидные руды металлов, уголь) содержат определённое количество серы в связанном виде, которая может быть извлечена в разных формах.

Металлургическая сера – сера, производимая в любой форме в металлургии.

Попутная сера – сера, извлекаемая из любых источников, кроме серных руд и пирита.

1.2. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Сера относится к небольшому числу химических элементов, известных человеку с древнейших времен. О её существовании знали по крайней мере за 2 тысячи лет до нашей эры – уже в Древнем Египте она использовалась в медицине. В начале средневековья серу стали применять в военном деле: она была составной частью знаменитого «греческого огня» и изобретённого в Китае пороха. Согласно тогдашним представлениям о строении вещества, сера, как «начало горючести», считалась одним из двух прародителей всех химических элементов, а потому играла огромную роль в алхимии. Её источниками служили близповерхностные залежи самородной серы, разрабатывавшиеся кустарными методами в Средиземноморье и Китае.

В истории развития серной промышленности можно выделить несколько основных этапов, своеобразных эпох:

- 1) с древнейших времен до начала XIX в. Это эпоха периодических кустарных разработок залежей природной серы в отдельных государствах, достигающих на определённом этапе более высокого уровня развития, нежели остальные;
- 2) с 1830-х гг. до начала XX в. Эпоха становления серной промышленности как самостоятельной и постоянной отрасли добывающей промышленности, появление первых стран, специализирующихся на добыче серосодержащего сырья;
- 3) с начала XX в. до конца 1950-х гг. Этап интенсивного расширения географии отрасли, вовлечения в разработку всё большего числа источников получения серы при сохраняющемся базировании отрасли практически исключительно на собственной сырьевой базе (серные руды, пирит);
- 4) с конца 1950-х гг. На данном этапе начинается интенсивное извлечение серы в качестве побочного продукта при переработке других видов сырья (руд металлов, газа, нефти). Серная промышленность трансформируется из горнодобывающей отрасли в собственно химическую.

Промышленная революция конца XVIII – начала XIX вв. породила множество новых отраслей, в т.ч. и химическую промышленность. Многие технологические цепочки в этой отрасли требуют применения серной кислоты, поэтому по мере развития химической индустрии возростала потребность в этом продукте. Серная кислота в XIX в. могла производиться либо непосредственно из самородной серы, либо из её летучих оксидов, которые образуются при переработке пиритов. Потребность в серной кислоте породила промышленное производство серы. В первой половине XIX в. была организована добыча природной серы в Италии и пирита в Испании. В течение нескольких десятилетий эти страны фактически были единственными производителями и поставщиками серосодержащего сырья на мировой рынок. Развитие химической промышленности во второй половине XIX в. обусловило расширение спроса на серу и появление новых её производителей – Норвегии, США, Франции, Великобритании, Германии и некоторых других.

Однако масштабное расширение географии серной промышленности, по сути, началось лишь в XX в. В конце девятнадцатого столетия в мире насчитывалось около десятка стран, ведущих добычу серы, большая часть из которых находилась в Европе. К началу Первой мировой войны число их значительно увеличилось – появились продуценты в Южной Америке, Африке, Океании, на Ближнем Востоке. Применение метода Фраша для разработки месторождений самородной серы открыло новые горизонты для отрасли – началось масштабное освоение ресурсов побережья Мексиканского залива (в пределах США). Это привело к значительному увеличению доли Северной Америки, однако ведущим регионом серной промышленности по-прежнему остаётся Европа.

В дальнейшем география отрасли становилась всё более широкой, несмотря на имевшие место кризисы во время Великой депрессии и Второй мировой войны. За первое послевоенное десятилетие были сделаны крупные геологические открытия, существенно повлиявшие на географию серной промышленности на следующем этапе. Одно за другим следовали обнаружения крупнейших серных месторождений в Польше, СССР, Мексике, США, Чили, ресурсов сероводородсодержащих газов в Канаде и Франции.

В конце 1950-х – начале 1960-х гг. отрасль вступила в новый этап развития. Началось масштабное извлечение серы как побочного продукта при переработке газа (Франция, Канада), нефти (США, ФРГ), в цветной металлургии (Великобритания, США, ФРГ). Значение этих источников с течением времени всё более и более возрастало, также как и число стран, в которых они использовались.

В начале 1980-х гг. основная часть серы уже производилась как попутная. К началу XXI в. на долю собственно сернистого сырья (серные руды и пирит) приходится менее 15% мирового производства. Сейчас уровень развития серной промышленности в каждой стране определяется, прежде всего, состоянием ряда промышленных производств (нефте- и газопереработка, металлургия, химическая индустрия), нежели наличием запасов серосодержащего сырья и их качественными характеристиками.

Описанная выше тенденция привела к тому, что серная промышленность начала уходить из добывающей сферы. Производство серы стало постепенно смещаться в страны, не обладающие собственными запасами этого полезного ископаемого, что невозможно для отрасли добывающей промышленности. В конце 1990-х гг. в мире порядка 30% серы выпускалось из импортируемого сырья, причём этот показатель стабильно растёт. Таким образом, серная промышленность, зародившаяся как отрасль горнодобывающей, всё больше переходит в состав собственно химической. Вполне возможно, что в ближайшие несколько лет этот переход осуществится окончательно, что ознаменует начало нового этапа развития мировой серной промышленности.

1.3. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В настоящее время серная промышленность является одной из важнейших отраслей химического комплекса. Несмотря на то, что доля её продукции в общей стоимости производимых в химической индустрии товаров очень незначительна (порядка 0,1%), она играет роль поставщика сырья для получения важнейшего компонента многих химических реакций – серной кислоты. На её использовании базируется практически вся основная химия; значительное число других производств немислимо без применения в технологических цепочках этого реагента.

В то же время сферы конечного использования серы не ограничиваются химической промышленностью, хотя на неё и приходится основная часть мирового потребления этого сырья – порядка $\frac{2}{3}$. Она применяется в целлюлозно-бумажной, добывающей, текстильной, стекольной промышленности, в нефтепереработке, металлургии, медицине, сельском хозяйстве и т.д.

Серная промышленность опирается на развитую и диверсифицированную сырьевую базу. Источниками промышленного получения серы в разных странах служат природный газ, нефть, сульфидные руды цветных металлов (преимущественно меди, свинца и цинка), пирит, серные руды, битуминозные пески, уголь, гипс. Все эти виды серосодержащего сырья сосредотачивают значительные количества серы, однако степень доступности её для извлечения сильно различается. Наибольшее значение имеют следующие источники получения серы:

- ◆ природный газ. Крупнейшими запасами газовой серы обладают Россия, Канада, Саудовская Аравия, Иран, Ирак, ОАЭ, Казахстан;

- ◆ нефть. По величине запасов серы в нефти выделяются Саудовская Аравия, Ирак, Кувейт, ОАЭ, Иран, Мексика, Венесуэла, Россия;
- ◆ сульфидные руды цветных металлов. Наибольшими ресурсами их обладают Чили, КНР, Австралия, США, Россия, Казахстан, Канада, Перу, Замбия;
- ◆ самородная сера. Мировыми лидерами по её запасам являются Ирак, Польша, Мексика, Чили, США, а также Украина, Иордания и КНР;
- ◆ пирит. Наиболее значительные запасы этого минерала сосредоточены в Саудовской Аравии, КНР, Испании, а также Японии, Канаде, Норвегии, Турции, ЮАР, Португалии, Индии.

В то же время самые большие ресурсы серы, доступные для извлечения при нынешнем уровне цен, заключены в битуминозных песках, прежде всего, в Канаде и Венесуэле. Этот источник получения серы очень перспективен, однако чрезвычайная концентрация запасов не позволяет рассчитывать на его превращение в основной.

Общие извлекаемые запасы серы в мире оцениваются в 20 млрд т, из которых $\frac{3}{4}$ заключены в недрах 4 стран – Канады, Венесуэлы, России и Саудовской Аравии. При нынешних объёмах производства отрасль обеспечена сырьём примерно на 350 лет. Рассмотрение обеспеченности отдельных стран не имеет практического смысла, т.к. основная часть сырьевой базы серной промышленности – нефть, газ, руды и концентраты цветных металлов – является предметом интенсивной международной торговли.

Важной особенностью серной промышленности является низкая степень привязанности производства к месту добычи сырья. Основными источниками её получения в настоящее время являются природный газ, нефть и концентраты некоторых цветных металлов – товары с высокой транспортабельностью, характеризующиеся значительной вовлечённостью в международную торговлю. Поэтому многие промышленно развитые страны, являющиеся крупными импортёрами вышеперечисленной продукции, выступают значительными продуцентами серы, несмотря на то, что практически полностью или даже абсолютно лишены собственных извлекаемых ресурсов её. К 2000 г. доля серы, производимой из импортируемого сырья достигла 30%.

Ведущим регионом мировой серной промышленности является Северная Америка – её доля в мировом производстве составляет 37%. Немного уступает ей Азия, роль которой существенно повысилась за последние 15 лет. Доля этого региона равняется 30%. Равным весом – около 14% – обладают страны СНГ и Зарубежная Европа. Однако в них действуют разные тенденции: если в первом регионе выпуск серы стремительно растёт, то во втором он в целом стабилен. На оставшиеся регионы в сумме приходится 6–7% мирового производства этого продукта.

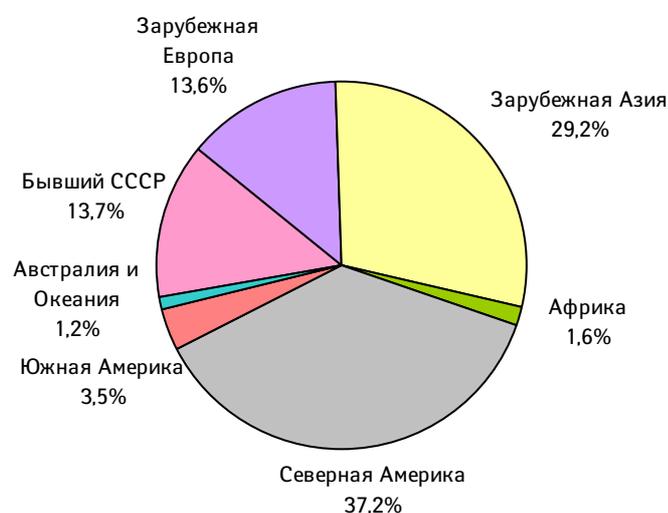


Рис. 1. Географическая структура производства серы в 2000 г.

Среди отдельных стран лидерами выступают США и Канада, на протяжении почти трёх десятилетий занимающие первые два места по производству серы (правда, во второй половине 1980-х гг. Канада на несколько лет уступила вторую строчку Советскому Союзу). Объёму выпуска в них в настоящее время практически сравнялись и составляют около 10 млн т серы в год в каждой. К числу крупнейших производителей серы относятся также Россия, КНР (производство в обеих составляет по 5,5–6 млн т в год), Япония (3,5 млн т), Саудовская Аравия (свыше 2 млн т), Казахстан, Польша, Мексика, ОАЭ (примерно 1,5 млн т), Германия, Франция, Республика Корея, Чили, Иран (немногом более 1 млн т).

Основными источниками получения серы в настоящее время являются нефть и газ (в сумме более 60%). Производство газовой серы пока несколько выше, нежели нефтяной, однако последняя показывает наилучшую динамику роста. Более $\frac{1}{5}$ выпуска обеспечивается за счёт улавливания отходящих газов в металлургии. Доля двух других важных источников – пиритов и самородной серы – составляет соответственно 8 и 6%. На долю прочих видов серосодержащего сырья (битуминозные пески, уголь, гипс) приходится 3%.

В международную торговлю вовлекается примерно 30% производимой в мире серы. Крупнейшие её экспортёры – Канада (свыше четверти мирового экспорта), Россия, Саудовская Аравия, Япония, Германия, Польша, ОАЭ, Мексика, Казахстан. К числу основных покупателей серы на мировом рынке относятся Марокко, КНР (на каждую из них приходится по 11–13% мирового импорта) Тунис, Бразилия, Индия, ЮАР, США.

Цены на серу на мировом рынке испытывают некоторое повышение в течение последних полутора лет. Однако их падение за предыдущие десятилетие было столь велико, что они всё ещё остаются очень низкими. В первом полугодии 2002 г. они составляли порядка 35–40 долларов за 1 т, в то время как в конце 1980-х гг. находились в пределах 90–110 долларов.

В ближайшие несколько лет прогнозируется сохранение стабильного спроса на серу в условиях растущего предложения её на рынке. Расширение попутного производства серы, которое во многом связано с ужесточением экологических норм и требований, уже сейчас вынуждает многих производителей наращивать складские запасы. Устойчивое превышение предложения над спросом не создаёт возможностей для интенсивного роста цен на продукт. В условиях замедленного развития экономик США, Японии и стран ЕС, особенно сферы базовых отраслей промышленности, определяющим становится интенсивность экономического роста Китая, Индии и Бразилии, набирающими всё больший вес в мировом хозяйстве и являющимися крупными потребителями серы. В то же время в случае сильного перепроизводства, а соответственно и снижения цен, не исключена возможность быстрого увеличения потребления серы в новых сферах применения (например, в дорожном строительстве).

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИРОВОЙ СЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

2.1. СЫРЬЕВАЯ БАЗА СЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Серная промышленность обладает чрезвычайно развитой и диверсифицированной сырьевой базой. Запасы серы сосредоточены в месторождениях собственно серных (осадочного или вулканического происхождения) и колчеданных (пиритных) руд, природных сульфатах (гипс, ангидрит), сульфидных рудах различных металлов, битуминозных песках и сланцах и в ископаемых углеводородах – нефти, газе, угле. Общие запасы серы в этих видах сырья исчисляются десятками миллиардов тонн. Однако эти ресурсы имеют отличное друг от друга значение в качестве источников получения серы в прошлом, настоящем и будущем, в связи с чем извлекаемые запасы, разработка которых выгодна при существующем уровне развития технологий и цен, измеряются величиной на порядок меньше.

Обычно под термином «запасы серы» подразумевают только лишь ресурсы самородной серы, однако оценка извлекаемых запасов серы во всех формах представляет большой интерес, т.к. наиболее ясно обрисовывает географию сырьевой базы серной промышленности. Поэтому структура запасов серы в мире будет рассмотрена ниже и поэлементно, и в общем виде.

Самородная сера

Месторождения серных руд, или самородной серы, встречаются достаточно редко. Среди известных промышленных месторождений выделяются два генетических типа: осадочные, часто связанные с галогенными формациями, и вулканические. Наиболее крупные месторождения связаны с первым типом, в то время как вулканические месторождения обычно невелики по размерам, но характеризуются в несколько раз большим содержанием полезного компонента в руде (40–80%, иногда до 95%, против 15–25%).

Мировые запасы самородной серы в конце 1990-х гг. определялись величиной около 1,1 млрд т, в т.ч. 0,5 млрд т – доказанные. Основная часть запасов сосредоточена в недрах 4 стран – Ирака, Польши, Мексики и Чили, на которые приходится 80% мировых ресурсов самородной серы. Сравнительно крупными запасами обладает ещё ряд стран (табл.1).

Таблица 1. Запасы самородной серы в важнейших странах на конец 1990-х гг.

	Запасы, млн т		Содержание серы в руде, %
	доказанные	общие	
Ирак	140	370	23–30
Польша	130	300	20–30
Мексика	70	110	27–33
Чили	40	100	40–80
США	40	55	15–25
СНГ	...	40	10–40
Иордания	35	35	...
КНР	...	20	...
Италия	10	15	20–30
Коста-Рика	–	11	...
Япония	5	10	30
Филиппины	3	9	28–30
Аргентина	5	5	65–75
Мир в целом	510	1 100	

Источники: 2, 3, 6, 20.

Азия. На данный регион приходится свыше 40% мировых запасов самородной серы. Лидером по запасам самородной серы здесь является Ирак, который занимает по этому показателю первое место в мире. В стране открыто несколько месторождений, однако разведаны только три из них: *Мишрак, Лаза*

га и *Эль-Фахта. Мишрак* – крупнейшее в мире месторождение самородной серы, открытое в 1960–61 гг. с помощью советских специалистов. Общие запасы месторождения 245 млн т, в т.ч. 80 – разведанные. Среднее содержание серы составляет 23%. Запасы месторождений *Лазага* и *Эль-Фахта*, также относящихся к числу наиболее крупных в мире, равны соответственно 50 и 40 млн т.

Крупными запасами самородной серы обладают Иордания и КНР, причём необходимо отметить, что в этих странах, по разным причинам, масштабного поиска и исследования серных руд не производилось. Значительными ресурсами природной серы раньше располагала Япония, однако, ввиду длительной и достаточно интенсивной их разработки, они сильно истощены.

Из других азиатских стран ресурсы самородной серы выявлены в Филиппинах, Индонезии, Индии, Иране, Турции и Афганистане, причём в последнем прогнозные запасы серы оценивались советскими специалистами в 500 млн т.

Северная Америка. Доля этого региона в мировых запасах самородной серы составляет 15%. Но нельзя забывать о том, что в течение длительного времени это был регион наиболее интенсивной добычи природной серы. За минувшее столетие здесь было добыто более 300 млн т её, что почти в 3 раза превышает величину нынешних разведанных запасов.

Основные ресурсы в регионе связаны с уникальной сероносной провинцией *Мексиканского залива*, расположенной на территории США и Мексики. В настоящее время наиболее крупные ресурсы серы сохранились в Мексике, благодаря позднему началу разработки (добыча здесь была начата в 1950-х гг., в то время как в США – в первые годы XX в.) и менее интенсивной добыче (максимальный объём её составлял в Мексике около 2 млн т, в США – 8 млн т). Первое месторождение (сероносный соляной купол) здесь открыто в 1867 г. в штате Луизиана, а всего их выявлено более 40. Наиболее крупные из них *Гранд-Айл*, *Гарден-Айленд*, *Кеминейд-Пас-Дом*, *Сульфур* (штат Луизиана), *Болинг*, *Спиндлтот*, *Лонг-Пойнт*, *Хоскинс-Маунд* и *Пекос-Каунти* (Техас) в США и *Халтипан* и *Сан-Кристоваль* в Мексике. Начальные запасы каждого из этих месторождений превышали 20 млн т.

Помимо сероносных соляных куполов в США и Мексике известны месторождения других типов, однако запасы в них невелики. Из других стран региона ресурсы природной серы имеют Гватемала и Коста-Рика.

Зарубежная Европа. Подавляющая часть запасов в регионе приходится на Польшу. Близповерхностные залежи серы были известны в стране ещё со средних веков. Месторождения самородной серы открыты в 1953 г. и относятся к числу крупнейших в мире. Главное месторождение – *Тарнобжег*; важными являются также *Гжибув*, *Башня*, *Солец*, *Осек*. Среднее содержание серы в руде – 25%, однако в отдельных пластах оно достигает 50%, что очень редко для осадочных месторождений.

По-прежнему значительны, несмотря на сильную истощенность, запасы природной серы в Италии. Основная часть запасов сосредоточена на о. Сицилия, небольшая – в материковой части. Вулканические месторождения Италии очень многочисленны – их известно около ста – но в большинстве своём невелики по размерам, почти все они в значительной мере выработаны.

Месторождения самородной серы известны также в Румынии, Сербии и Черногории, Албании, Испании, Франции, Греции.

Южная Америка. Наиболее крупными запасами серы в регионе обладает Чили, являющаяся одним из мировых лидеров по их величине. При этом из всех стран с крупными запасами серных руд Чили обладает самыми высококачественными. Здесь выявлено около 100 месторождений, однако 90% запасов концентрируют три из них – *Ауканквилха* (свыше 50 млн т), *Чутинза* и *Лопес* (по 20 млн т в каждом).

Схожие с чилийскими по качеству, но во много раз меньшие по запасам месторождения известны в Аргентине, Колумбии, Боливии, Эквадоре и Перу.

СНГ. Интенсивная геологоразведочная деятельность в СССР привела к открытию ряда крупных месторождений серных руд. В 1930-х гг. были обнаружены *Водинское* (Россия), *Гаурдакское*, *Каракум-*

ские (Туркмения) и *Шорсуйское* (Узбекистан) месторождения самородной серы, наиболее крупные из которых первые два. Затем в 1950–1960-е гг. последовало открытие *Предкарпатского* сероносного бассейна на Украине с рядом крупных месторождений, таких как *Роздольское*, *Язовское*, *Немировское*, *Подорожненское*, а также менее значительных запасов серы на Камчатке и Курилах.

Пирит

Пирит – наиболее распространённый минерал класса сульфидов FeS_2 , один из самых распространённых минералов земной коры. Обычно он входит в состав руд медных и разнообразных полиметаллических месторождений, однако нередко образует собственные месторождения – железо- или серноколчеданные – где составляет по объёму 80–90%. В богатых месторождениях обычно содержится 40–50% серы, в бедных – от 10 до 25%.

Общие запасы пирита в мире составляют несколько миллиардов тонн, в которых содержится более 1 млрд т серы. Наиболее крупными запасами обладают Саудовская Аравия (800 млн т), КНР (620 млн т) и Испания (500 млн т). Значительными ресурсами (от 40 до 150 млн т) располагают также Япония, Канада, Норвегия, Турция, Италия, Марокко, Португалия, Индия. Всего же число стран, в которых выявлены серноколчеданные месторождения, превышает 40.

Нефть

Значительные количества серы содержатся в виде примесей в нефти. Общие запасы её в таком виде оцениваются величиной порядка 2 млрд т. Из добываемой ежегодно в мире нефти может извлекаться не менее 60 млн т, однако фактическое производство нефтяной серы составляет лишь $\frac{1}{4}$ от этого числа.

Нефти с месторождений стран мира содержат различные количества серы: в одних её нет вовсе, в других её доля может достигать 6 и более процентов. Например, нефть *Лянторского* месторождения в Тюменской области содержит до 11% серы. Большими запасами высокосернистой нефти обладают Саудовская Аравия, Венесуэла, Ирак, Иран, ОАЭ, Канада, Казахстан, Кувейт, Мексика, Россия.

Крупные нефтяные месторождения по запасам серы сопоставимы с месторождениями самородной серы. Наибольшими ресурсами нефтяной серы обладают Саудовская Аравия (крупнейшие месторождения по запасам серы – *Саффания-Хафджи*, *Абкайк*, *Манифа*, *Берри*, *Зулуф*, *Феридун-Марджан*), Кувейт (*Большой Бурган*, *Раудатайн*, *Вафра*), Ирак (*Киркук*, *Ратави*, *Зубайр*), Венесуэла (*Боливар*), Иран (*Агаджари*, *Гечсаран*, *Ахваз*), ОАЭ (*Закум*) и Мексика (*Реформа*) (табл. 2).

Битумизные пески и сланцы

Битумизные пески представляют собой очень перспективный источник получения нефти. В связи с тем, что заключённая в них нефть характеризуется высокой сернистостью, они могут стать и важным серосодержащим сырьём. Запасы таких песков выявлены в нескольких странах, а величина заключённой в них нефти измеряется сотнями миллиардов тонн. Содержание серы в этой нефти составляет несколько процентов – таким образом, они содержат десятки миллиардов тонн серы.

Уникальными по масштабам являются залежи битуминозных песков бассейнов *Атабаска* (Канада) и *Ориноко* (Венесуэла). Общие запасы серы в бассейне *Атабаска* оцениваются в 8 млрд т при содержании её в нефти 4–5%, в бассейне *Ориноко* извлекаемые запасы равны 3,6 млрд т при 4%-ном содержании её в добытой нефти. Менее крупные ресурсы битуминозных песков и сланцев выявлены в США, Бразилии и некоторых других странах.

Пионером в освоении этого ценного вида сырья является Канада, где в конце 1960-х гг. началась добыча «тяжёлой» нефти на месторождении *Атабаска*, попутно с которой в довольно значительных количествах извлекается сера. Высокие цены на нефть делают более эффективной разработку месторождений битуминозных песков, а потому данный источник получения серы становится всё более перспективным.

Таблица 2. Содержание серы в некоторых нефтяных месторождениях

	Страна	Начальные запасы нефти, млн т	Содержание серы, %	Запасы серы, млн т
Абкайк	Саудовская Аравия	1 210	2,8	34
Абу-Сафа	Саудовская Аравия	560	2,6	15
Агаджари	Иран	1 300	1,4	18
Ахваз	Иран	1 220	1,5	18
Берри	Саудовская Аравия	1 060	2,2	23
Боливар	Венесуэла	4 300	2,1–2,7	103
Большой Бурган	Кувейт	10 700	1,5	161
Вафра	Кувейт	610	3,9	24
Гечсаран	Иран	1 490	1,6	24
Закум	ОАЭ	2 140	1,5–2,0	38
Зубайр	Ирак	1 020	1,9	19
Зулуф	Саудовская Аравия	750	2,5	19
Катиф	Саудовская Аравия	490	2,5	12
Киркук	Ирак	2 190	2,3	50
Манифа	Саудовская Аравия	1 220	2,7	33
Мурбан	ОАЭ	670	0,7	5
Пазенан	Иран	480	1,1	5
Прадхо-Бей	США	2 860	0,8	23
Ратави	Ирак	660	5,1	34
Раудатайн	Кувейт	1 420	2,1	30
Реформа	Мексика	1 200	до 3,5	30
Ромашкинское	Россия	2 000	1,5–2,1	36
Сабрия	Кувейт	550	1,8	10
Самотлор	Россия	6 500	0,68–0,86	51
Саффания-Хафджи	Саудовская Аравия	3 450	1,8–3,0	83
Тенгиз	Казахстан	1 000	0,5–1,0	8
Уилмингтон	США	410	0,5–2,5	6
Умм-Шаиф	ОАЭ	710	0,5–1,4	7
Феридун-Марджан	Саудовская Аравия / Иран	1 370	2,5	34
Хурсания	Саудовская Аравия	320	2,5	8

Источники: 6, 7.

Газ

Ещё один важный вид серосодержащего сырья – природный газ. Уже в течение двух десятилетий он является важнейшим источником получения серы в мире. Мировые достоверные запасы природного газа, а это почти 150 трлн м³, содержат 3–3,5 млрд т серы.

Месторождения природного газа со значительным содержанием сероводорода встречаются редко. В мире известно всего несколько десятков газовых месторождений, где его концентрация составляет несколько и более процентов, главные из которых находятся в России, Канаде, Мексике, США, Казахстане, Узбекистане, Франции, Иране. Уникальными являются *Астраханское* месторождение в России, *Лак* во Франции (его запасы практически полностью исчерпаны) и *Харматтен-Ист*, *Пантер-Ривер*, *Окотокс* и некоторые другие в Канаде, газ которых содержит более 15% сероводорода. Особо выделяется *Астраханское* месторождение, относящееся к числу уникальных по запасам газа. Астраханский газ содержит в среднем 22,5% сероводорода, а разведанные запасы серы в месторождении составляют 1,5 млрд т, что почти в 1,4 раза превышает объём мировых ресурсов самородной серы.

Высоким содержанием сероводорода довольно часто характеризуется попутный нефтяной газ. Поэтому крупными ресурсами газовой серы обладают также ведущие страны по запасам нефти – Саудовская Аравия, Ирак, Иран, ОАЭ, Кувейт, Венесуэла, Мексика, Ливия и др.

Сульфидные руды

В мировых запасах цветных металлов велика доля сульфидных руд, которые являются ещё одним видом серосодержащего сырья. Они образованы такими серосодержащими минералами как пирит, халькопирит, пирротин, сфалерит, галенит и другие.

Наиболее важными, с точки зрения содержащихся в них полезных компонентов, являются следующие типы сульфидных руд:

- 1) сульфидные медно-никелевые руды. Крупнейшие ресурсы их сосредоточены в *Норильском* и *Печенгском* районах (Россия), районах *Садбери*, *Томпсон* и *Норанда* (Канада), *Камбалда* (Австралия);
- 2) колчеданные полиметаллические (свинцово-цинковые или цинково-свинцовые) руды. Наибольшие запасы этих руд сосредоточены на месторождениях *Салливан* (Канада), *Нью-Миссури* и *Вибурнум* (США), *Серро-де-Паско* и *Антамина* (Перу), *Мак-Артур-Ривер*, *Маунт-Айза* (Австралия), *Цумеб* (Намибия), *Горевское*, *Холоднинское*, *Озёрное* (Россия), *Ситешань* и *Фанькоу* (КНР), в *Восточно-Казахстанском* рудном районе;
- 3) медно-колчеданные руды. Значительными по запасам таких руд являются месторождения Урала (Россия), *Маунт-Морган* (Австралия), *Аитик* (Швеция), *Оутокумпу* (Финляндия).

Помимо вышеперечисленных типов руд, в которых на серу может приходиться до 30% массы (однако в среднем в 2–2,5 раза меньше), некоторые другие их виды иногда содержат значительные количества серы. Среди них можно назвать:

- 1) медно-цинковые руды месторождений *Флин-Флон* и *Кидд-Крик* (Канада), *Прииска* (ЮАР);
- 2) медно-порфиновые руды месторождений *Чукикамата*, *Эль-Сальвадор*, *Эль-Теньенте*, *Рио-Бланко*, *Эль-Абра*, *Эскондида* и прочих в Чили, *Токепала*, *Куахоне*, *Серро-Верде* в Перу, *Чжунтяожань*, *Туньчан* и *Фуцзяу* в КНР, *Бор* в бывшей Югославии, *Коунрадской* и *Алмалыкской* групп соответственно в Казахстане и Узбекистане;
- 3) медистые песчаники *Катанга-Родезийского* (Замбия и Демократическая Республика Конго¹) и *Джезказганского* районов (Казахстан).

Запасы руд всех этих типов огромны. Только запасы медно-порфиновых руд в Чили составляют по меньшей мере 8 млрд т. При содержании серы порядка 10–12% это даёт 900 млн т, что сопоставимо с мировыми ресурсами самородной серы.

Общие ресурсы серы в разведанных рудах металлов измеряются величиной, превышающей 10 млрд т. В то же время необходимо учитывать, что извлечение серы из различных типов руд очень часто экономически невыгодно, поэтому извлекаемые запасы серы в рудах цветных металлов на порядок меньше.

Уголь

Сера часто присутствует в виде примесей в углях. Обычно её содержание находится на уровне десятых долей процента, однако иногда оно существенно выше. Так, уголь *Подмосковного* бассейна содержит до 6% серы, а в *Иркутском* бассейне этот показатель достигает 10%.

Только в приведённых в таблице 3 угольных бассейнах мира, а этот список далеко не полный, содержится свыше 10 млрд т серы в разведанных запасах и в 10 раз больше – в общих.

Правда, извлечение серы из добываемых углей в промышленных масштабах (на уровне 100 тыс. т в год) сейчас осуществляется лишь в Германии и ЮАР, в менее значительных количествах её получают США и Испания. Определённый опыт в данной области имеют также Россия, Украина, Япония и КНР.

¹ Далее – ДРК.

Таблица 3. Содержание серы в некоторых угольных бассейнах мира

	Страна	Содержание серы, %	Запасы серы, млн т	
			разведанные	общие
Аппалачский	США	4,0	4 100	64 000
Альберта	Канада	0,2–0,5	160	800
Боуэн	Австралия	до 0,7	170	...
Витбанк	ЮАР	0,4–1,8	280	560
Донецкий	Украина/Россия	3,0–6,0	2 610	6 350
Иркутский	Россия	8,0–10,0	680	6 840
Канско-Ачинский	Россия	0,3–0,7	410	2 620
Карагандинский	Казахстан	1,0	70	300
Кизеловский	Россия	6–6,5	30	...
Кузнецкий	Россия	0,4–0,6	560	3 190
Латроб-Вэлли	Австралия	до 0,5	200	370
Ленский	Россия	0,2–0,5	18	5 780
Нижнезейский	Россия	0,4	...	15
Нижнерейнско-Вестфальский	Германия	0,5–1,5	200	2 140
Нор – Па-де-Кале	Франция	0,5–2,0	...	60
Пенсильванский	США	до 1,0	90	...
Печорский	Россия	до 1,0	120	1 330
Подмосковный	Россия	6,0	250	1 200
Саарско-Лотарингский	Германия/Франция	2,0	60	...
Северо-Чешский	Чехия	0,5–1,0	70	...
Тунгусский	Россия	0,2–1,0	30	14 100
Южно-Якутский	Россия	0,2–0,4	16	110
Экибастуз	Казахстан	0,5–0,8	65	...

Источник: 6.

Гипс

Огромные ресурсы серы заключены в залежах гипса и ангидрита, довольно широко распространённых во всём мире. Только в мировых разведанных запасах гипса содержится несколько сот миллионов тонн серы. Крупными запасами серы в такой форме располагают Россия, Саудовская Аравия, США, Иран, КНР, Великобритания и некоторые другие страны. В то же время сера из гипса и ангидрита извлекается лишь в Австрии, Саудовской Аравии и Польше в количестве 10–20 тыс. т в год в каждой.

Оценка извлекаемых запасов серы в мире

Выше были рассмотрены основные природные источники получения серы, величина её общих и перспективных запасов в них и их структура. Экономическая эффективность получения серы из тех или иных видов сырья отличается в разы. Одни источники серы доминируют в мире, другие сильно сдали свои позиции за прошедшие десятилетия, третьи, возможно, начнут интенсивно использоваться только лишь следующими поколениями. Поэтому, на наш взгляд, большой интерес представляет оценка извлекаемых запасов серы в основных странах и мире в целом. Таблица 4 отражает основной результат этой оценки, произведённой на основе данных отечественных и зарубежных источников, приводящих качественные характеристики отдельных видов серосодержащего сырья.

Извлекаемые запасы серы в мире оцениваются нами в 20 млрд т. Основную их часть концентрируют 7 стран – Канада, Венесуэла, Россия, Саудовская Аравия, США, Ирак и КНР – на которые приходится 83% мировых запасов, причём доля первых двух составляет 60%. Подавляющая часть ресурсов серы в Канаде и, особенно, в Венесуэле приходится на битуминозные пески, содержащие огромные количества высокосернистой нефти.

Таблица 4. Оценка извлекаемых запасов серы в отдельных странах на конец 1990-х гг., млн т

	Извлекаемые виды серосодержащего сырья						Запасы серы, млн т
	самородная сера	пириты	газ	нефть	сульфидные руды	прочие	
Канада		+	+	+	+	+	8 000
Венесуэла			+	+		+	4 000
Россия	+	+	+	+	+		2 000
Саудовская Аравия		+	+	+		+	1 000
США	+	+	+	+	+	+	600
Ирак	+		+	+			600
КНР	+	+		+	+	+	500
Чили	+				+		350
Польша	+	+				+	300
Испания	+	+			+	+	300
Иран	+	+	+	+			250
Кувейт			+	+			200
Казахстан			+	+	+		200
Мексика	+		+	+	+		170
ОАЭ			+	+			150
ЮАР		+			+	+	100
Япония	+	+			+		40
Франция	+		+				20
Мир в целом	+	+	+	+	+	+	20 000

2.2. ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СЕРЫ

Сера может извлекаться из нескольких видов сырья, и для каждого из них существуют различные технологические цепочки. Рассмотрим наиболее важные из них.

Разработка месторождений серных руд может вестись традиционными для горнодобывающей промышленности методами – открытая и подземная добыча – либо посредством подземной выплавки, технология которой была специально разработана для извлечения из недр самородной серы.

Подземная выплавка, или метод Фраша – скважинный метод добычи серы путём перевода её в жидкое состояние на месте залегания посредством теплоносителя. Метод основывается на сравнительно низкой температуре плавления элементарной серы, составляющей 113–119°C. Впервые предложен Г. Фрашем в 1880 г. в США для разработки серных месторождений Мексиканского залива. Первое предприятие с использованием этого метода введено в эксплуатацию в 1884 г. в штате Луизиана. Метод Фраша используется при разработке крупных месторождений с высоким содержанием серы в руде и благоприятными для данного способа горно-геологическими условиями (наличие водонепроницаемых, достаточно прочных перекрывающих пород). Этот метод, он ещё получил название геотехнологический, наиболее экономичен при добыче самородной серы, несмотря на то, что требует больших расходов воды и топлива.

Технология этого способа добычи заключается в следующем. Продуктивная толща месторождения вскрывается рядом скважин (на расстоянии 50–100 м), оборудованных тремя концентрическими колоннами труб. По внешней трубе в скважину подаётся нагретая до 170°C вода, расплавляющая серу. Для поднятия серы на поверхность в центральную трубу вводится пар или горячий воздух. Поднимающаяся на поверхность по зазору между второй и третьей трубами сера попадает в специальные приемники, где она затвердевает. Такой способ добычи обеспечивает получение серы высокого качества чистотой 99,5–99,9%. Главным недостатком этого метода является возможность извлечения не более половины содержащейся в недрах серы.

С 1912 г. путём подземной выплавки добывается основная часть самородной серы в мире. Этим способом разрабатывались месторождения в США, Польше, Мексике, Ираке и с конца 1960-х гг. в

СССР – *Предкарпатские* и *Гаурдакское*. В течение длительного времени добыча серы этим способом возрастала, достигнув максимума в 14,5 млн т в 1975 и 1980 гг. В 1950–1970-х гг. метод Фраша обеспечивал наибольшую часть мирового выпуска серы. Однако после 1980 г. значение подземной выплавки стало снижаться, во многом из-за истощения месторождений, а также ввиду возрастающей конкуренции дешёвой газовой и нефтяной серы. В настоящее время в значительных количествах методом Фраша серу добывают лишь в Польше, а его вклад в мировое производство сократился с 30% в 1975 г. до 2% в 2001 г.

Добыча самородной серы традиционными методами в значительных количествах производилась раньше в СССР (*Водинское*, частично *Гаурдакское* и *Предкарпатские* месторождения), Польше (до начала 1990-х гг.), Италии, Японии и КНР. Эти методы используются преимущественно для небольших месторождений самородной серы (обычно вулканического происхождения), для крупных они бывают эффективнее метода Фраша только в редких случаях, ввиду особенностей горно-геологических или экономических условий разработки.

Из добытых руд сера может быть извлечена несколькими способами:

- *термическим*, т.е. выплавкой или испарением;
- *экстракционным* – с помощью реагентов;
- *паро-водяным* – в автоклавах;
- *комбинированным*.

Наиболее выгодным и часто используемым является **комбинированный способ**. Он заключается во флотационном обогащении серных руд с последующим извлечением серы из концентрата. Добытая руда доставляется на обогатительные фабрики, где после дробления и измельчения обогащается флотацией. Полученный серный концентрат (65–70% серы) сгущается, после чего из него в автоклавах выплавляется сера, которая после отстаивания от зольных шламов отгружается потребителю в твёрдом или жидком виде.

Сера может быть извлечена **в виде серной кислоты** из пиритных концентратов, получаемых при переработке собственно пиритных или сульфидных руд цветных металлов. Пиритные руды, долгое время являвшиеся важнейшим источником получения серы в целом ряде стран – Японии, Испании, Италии, КНР, Норвегии, Швеции, Португалии – утратили своё значение. Единственным крупным продуцентом пиритной серы в 1990-х гг. была КНР, но и там в конце указанного десятилетия получение серы из пиритных руд стало резко снижаться. В то же время роль сульфидных руд цветных металлов, вследствие всевозрастающей их добычи и проводящейся во многих странах политике комплексного использования сырья, растёт. На рубеже XX и XXI вв. на них приходилось около $\frac{1}{5}$ мирового выпуска серы.

Основной метод обогащения руд, содержащих пирит, – **флотация**. Из колчеданно-полиметаллических руд вначале извлекаются главные минералы цветных металлов, а уже после этого может быть флотирован сам пирит. Во многом из-за этого сера из полиметаллических руд извлекается достаточно редко. Из медно-колчеданных руд пирит может извлекаться в коллективный концентрат с последующим его разделением. Сфалерит-пиритные концентраты разделяются путём перемешивания пульпы в известковой среде в условиях аэрации с активированным углём и флотации сфалерита, а затем – пирита из хвостов цинкового цикла. Переработка пиритных концентратов включает пирротинизирующий обжиг с последующей магнитной сепарацией. После этого происходит окислительный обжиг, в результате которого сера превращается в оксиды, которые могут улавливаться и перерабатываться в серную кислоту.

Всё большее значение получает извлечение серы при переработке газа и нефти. В настоящее время эти источники обеспечивают порядка 60% мирового производства серы. Сероочистка газа и нефти чрезвычайно выгодна по нескольким соображениям. Во-первых, очищенные нефть и газ являются более качественными и, следовательно, более дорогими продуктами. Во-вторых, полученная сера сама по себе

является продуктом, востребованным на внутреннем и мировом рынках, что позволяет увеличить доходы предприятий. И в-третьих, извлечение серы из нефти и газа – это важное природоохранное мероприятие, во многих странах поощряемое на правительственном уровне. Сероочистка осуществляется на оснащенных специальными установками газо- и нефтеперерабатывающих заводах.

Процесс **сероочистки нефти и газа** состоит в следующем. Во время переработки содержащиеся в нефти органические соединения серы переходят в газообразное состояние. Эти газы направляются в гидрогенизирующую установку, в которой эти соединения распадаются, а сера вступает в химическую реакцию с водородом. Затем этот газ, или сырой природный газ, содержащий сероводород, пропускается через абсорбент, в результате чего получается концентрированный сероводород. Затем в специальных установках при особых условиях этот сероводород сжигается, образуя диоксид серы вступает в реакцию с несгоревшим сероводородом с образованием элементарной серы высокой чистоты. При этом извлекается основная часть содержащейся в первоначальном газе серы. Остальное её количество улавливается путём пропускания оставшихся после сжигания газов через конвертеры с катализатором (чаще всего бокситовым, но существует и несколько других видов). Таким образом общее извлечение серы составляет 98% от её содержания в поступающем на переработку газе. Этим же способом может быть получена элементарная сера из отходящих газов на металлургических предприятиях, однако на них обычно производят серу в виде кислоты.

В отдельных странах (Германия, ЮАР) серу получают в процессе **обессеривания углей**. Существует несколько технологий данного процесса, выбор которых зависит от количества содержащейся в углях серы, а также качественных характеристик сырья. При обессеривании углей сера может переводиться в газообразное состояние – летучие оксиды, из которых при необходимости на месте может быть получена серная кислота, или извлекаться в виде обладающего высокой транспортабельностью пиритного концентрата (35–40% S), применяющегося для производства серной кислоты в химической промышленности или в металлургии в качестве добавки при переработке окисленных никелевых руд.

2.3. ДИНАМИКА МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА СЕРЫ

Сера – вещество, издавна известное человеку. Кустарная добыча самородной серы велась в Европе и Азии ещё в дохристианскую эпоху. Промышленная разработка месторождений серосодержащего сырья началась в первой трети XIX в. в Европе. Сначала была интенсифицирована разработка известных с древности месторождений самородной серы в Италии – на о. Сицилия, а позднее для получения цветных металлов и, попутно, серной кислоты стали добываться пириты в Испании. В течение второй половины XIX в. добычу пиритов для производства серной кислоты начали осуществлять ещё несколько европейских стран и США, а в России и Польше были выявлены и вовлечены в разработку месторождения самородной серы.

Огромное значение для развития мировой серной промышленности имело изобретение Г. Фрашем в 1880-х гг. технологии подземной выплавки серы, которая позволяла разрабатывать крупные месторождения самородной серы, залегающие на большой глубине, в т.ч. и в случаях, когда невозможно их освоение с помощью шахт или карьеров. Именно такие месторождения были открыты незадолго до этого в США – соляные купола побережья Мексиканского залива. Промышленная добыча серы методом Фраша началась в США в 1904 г., а уже через десять лет они обогнали Италию, которая до начала XX в. фактически была мировым монополистом в получении самородной серы. В конце 1920-х гг. по добыче серы США опережали Италию в 6 раз, обеспечивая свыше 80% её мирового выпуска. На остальные страны – продуцентов самородной серы тогда насчитывалось более 10 – приходилось чуть больше 3%.

Однако главным источником получения серы вплоть до начала 1940-х гг. были пириты. До 1920-х гг. их добыча была практически полностью сконцентрирована в Европе – за её пределами в значительных объёмах они добывались лишь в США. В самой Европе основным их продуцентом выступала Испания (в начале XX в. её доля составляла примерно 70%), которая являлась также мировым лидером в производстве серы в целом. К Первой мировой войне отрасль выходит за пределы Европы – начинается добыча пиритов в Японии и Канаде, а позднее в ЮАР, СССР, Кипре и Австралии. Но, несмотря на значительное расширение географии, выпуск пиритной серы растёт медленно, и пириты постепенно теряют своё значение основного серосодержащего сырья.

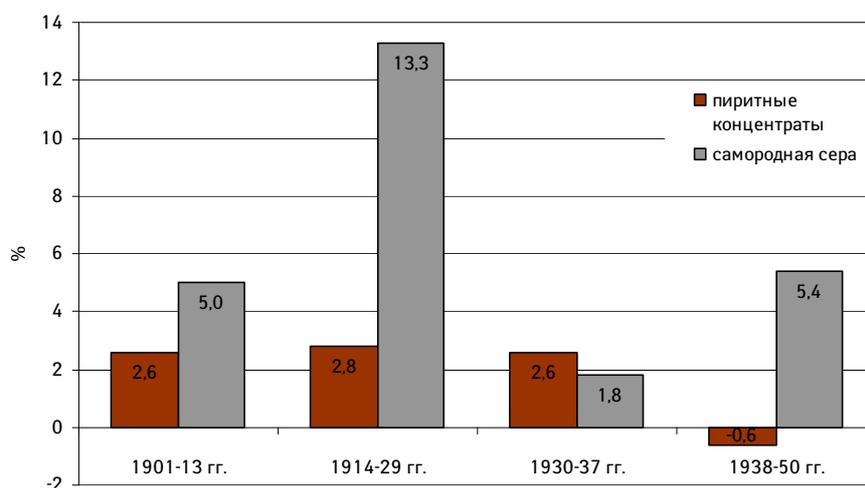


Рис. 2. Темпы роста производства серы в мире в первой половине XX в.

Коренные изменения в структуре производства серы произошли во время Второй мировой войны. Ввиду охвата боевыми действиями основного района добычи пиритов – Испании, Италии и Португалии – выпуск пиритной серы резко сократился. В то же время на работу серных промыслов американского побережья Мексиканского залива война оказала только благоприятное воздействие. Возникший дефицит серы в странах-союзниках и нейтральных государствах удовлетворялся в основном за счёт импорта её из США. В результате добыча самородной серы в мире за 1940–45 гг. выросла на 20%, в т.ч. в США – почти на 40%, а производство пиритных концентратов упало в 2,3 раза. Месторождения природной серы стали основным источником получения её в мире.

После окончания Второй мировой войны добыча серы в мире стремительно возросла – восстанавливающиеся хозяйства европейских стран, СССР, Японии и быстрорастущая экономика США требовали всё большие количества серной кислоты. Кризис в развитых капиталистических странах, и прежде всего в США, в конце 1950-х гг. вызвал некоторое уменьшение мирового производства серы, однако уже в 1960 г. оно вновь стало расти.

В 1960-х – первой половине 1970-х гг. темпы роста мирового производства серы были очень высоки – в среднем 7–8% в год. В этот период началось интенсивное освоение новых способов получения серы – из газа и нефти, которое быстро развивалось в Канаде, Франции, Японии, США, ФРГ и некоторых других странах. Была организована крупномасштабная добыча на месторождениях самородной серы в Польше (*Тарнобже*), СССР (Предкарпатье), Мексики (перешеек Теуантепек).

В то же время география серной промышленности была довольно стабильной. За 1960–1980 гг. единственным значительным изменением в региональной структуре производства серы явилось двукратное увеличение доли СССР, который опередил Зарубежную Азию. Получение серы росло во всех регионах: в одних благодаря открытию и разработке новых месторождений природной серы, в других посредством интенсивного освоения технологий попутного извлечения ее, в третьих благодаря и тому, и другому. Однако в СССР темпы роста были наивысшими – за 1960–70 гг. выпуск серы вырос более чем

в 3 раза, а за следующие десятилетие ещё почти в 2 раза. Это было связано с тем, что в стране развивалось производство серы в разных формах – самородной, пиритной, газовой, нефтяной и прочей.

Таблица 6. Динамика производства серы по регионам в 1960–1980 гг., тыс. т

	1960 г.	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1980 г.
СССР	1 350	2 920	4 780	6 230	8 320
Зарубежная Европа	5 290	7 110	10 050	14 020	14 920
Зарубежная Азия	2 670	3 510	4 820	5 640	7 370
Африка	320	330	490	640	860
Северная Америка	9 060	12 440	15 470	21 100	23 100
Южная Америка	85	160	250	285	430
Австралия и Океания	250	340	435	350	370
Мир в целом	19 025	26 810	36 295	48 265	55 370

Составлено по: 3, 6, 11, 18, 19, 22, 23, 26–28, 30, 31.

Таблица 7. Региональная структура производства серы в 1960–1980 гг. %

	1960 г.	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1980 г.
СССР	7,1	10,9	13,2	12,9	15,0
Зарубежная Европа	27,8	26,5	27,7	29,1	26,9
Зарубежная Азия	14,0	13,1	13,3	11,7	13,3
Африка	1,7	1,2	1,4	1,3	1,6
Северная Америка	47,6	46,4	42,6	43,7	41,7
Южная Америка	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8
Австралия и Океания	1,3	1,3	1,2	0,7	0,7
Мир в целом	100	100	100	100	100

Рассчитано по данным таблицы 6.

При этом значение различных источников получения серы сильно изменилось. На данном этапе самородная сера прошла стадию и максимального веса в общем производстве, и максимальных объёмов добычи. Всё большее значение стала иметь газовая сера и к началу 1980-х гг. она практически сравнялась по своему значению с природной. Начавшееся в развитых странах ужесточение норм чистоты используемого топлива вызвало повышенный интерес к производству серы из нефти. Установками по сероочистке нефти стали оборудоваться заводы не только в промышленно развитых, но и в развивающихся странах. Бурное развитие цветной и чёрной металлургии способствовало росту производства серы из отходящих газов – это сырьё к концу рассматриваемого периода по значимости лишь немного уступало пиритам.

На протяжении последних более чем 20 лет объёмы производства серы в мире остаются в целом стабильными. В 1978–2002 гг. все колебания происходили в диапазоне 52–61 млн т (рис. 3). Это объясняется стабилизацией потребления серы на мировом уровне, что вызвано диверсификацией сфер применения и отсутствием значительных изменений в мировой основной химии, остающейся главной областью использования серы.

В то же время, если рассматривать динамику мирового производства серы в 1980–2000 гг. более детально, то можно выделить несколько этапов, характеризующихся противоположными тенденциями в производстве:

- 1) 1981–1983 гг. На данном этапе происходит резкое снижение объёмов производства серы в мире (на 10% по сравнению с 1980 г.), что связано с мировым энергетическим кризисом, вызвавшим значительный спад в промышленном производстве;
- 2) 1984–1987 гг. Этап быстрого роста выпуска серы в мире, ежегодно увеличивавшегося почти на 5%. Уже в 1985 г. был превышен максимальный показатель 1980 г.;
- 3) 1988–1990 гг. Период стабилизации мирового производства серы. В 1988 г. выпуск серы в мире достиг максимальной за всю историю величины – почти 61 млн т.;

- 4) 1991–1993 гг. Кризис в мировой серной промышленности. Происходит значительное сокращение мощностей по добыче природной серы и пиритов. Общее падение производства за три года составляет 12%, а по отношению к 1989 г. – свыше 15%;
- 5) 1994–1997 гг. Этап характеризуется быстрым ростом выпуска серы в мире. Главными «моторами» выступают Канада, КНР, Россия и страны ОПЕК;
- 6) 1998–2000 гг. На данном этапе продолжается увеличение объёмов производства серы в мире, однако оно весьма умеренное. Основную часть прироста обеспечивает Россия, где быстро растёт выпуск элементарной серы, прежде всего, в связи с вводом новых мощностей на Астраханском газохимическом комплексе.

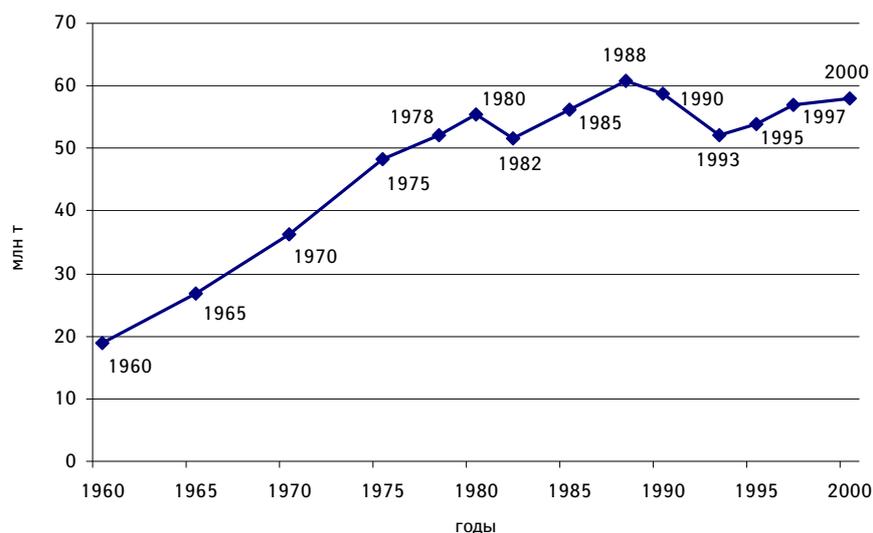


Рис. 3. Динамика производства серы в мире в 1960–2000 гг.

В 2001 г., по предварительным данным, мировое производство серы сократилось, однако говорить о начале нового этапа развития серной промышленности говорить рано, так как эти данные после уточнения могут приобрести совсем иной вид.

За 1980–2000 гг. произошли сильные изменения в географической структуре производства серы. Прежде всего, существенно возросла доля азиатских стран – более чем в 2 раза за рассматриваемый период. На них теперь приходится около $\frac{1}{3}$ мирового производства серы, и эта величина имеет тенденцию к увеличению. Значительно сократилась доля Европы, в результате чего этот регион занимает не второе место в мире, как это было в 1980-х гг., а только лишь четвертое. Несколько уменьшился вклад в производство серы лидирующего региона – Северной Америки – однако он всё ещё значительно больше, чем у занимающей второе место Зарубежной Азии.

Таблица 8. Динамика производства серы по регионам в 1980–2000 гг., тыс. т

	1980 г.	1985 г.	1988 г.	1993 г.	1997 г.	2000 г.
Территория СССР	8 320	8 510	9 750	5 600	5 300	7 950
Зарубежная Европа	14 920	13 870	14 050	8 770	8 090	7 910
Зарубежная Азия	7 370	8 790	11 850	14 200	17 600	16 980
Африка	860	1 050	1 170	930	950	920
Северная Америка	23 100	22 760	22 230	21 290	22 860	21 600
Южная Америка	430	770	1 040	1 000	1 640	2 050
Австралия и Океания	370	450	570	400	500	690
Мир в целом	55 370	56 200	60 660	52 190	56 940	58 100

Источники: 6, 10, 11, 14, 15, 18, 22, 23, 25, 29, 32.

Таблица 9. Региональная структура производства серы в 1980–2000 гг., %

	1980 г.	1985 г.	1988 г.	1993 г.	1997 г.	2000 г.
Территория СССР	15,0	15,1	16,1	10,7	9,3	13,7
Зарубежная Европа	26,9	24,7	23,2	16,8	14,2	13,6
Зарубежная Азия	13,3	15,6	19,5	27,2	30,9	29,2
Африка	1,6	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6
Северная Америка	41,7	40,5	36,7	40,8	40,1	37,2
Южная Америка	0,8	1,4	1,7	1,9	2,9	3,5
Австралия и Океания	0,7	0,8	0,9	0,8	0,9	1,2
Мир в целом	100	100	100	100	100	100

Рассчитано по данным таблицы 8.

Кардинальные сдвиги произошли в структуре производства серы по источникам, основным из которых является теперь природный газ. Доля газовой серы в общем производстве в 2000 г. составила порядка $\frac{1}{3}$ (в 1980 г. – 20%). Однако ещё значительно возросла доля нефтяной серы, которая в настоящее время лишь немного уступает газовой, – до 30% или в 3 раза по сравнению с 1980 г. На третье место выдвинулась сера, получаемая из отходящих газов в металлургии. Её доля в 2000 г. превышала 20%. Закрытие многих пиритных рудников в Китае вызвало снижение роли пиритной серы в мире в целом. В 2000 г. из пиритов было получено 8% серы. Крупными продуцентами природной серы в том же году выступали лишь три страны – Польша, США и Ирак, объёмы добычи в которых значительно снизились за прошедшие годы. В результате доля природной серы в общем производстве составила около 6%.

Таблица 10. Региональная структура производства серы в 1960–2000 гг.

	1960 г.		1970 г.		1980 г.		1988 г.		2000 г.	
	млн т	%								
Территория СССР	1,4	7,1	4,8	13,2	8,3	15,0	9,8	16,1	8,0	13,7
Зарубежная Европа	5,3	27,8	10,1	27,7	14,9	26,9	14,1	23,2	7,9	13,6
Зарубежная Азия	2,7	14,0	4,8	13,3	7,4	13,3	11,9	19,5	17,0	29,2
Африка	0,3	1,7	0,5	1,4	0,9	1,6	1,2	1,9	0,9	1,6
Северная Америка	9,1	47,6	15,5	42,6	23,1	41,7	22,2	36,7	21,6	37,2
Южная Америка	0,1	0,5	0,3	0,7	0,4	0,8	1,0	1,7	2,1	3,5
Австралия и Океания	0,3	1,3	0,4	1,2	0,4	0,7	0,6	0,9	0,7	1,2
Мир в целом	19,0	100	36,3	100	55,4	100	60,7	100	58,1	100

Источники: 3, 6, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 22, 23, 25–32.

Таблица 11. Среднегодовые темпы роста производства серы по регионам в 1961–2000 гг., %

	1961–65 гг.	1966–70 гг.	1971–75 гг.	1976–80 гг.	1981–85 гг.	1986–88 гг.	1989–93 гг.	1994–97 гг.	1998–2000 гг.
Территория СССР	23,3	12,7	6,1	6,7	0,5	4,9	-8,5	-1,3	16,7
Зарубежная Европа	6,9	8,3	7,9	1,3	-1,4	0,4	-7,5	-1,9	-0,7
Зарубежная Азия	6,3	7,5	3,4	6,1	3,9	11,6	4,0	6,0	-1,2
Африка	0,6	9,7	6,1	6,9	4,4	3,8	-4,1	0,5	-1,1
Северная Америка	7,5	4,9	7,3	1,9	-0,3	-0,8	-0,9	1,8	-1,8
Южная Америка	17,7	11,3	2,8	10,2	15,8	11,7	-0,8	16,0	8,3
Австралия и Океания	7,2	5,6	-3,9	1,1	4,3	8,9	-6,0	6,3	12,7
Мир в целом	8,2	7,1	6,6	2,9	0,3	2,7	-2,8	2,3	0,7

Рассчитано по данным таблиц 6 и 8.

2.4. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ТОРГОВЛИ СЕРОЙ

Ввиду несоответствия в размещении сырьевой базы и основных потребителей серы, этот продукт всегда в значительной степени экспортировался.

Во второй половине XIX в. наибольшие масштабы имел экспорт пиритов из Испании и самородной серы из Италии – в Великобританию, Францию, Германию, Бельгию, Нидерланды, США. На рубеже веков крупными экспортёрами серы (в виде серного колчедана) стали Норвегия и Португалия.

В начале XX в. организация крупномасштабной добычи самородной серы в США позволила этой стране практически полностью ликвидировать импорт и начать экспорт её в Европу. В 1920-х гг. число крупных экспортёров серы пополнилось Кипром и Канадой, начавших вывоз пиритовых концентратов.

Мировой экономический кризис 1929–32 гг. вызвал значительное сокращение как производства, так и торговли серой. Однако к концу 1930-х гг. предкризисные показатели были превышены. Крупнейшими поставщиками серы на мировой рынок в тот период являлись Испания (пиритные концентраты) и США (самородная сера). Основными импортёрами были европейские страны, среди которых особенно выделялась Германия с её быстрорастущей экономикой, где, к тому же, создавались крупные запасы стратегического сырья в преддверие надвигающейся войны.

Во время Второй мировой войны торговля серой была представлена в основном экспортом её из США в страны-союзники. Восстановление серной промышленности в послевоенные годы сопровождалось возвращением на мировой рынок экспортёров, пострадавших от войны – Испании, Норвегии, Португалии, Кипра, Италии.

В 1950-х гг. в торговле серой происходили значительные изменения. Ряд важнейших импортёров пополнился Советским Союзом, которому не хватало собственных ресурсов этого сырья. В середине 1950-х гг. в число крупных экспортёров серы вошла Мексика, начавшая разработку богатых месторождений, а в 1959 г. вывоз элементарной серы, получаемой при переработке газа, начала Франция, которая сразу же вошла в десятку крупнейших экспортёров серы (во всех формах) в мире. Это привело к тому, что к 1960 г. основная часть вовлекаемой в международную торговлю серы стала представлена её элементарной формой, а не пиритной, как было раньше.

Следующее десятилетие также было ознаменовано серьезными изменениями во внешней торговле серой. В начале 1960-х гг. начали крупные поставки серы на мировой рынок Польша и, особенно, Канада, которая уже в 1964 г. заняла третье место в мире по экспорту. В 1968 г. эта страна вышла на первое место в мире, опередив США, и остаётся на нём до сих пор. Экспорт из Польши резко возрос во второй половине 1960-х гг. в связи с началом применения на её месторождениях более эффективных методов добычи. С середины 1960-х гг. стали сокращаться абсолютные объёмы торговли пиритной серой, что было вызвано значительным расширением предложения на рынке более дешёвой и удобной в использовании элементарной серы.

Долгое время экспортёры элементарной серы были в худшем положении в отношении транспортабельности своего товара по сравнению с поставщиками пиритного концентрата. Транспортные расходы составляли более половины стоимости импортной серы, а транспортировка пиритов была намного более эффективной, чем серы в чистом виде. Но на рубеже 1950-х и 1960-х гг. были созданы специально оборудованные танкеры для перевозок серы в жидком виде, что резко понизило транспортные расходы, а следовательно, и общую стоимость элементарной серы для потребителей.

В начале этого периода из числа крупных импортёров серы выбыл Советский Союз, где значительно увеличилось собственное производство. С другой стороны, их ряд пополнился Индией, Бразилией, Австралией и Республикой Корея, развивавшими комплекс отраслей химической промышленности, и странами Северной Африки, где создавалось крупное производство фосфорных удобрений, для производства которых требуются большие количества серной кислоты.

В 1970-е гг. объёмы международной торговли серой продолжали увеличиваться. Рос экспорт из Канады и Польши, начались поставки из Ирака. Импорт увеличивался как со стороны промышленно развитых стран, исключение составили кризисные 1974 и 1975 гг., так и со стороны развивающихся, во

многих из которых началось или продолжалось создание собственной химической промышленности (особенно после мирового энергетического кризиса).

В 1980-е гг. внешняя торговля серой колебалась вместе с конъюнктурой мирового рынка. Изменения её объёмов определялись действием двух основных факторов:

- снижением спроса со стороны стран Западной Европы и Японии, в которых происходило уменьшение общего потребления серы и, параллельно, рост собственного попутного производства её;
- расширением спроса на серу в развивающихся странах, особенно Индии, Бразилии, Марокко, Тунисе, вызванным, прежде всего, развитием добычи фосфатов и производства фосфорных удобрений.

С конца 1980-х гг. происходят существенные сдвиги в географической структуре мировой торговли серой, обусловленные разными факторами. Наиболее существенное влияние на рынок оказывают следующие из них:

- весьма активное расширение выпуска серы, избыток её предложения на мировом рынке;
- обострение конкуренции (в основном, ценовой), быстрое снижение конкурентоспособности производства и экспорта серы, выпускаемой в качестве основного продукта;
- расширение номенклатуры международной торговли серой (развитие торговли серой в гранулированном и жидком видах);
- существенное снижение потребления серы в странах СНГ, инициированное процессами кардинальной перестройки экономической системы в них;
- усиление международного сотрудничества, увеличение числа совместных проектов и установление долгосрочных отношений;
- сохранение поступательного развития мирового спроса на серу;
- ужесточение экологических требований к технологиям производства в промышленности и к вредным выбросам в моторном топливе.

В результате комплексного воздействия этих факторов географическая структура мировой внешней торговли элементарной серой к настоящему периоду существенно изменилась по сравнению с первой половиной 1990-х гг.

Для международной торговли серой характерен весьма высокий уровень концентрации, как по странам-экспортёрам, так и по странам-импортёрам этого продукта.

Важнейшим регионом-экспортёром элементарной серы, на долю которого приходится более 40% мирового экспорта этого продукта, является Северная Америка. Среди стран-экспортёров лидирующие позиции уверенно сохраняет Канада (около 35% мирового экспорта), однако её доля постепенно снижается – из-за активного расширения поставок странами СНГ, Ближнего и Среднего Востока.

Во второй половине 1990-х гг. значительно укрепились позиции на мировом рынке стран СНГ, прежде всего, России, которая сейчас является вторым по значению мировым экспортёром серы, тогда как в начале 1990-х гг., в составе СССР, была её нетто-импортёром. Также значительно вырос экспорт серы из Казахстана.

Существенно увеличились отгрузки серы на мировой рынок странами Персидского залива, особенно Саудовской Аравией и ОАЭ, наращивающими свои мощности по очистке добываемых нефти и газа от примесей серы. В то же время Ирак, располагающий большими мощностями по производству серы методом Фраша (1 млн т в год), а также извлечению её из попутного нефтяного газа, из-за режима международных санкций прекратил экспорт.

Увеличивает экспорт серы Япония, что связано не столько с ростом её выпуска, сколько с сокращением производства серной кислоты в стране и, соответственно, снижением потребностей в сере, что создаёт возможности для переориентации поставок на внешний рынок.

Экспорт элементарной серы странами ЕС увеличивается, однако он в значительной мере ориентирован на внутрорегиональный рынок. Польша, которая в начале 1990-х гг. была вторым экспортёром серы в мире, сократила поставки почти в 5 раз.

Таблица 12. Динамика и географическая структура экспорта элементарной серы в 1991–98 гг., тыс. т

	1991 г.	1993 г.	1995 г.	1998 г.
Мир в целом	14 820	11 970	15 620	15 090
Бывший СССР	150	500	2 300	2 050
Россия	-	300	2 130	1 770
Казахстан	-	120	130	220
Зарубежная Европа	5 520	3 800	3 350	2 840
Германия	680	790	800	1 080
Польша	4 100	2 260	1 640	830
Франция	370	480	610	510
Нидерланды	140	170	170	210
Зарубежная Азия	1 340	2 070	2 370	3 260
Саудовская Аравия	450	860	1 140	1 300
Япония	360	390	650	1 080
Республика Корея	10	20	60	260
ОАЭ	190	150	150	170
Кувейт	-	110	110	120
Иран	170	180	50	70
Африка	20	10	10	50
Северная Америка	7 500	5 330	7 360	6 640
Канада	5 300	4 190	6 020	5 140
США	840	540	800	890
Мексика	1 340	580	530	590
Южная Америка	5	5	5	5
Австралия и Океания	290	260	240	250
Австралия	290	250	240	250

Источники: 16, 17.

Африка по-прежнему остаётся крупнейшим регионом-импортёром элементарной серы, её доля составляет в настоящее время около 30%, что, правда, несколько ниже, чем в середине 1990-х гг. По объёмам импорта здесь и в мире лидирует Марокко (2,5–3 млн т в год); Тунис (1,5–1,7 млн т в год), длительное время являвшийся вторым по значению импортёром элементарной серы в мире, в последние два-три года уступил своё место КНР.

Импорт элементарной серы странами Азии за последние 10 лет увеличился более чем в 2 раза. Это связано, прежде всего, с масштабными закупками её КНР, где с 1998 г. происходит переориентация химических предприятий на использование элементарной серы вместо собственной пиритной. В 2000 г. объём импорта серы Китаем достиг 2,5 млн т; растёт её ввоз в Индию, Индонезию и некоторые другие страны региона.

Таблица 13. Региональная структура импорта элементарной серы в 1991–98 гг., %

	1991 г.	1993 г.	1995 г.	1998 г.
Бывший СССР	5,3	7,4	6,2	6,9
Зарубежная Европа	19,1	12,9	13,2	11,6
Зарубежная Азия	18,8	20,0	20,5	25,1
Африка	25,1	32,3	31,2	29,9
Северная Америка	22,3	16,4	17,5	14,3
Южная Америка	8,3	9,2	8,8	9,6
Австралия и Океания	1,1	1,8	2,6	2,6
Мир в целом	100	100	100	100

Источники: 16, 17.

Импортные потребности в сере некоторых западноевропейских стран (Бельгия, Великобритания и др.) весьма стабильны по объёмам и удовлетворяются преимущественно за счёт внутрирегиональных поставок, а также ввоза из Восточной Европы и СНГ.

В настоящее время можно выделить пять межрегиональных и три внутрирегиональных внешне-торговых потока элементарной серы:

- из Северной Америки в Азию;
- из Северной Америки в Южную Америку;
- из стран СНГ в Северную Африку;
- из стран Ближнего и Среднего Востока в Северную Африку;
- из стран Ближнего и Среднего Востока в США;
- внутризападноевропейский;
- внутрисевероамериканский;
- внутриазиатский.

Ставшая в последние годы хронической несбалансированность мирового рынка элементарной серы и периодическое возникновение избыточного предложения во многом обусловлены быстрым расширением производства дешёвой попутной газовой и нефтяной серы, выпуск которой носит непрерывный характер и никак не зависит от текущей конъюнктуры рынка серы. В то же время потребности мировой химической промышленности в сере (основные её потребители – заводы, в производственном цикле которых имеется производство серной кислоты), хотя и имеют тенденцию к росту, однако развиваются далеко не равномерно во времени и пространстве и существенно отстают по своим темпам от производства серы. Всё это обуславливает скачкообразный характер развития внешней торговли серой.

2.5. ОТРАСЛЕВАЯ И ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОТРЕБЛЕНИЯ СЕРЫ

Элементарная сера и сера, как химический элемент входящая в огромное число продуктов, имеют широчайшую сферу применения. Областей её потребления насчитывается более 70, что обусловлено спросом на многообразные продукты переработки серы. Тем не менее, основная часть серы (как элементарной, так, естественно, и «связанной») перерабатывается и затем уже потребляется в форме серной кислоты. На производство серной кислоты идет около 90% всей вырабатываемой серы.

Основная часть серной кислоты потребляется в производстве химической продукции сельскохозяйственного назначения. Приблизительно 50–60% её используется в промышленности фосфорных удобрений. По данным американской статистики, сельскохозяйственное назначение имеет ещё около 10% потребляемой серы, идущей в производство азотных удобрений в виде кислоты и в элементарной форме как добавка к средствам подкормки растений. Важными сферами потребления серы являются другие отрасли химического комплекса (например, производство синтетического каучука), нефтеперерабатывающая промышленность, добыча и переработка руд металлов, главным образом меди. Она используется также в целлюлозно-бумажной, стекольной, текстильной промышленности, производстве взрывчатых веществ, спичек и т.д.

Вплоть до конца 1980-х гг. доля серы, идущей на производство удобрений, росла. Это объяснялось, с одной стороны, расширением спроса на них, а с другой – заменой в промышленном секторе под воздействием НТП некоторых продуктов или технологий на более дешёвые или не требующие серы. Фактором снижения темпов роста потребления серной кислоты в промышленности также послужили меры по охране окружающей среды, принимаемые ещё с конца 1980-х гг. в ряде промышленно развитых стран. Это коснулось, например, технологий производства двуокиси титана (переход на обратное

использование кислоты или некислотные технологические циклы) и фтористоводородных соединений (в соответствии с положениями «Монреальского протокола» и «Токийского протокола»).

С увеличением выпуска цветных металлов и распространением новых технологий электролиза меди, никеля и кобальта наметилась тенденция роста доли потребления серы для промышленных нужд. Кроме того, в современных условиях (при низких мировых ценах на серу, её избыточном предложении и более совершенных технологиях) открылась реальная возможность широкомасштабного использования серы в нетрадиционных сферах её потребления – промышленном и дорожном строительстве (серобетоны и сероасфальты).

Изменения в структуре потребления серы по сферам использования можно проследить на примере США (табл. 14).

Таблица 14. Динамика основных сфер потребления серы в США, % от общего объема потребления

	1969 г.	1978 г.	1985 г.	1993 г.	2000 г.
Удобрения, пестициды и прочие сельскохозяйственные химикаты	48,7 ¹	61,2	64,5	62,3	63,4
в т.ч. фосфорные удобрения	...	54,4	59,4	54,9	52,2
Нефтепереработка, продукты из угля	2,1	7,0	6,9	6,7	14,4
Добыча и переработка руд цветных металлов	4,0	6,1	2,8	5,2	5,3
Краски и красители	4,9	2,6	1,6	2,7	1,7
Целлюлозно-бумажная продукция	4,0	2,3	2,2	2,1	1,0
Пластмассы, каучук, химические волокна и другие синтетические продукты	6,2	2,8	2,3	6,4	0,7
Синтетические моющие средства	... ²	2,4	1,6	1,0	0,4
Взрывчатка	2,8	0,1	0,2	0,1	0,1
Производство батарей	... ²	0,5	0,5	0,2	0,1
Чёрная металлургия	1,4	2,4	0,5	0,2	0,1
Лекарства и продукты питания	... ²	0,8	1,0	0,1	0,0
Прочее ³	26,0	11,8	16,7	13,1	12,9

¹ Только удобрения.

² Включено в «Прочее».

³ Включая неопределённые сферы использования.

Источники: 21, 22, 32.

Видимое мировое потребление серы (без учёта движения запасов) соответствует объёмам её производства и составляет в последние годы около 55–60 млн т в год. Объёмы реального среднегодового потребления в последние годы были несколько ниже и не превышали 55 млн т, а складские запасы серы (они сосредоточены, главным образом, в Канаде и США) достигли 20 млн т.

Крупнейшим мировым потребителем серы являются США; среднегодовые объёмы видимого потребления её в США на рубеже XX и XXI вв. составляют 13–14 млн т или почти $\frac{1}{4}$ от мирового уровня.

Северная Америка в целом является крупнейшим регионом-потребителем серы, на который приходится примерно 35% мирового потребления. Однако необходимо учитывать, что часть видимого потребления Канады на протяжении нескольких последних лет представляла собой перевод извлекаемой серы в запасы (в целях недопущения обвала рынка).

Быстрорастущий азиатский рынок серы потребляет сейчас уже почти четверть производимого в мире продукта, а рынок КНР по своей ёмкости уступает только США. Существенную роль в Азии играет Япония, являющаяся крупным потребителем серы и одновременно важным её нетто-экспортёром. Растёт использование серы в Индии, располагающей большим потенциалом для дальнейшего его увеличения, как в сфере производства химических удобрений, так и в прочих отраслях.

Западноевропейский рынок серы (10–11% совокупной ёмкости мирового рынка) является весьма консервативным, со сложившейся структурой внутрирегиональных и внешних поставок.

В странах Восточной Европы и СНГ, являвшихся до 1990-х гг. одним из важнейших потребителей серы, в настоящее время наблюдается восстановление спроса на неё, который, впрочем, всё ещё очень

далёк от уровня конца 1980-х гг. Это, прежде всего, касается России. Однако следует учитывать, что конечное потребление серы в этих странах значительно ниже, поскольку она поставляется на экспорт в виде химической продукции.

Крупными потребителями по-прежнему выступают африканские страны-производители фосфорных удобрений: Марокко, Тунис, ЮАР. В Южной Америке объёмами потребления серы выделяется ведущая региональная держава – Бразилия.

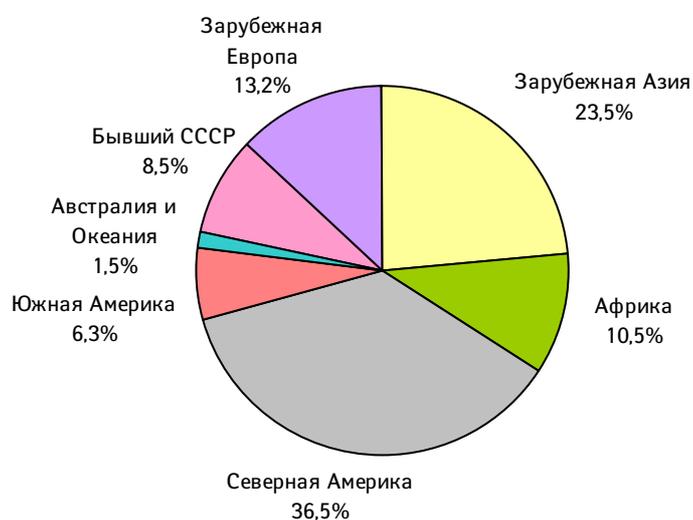


Рис. 4. Географическая структура потребления серы в 2000 г.

3. ГЕОГРАФИЯ МИРОВОЙ СЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

3.1. СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА

На протяжении 60 лет Северная Америка является важнейшим регионом мировой серной промышленности. Несмотря на то, что её значение не столь велико, как это было, например, в 1960-х гг., она по-прежнему занимает первое место по выпуску серы, обеспечивая почти 40% мирового производства. Этому способствует наличие разнообразных источников сырья и ёмкий внутренний рынок.

Серная промышленность региона прошла длительный путь развития. Она зародилась во второй половине XIX в. в виде добычи пиритов в США, несколько позднее там же началась разработка месторождений самородной серы. Однако сейчас из этих источников сера здесь не производится.

Извлекаемые запасы серы выявлены в ряде стран Северной Америки (табл. 15).

Таблица 15. Ресурсы серы в странах Северной Америки

	Извлекаемые виды серосодержащего сырья					
	самородная сера	пириты	газ	нефть	сульфидные руды	прочие ¹
Гватемала	+					
Канада		+	+	+	+	+
Коста-Рика	+					
Куба		+				
Мексика	+		+	+	+	
Сальвадор	+					
США	+	+	+	+	+	+
Тринидад и Тобаго				+		

¹ Битуминозные пески и сланцы, гипс, ангидрит, уголь.

Примечание. Выделены страны с наибольшими извлекаемыми запасами.

Источники: 2, 3, 6, 30, 31.

Наиболее значительные ресурсы серы сосредоточены в Канаде, следом идут США и Мексика. В остальных странах запасы в сумме не превышают 20 млн т.

Выпуск серы в регионе на протяжении почти трёх десятилетий превышает 20 млн т в год. Основную его часть обеспечивают США и Канада – мировые лидеры в производстве серы. В значительных количествах серу получают в Мексике. Ещё в нескольких странах (Куба, Тринидад и Тобаго, Багамские Острова, Нидерландские Антильские острова) выпуск серы находится на уровне, не превышающем 50 тыс. т в год.

Около 85% производства составляет газовая и нефтяная сера. Доля первой несколько выше, однако имеет тенденцию к сокращению. Более 10% приходится на серу, извлекаемую в виде кислоты из отходящих газов в металлургии, оставшиеся 5% – сера из битуминозных песков.

Таблица 16. Динамика производства серы в Северной Америке в 1960–2000 гг., тыс. т

	1960 г.	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1980 г.	1985 г.	1988 г.	1993 г.	2000 г.
Канада	910	2 450	4 900	7 417	8 551	8 924	8 974	8 430	9 946
Мексика	1 348	1 586	1 441	2 254	2 504	2 186	2 388	1 666	1 325
США	6 767	8 345	9 020	11 259	11 866	11 609	10 746	11 060	10 310
Прочие	35	60	110	170	180	40	120	135	140
Регион в целом	9 060	12 440	15 470	21 100	23 100	22 760	22 230	21 290	21 720

Источники: 14, 20, 22, 23, 26–29, 32.

Таблица 17. Среднегодовые темпы роста производства серы в Северной Америке в 1961–2000 гг. в сравнении с другими регионами, %

	1961– 65 гг.	1966– 70 гг.	1971– 75 гг.	1976– 80 гг.	1981– 85 гг.	1986– 88 гг.	1989– 93 гг.	1994– 97 гг.	1998– 2000 гг.
Северная Америка	7,5	4,9	7,3	1,9	-0,3	-0,8	-0,9	1,8	-1,8
Территория СССР	23,3	12,7	6,1	6,7	0,5	4,9	-8,5	-1,3	16,7
Зарубежная Европа	6,9	8,3	7,9	1,3	-1,4	0,4	-7,5	-1,9	-0,7
Зарубежная Азия	6,3	7,5	3,4	6,1	3,9	11,6	4,0	6,0	-1,2
Африка	0,6	9,7	6,1	6,9	4,4	3,8	-4,1	0,5	-1,1
Южная Америка	17,7	11,3	2,8	10,2	15,8	11,7	-0,8	16,0	8,3
Австралия и Океания	7,2	5,6	-3,9	1,1	4,3	8,9	-6,0	6,3	12,7
Мир в целом	8,2	7,1	6,6	2,9	0,3	2,7	-2,8	2,3	0,7

Рассчитано по данным таблиц 6 и 8.

На Северную Америку приходится 45% мирового экспорта и 14% импорта серы. Основная часть экспорта обеспечивается Канадой, уже несколько десятилетий являющейся крупнейшим поставщиком серы на мировой рынок – её доля на нём превышает $\frac{1}{3}$. Около 70% регионального импорта серы приходится на США.

Главным потребителем серы в регионе являются США, где основная сфера применения производимой из неё серной кислоты – промышленность по производству фосфорных удобрений, в которой Соединённым Штатам принадлежит мировое лидерство. В этой области в Северной Америке (производство фосфорных удобрений развито также в Мексике) расходуется половина потребляемой серы. Другими важными областями применения являются нефтехимия, азотная промышленность, производство различных сельскохозяйственных химикатов, переработка медных руд.

США

Серная промышленность в США имеет более чем столетнюю историю. Именно здесь эта отрасль достигла наивысшего развития, благодаря чему Соединённые Штаты уже 80 лет являются мировым лидером в производстве серы.

Долгое время серная промышленность США опиралась только на собственную сырьевую базу. Однако начиная с 1970-х гг. всё большее значение приобретает получение серы из импортируемого сырья, и прежде всего нефти. К настоящему времени импортная сырьевая база практически сравнялась по значимости с собственной.

Запасы самородной серы в США в конце 1990-х гг. определялись в 55 млн т, из них 40 млн т – доказанные. Содержание серы в рудах колеблется от 15 до 25%. Первое месторождение в сероносной провинции *Мексиканского залива* – *Сульфур* в штате Луизиана – открыто в 1867 г. при бурении на нефть, в *Западно-Техасском* бассейне – в 1950-х гг. Наиболее крупными по запасам были месторождения *Гранд-Айл*, *Гарден-Айленд*, *Кеминейд-Пас-Дом*, *Сульфур* в штате Луизиана, *Болинг*, *Спидлтоп*, *Лонг-Пойнт*, *Хоскинс-Маунд* и *Пекос-Каунти* в Техасе. Всего выявлено около 30 сероносных соляных куполов. Общие начальные запасы серы в них составляли 400 млн т, в т.ч. извлекаемые – 250 млн т.

Помимо крупных месторождений Техаса и Луизианы, известны небольшие залежи вулканической серы в Калифорнии и Неваде.

Примерно 65 млн т серы заключено в сульфидных рудах цветных металлов – преимущественно в штатах Юта, Аризона, Нью-Мексико, Айдахо, Миссури. В 20 млн т оцениваются запасы серы в разведанных газовых месторождениях. Наиболее сернистыми газами располагают штаты Алабама, Флорида, Миссисипи, Вайоминг, Юта и Монтана. Около 10 млн т серы содержится в месторождениях нефти, главным образом в Калифорнии.

До начала XX в. серная промышленность США опиралась на добычу пирита и использование отходящих металлургических газов. Но в 1900-х гг. произошел качественный сдвиг в производстве серы – в промышленных масштабах началась добыча серы методом подземной выплавки из соляных куполов

Мексиканского залива. Спустя 20 лет американское побережье Мексиканского залива становится главным районом мировой серной промышленности.

В дальнейшем добыча самородной серы достаточно динамично развивалась до середины 1970-х гг. (если не считать кризисов 1929–32 гг. и конца 1950-х гг.). Максимум её был отмечен в 1974 г., после чего началось снижение. Однако вплоть до мирового энергетического кризиса 1980–82 гг. оно компенсировалось увеличением выпуска серы из других источников сырья, прежде всего, нефти и газа. В 1979 г. получение серы в США составило 12,1 млн т – максимальный за всю историю показатель. Потом её выпуск снизился, но находился в пределах 10–11,5 млн т в год.

Значительные изменения происходили в структуре производства серы (табл. 18).

Таблица 18. Динамика производства серы по источникам в США, тыс. т

	1975 г.	1979 г.	1982 г.	1986 г.	1990 г.	1995 г.	2000 г.
Самородная сера	7 211	6 357	4 210	4 043	3 730	3 150	900
Пириты	237	400	265	¹	¹	–	–
Газ	1 342	1 760	1 960	2 246	2 340	2 210	2 020
Нефть	1 627	2 310	2 444	3 570	4 200	5 040	6 360
Металлургические газы	767	1 167	828	919	1 290	1 400	1 030
Неопределённый	75	107	80	309	4	–	–
Всего	11 259	12 101	9 787	11 087	11 560	11 800	10 310

¹ Включено в «Неопределённый».

Источники: 22, 32.

К началу 1990-х гг. в США прекратилось производство пиритных концентратов при переработке сульфидных руд цветных металлов (добыча собственно пирита завершилась гораздо раньше). В 2000 г. был остановлен последний рудник по добыче самородной серы, хотя ещё в 1995 г. на неё приходилось свыше четверти американского производства серы. Прекращение добычи природной серы связано как со значительно выросшими издержками в условиях снижения мировых цен, так и с сильным истощением запасов. Несмотря на то, что многие месторождения Техаса и Луизианы ещё содержат значительные ресурсы серы, они не могут быть извлечены методом подземной выплавки – единственным возможным в настоящее время способом их разработки.

Канада

Серная промышленность Канады опирается на отлично развитую сырьевую базу. Обеспеченность извлекаемыми запасами составляет несколько сот лет. Огромные ресурсы серы заключены в битуминозных песках бассейна *Атабаска* (месторождения *Атабаска*, *Пис-Ривер* и др.). Разведано около 170 млрд т песков, содержащих 4–5% серы.

Значительные запасы серы заключены в газовых месторождениях. Среди них есть ряд уникальных по содержанию сероводорода – более 20%, а на месторождении *Пантер-Ривер* оно достигает 84%! В провинции Альберта выявлены ресурсы высокосернистой нефти. Также Канада располагает доказанными запасами пирита в 70 млн т и значительными ресурсами сульфидных руд (медно-никелевых, полиметаллических, медных), основная часть которых связана с уникальным по масштабам комплексным оруденением в районе *Садбери*.

Серная промышленность Канада начиналась с улавливания отходящих газов на медно-никелевых заводах в Садбери и добычи пирита. Однако производство серы длительное время было не очень большим. Перелом наступил в 1950-х гг. в связи с началом выпуска газовой серы.

Первый завод по извлечению серы из газа вступил в строй в 1951 г. Спустя 30 лет в Канаде действовало 50 установок суммарной мощностью 10 млн т серы в год, из которых 47 располагались в провинции Альберта и 3 – в Британской Колумбии. Уже в середине 1960-х гг. Канада вошла в число ведущих мировых производителей серы и захватила лидерство в производстве серы из газа, которое сохраняет до сих пор. Крупнейшие установки по получению серы находятся в провинции Альберта – Рем-

Ривер (мощность 1,7 млн т в год), Кейбоб (1,3 млн т в год), Уотертон (1,1 млн т в год) и Кросфилд (0,65 млн т в год).

На газовую серу приходится около $\frac{3}{4}$ производства серы в Канаде. Остальное составляет сера, извлекаемая из металлургических газов, битуминозных песков и нефти. Попытки извлечения нефти из битумов месторождения *Атабаска* предпринимались в 1936–47 гг. Промышленное их освоение началось в 1967 г., но долгое время объёмы извлекаемой из них серы были невелики и находились на уровне 0,2 млн т в год или чуть больше 2% канадского производства. Ситуация изменилась в 1990-х гг. Ввиду высоких цен на нефть битуминозные пески стали важным источником получения нефти и, попутно, серы. Это направление в производстве серы имеет наилучшие перспективы.

Потребление серы в Канаде существенно выросло. Если в начале 1980-х гг. на экспорт отправлялось 80% произведенной серы, то к концу 1990-х гг. этот показатель, несмотря на увеличение выпуска, снизился до 60%. Это связано как с ростом экспорта серной кислоты, так и с развитием собственной химической промышленности.

Мексика

Мексика располагает значительными запасами природной, нефтяной и газовой серы, а также сульфидными рудами цветных металлов.

Разведанные запасы самородной серы в Мексике составляют 70 млн т при содержании её в рудах до 50%. Основные месторождения приурочены к соляным куполам на перешейке Теуантепек, которых открыто около десятка. Крупнейшее месторождение с запасами 35 млн т находится к западу от г. Минатитлан. Имеются месторождения в северной части побережья Мексиканского залива (*Мадеро*) и в горных районах Восточной Сьерры-Мадре (*Уаскама*, вулканического происхождения).

В незначительных количествах сера добывалась в Мексике ещё в XIX в., однако на мировой рынок страна вышла лишь в середине 1950-х гг. Это было связано с началом разработки в 1953 г. методом Фраша крупных серных месторождений. Основным районом добычи были серные залежи *Ялтипан*, занимающие территорию 90 тыс. км² в штате Веракрус. Вместе с серой на некоторых месторождениях добывалась поваренная соль, что повышало рентабельность производства. Однако, несмотря на это, добыча природной серы была прекращена в 1993 г. в связи с ростом издержек.

Основная часть серы в Мексике производится при переработке нефти и, в меньшей степени, газа. Примерно треть приходится на серу, извлекаемую в металлургии.

Мексика традиционно является крупным экспортёром серы. В середине 1980-х гг. на экспорт отправлялось 60% производимой серы, за следующие 10 лет этот показатель снизился в 2 раза, что, однако, не мешает ей оставаться в десятке ведущих мировых экспортёров этого сырья.

3.2. ЗАРУБЕЖНАЯ АЗИЯ

Серная промышленность Зарубежной Азии характеризуется широчайшей географией, использованием многих видов сырья, длительной положительной динамикой производства и потребления серы, приведшей к резкому изменению роли региона в данной отрасли на мировом уровне.

Крупнейшие ресурсы природной серы сосредоточены в Ираке, занимающем первое место в мире по их величине. Значительными прогнозными запасами обладает Афганистан – в случае проведения более детальных геологоразведочных работ он, вероятно, может занять место в ряду ведущих стран по ресурсам самородной серы.

По запасам пиритов лидируют Саудовская Аравия и Китай. Значительны их запасы в Японии, Турции, Индии и Непале.

Чрезвычайно богаты серой страны Персидского залива (Саудовская Аравия, Ирак, Иран, Кувейт, ОАЭ, в меньшей степени Катар, Оман и Бахрейн). Её запасы здесь приурочены к гигантским месторождения нефти и газа, прежде всего попутного нефтяного, в которых содержание серы часто достигает больших значений.

Запасы серы в сульфидных рудах большей частью сконцентрированы в КНР.

Из прочих видов серосодержащего сырья следует отметить крупные залежи гипса в Саудовской Аравии и сланцев в Китае.

Сводная характеристика сырьевой базы азиатских стран представлена в таблице 19.

Таблица 19. Ресурсы серы в странах Азии

	Извлекаемые виды серосодержащего сырья					
	самородная сера	пириты	газ	нефть	сульфидные руды	прочие ¹
Афганистан	+					
Бахрейн			+	+		
Индия	+	+	+	+	+	
Индонезия	+			+		
Иордания	+					
Ирак	+		+	+		
Иран	+	+	+	+	+	
Катар			+	+		
Кипр		+				
КНДР		+				
КНР	+	+		+	+	+
Кувейт			+	+		
Лаос		+				
Непал		+				
ОАЭ			+	+		
Оман			+	+	+	
Республика Корея		+				
Саудовская Аравия	+	+	+	+		+
Сирия			+	+		
Турция	+	+			+	
Филиппины	+	+			+	
Япония	+	+			+	+

¹ Битуминозные пески и сланцы, гипс, ангидрит, уголь.

Примечание. Выделены страны с наибольшими извлекаемыми запасами.

Источники: 2, 3, 6, 30, 31.

В небольших количествах самородная сера добывалась в Азии (в Китае и Японии) ещё в XIX в. Однако в значимых объёмах сера стала производиться только в начале XX в. в быстро развивающейся Японии, где начали осваиваться крупные месторождения пиритов. Во второй половине 1930-х гг. эта страна стала третьим по величине продуцентом серы в мире, уступая лишь США и Испании, что было во многом связано с милитаризацией хозяйства Японии ввиду подготовки к войне. Крупным производителем пиритной серы в 1930-х гг. стал Кипр.

Вторая мировая война нанесла значительный ущерб серной промышленности региона. Резко уменьшилась добыча пиритов в Японии, практически прекратилось производство серы в Китае и Кипре. Однако уже к 1950 г. объём выпуска серы в Азии достиг предвоенного уровня.

В 1950–1960-х гг. основную часть прироста регионального производства серы обеспечивала Япония: сначала за счёт интенсивной разработки месторождений пиритов, позднее посредством получения серы из других источников – в металлургии и нефтепереработке. Однако темпы роста замедлялись, в других странах они также были невелики, поэтому доля Азии в мировом производстве серы к началу 1970-х гг. сократилась.

В 1970-е гг. серная промышленность региона получила толчок к развитию. Развитие экономики стран-экспортёров нефти, ускорившееся после энергетического кризиса 1973 г. и проявившееся в том числе и в создании крупной нефтеперерабатывающей промышленности, позволило наладить выпуск серы из нефти и попутного нефтяного газа. Началась добыча самородной серы в Ираке. Во второй половине 1970-х гг. начался быстрый рост в химической промышленности КНР, вызвавший развитие там производства серы.

Таблица 20. Динамика производства серы в Зарубежной Азии в 1960–1980 гг., тыс. т

	1960 г.	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1980 г.
Бахрейн	–	–	–	25	33
Индия	–	15	26	152	154
Ирак	–	–	–	699	740
Иран	25	110	413	487	220
Кипр	452	482	442	120	25
КНДР	100	180	200	275	260
КНР	700	930	1 150	1 080	2 300
Кувейт	–	–	48	54	82
Республика Корея	1	0	10	30	90
Саудовская Аравия	–	–	5	4	461
Турция	38	84	70	90	104
Филиппины	12	50	127	74	54
Япония	1 310	1 622	2 277	2 489	2 784
Прочие	30	25	45	45	60
Регион в целом	2 670	3 510	4 820	5 640	7 370

Рассчитано по данным таблиц 6 и 8.

В 1980–1990-е гг. производство серы в Азии росло наибольшими темпами по сравнению с другими крупными регионами, за исключением Южной Америки (табл. 21). За 1981–2000 гг. выпуск серы здесь возрос более чем в 2 раза, в результате чего доля региона в мировом производстве этого продукта увеличилась до 30%. Зарубежная Азия оказалась единственным регионом, положительную динамику развития которого не изменил кризис в мировой серной промышленности в начале 1990-х гг.

Таблица 21. Среднегодовые темпы роста производства серы в Зарубежной Азии в 1961–2000 гг. в сравнении с другими регионами, %

	1961–65 гг.	1966–70 гг.	1971–75 гг.	1976–80 гг.	1981–85 гг.	1986–88 гг.	1989–93 гг.	1994–97 гг.	1998–2000 гг.
Зарубежная Азия	6,3	7,5	3,4	6,1	3,9	11,6	4,0	6,0	-1,2
Территория СССР	23,3	12,7	6,1	6,7	0,5	4,9	-8,5	-1,3	16,7
Зарубежная Европа	6,9	8,3	7,9	1,3	-1,4	0,4	-7,5	-1,9	-0,7
Африка	0,6	9,7	6,1	6,9	4,4	3,8	-4,1	0,5	-1,1
Северная Америка	7,5	4,9	7,3	1,9	-0,3	-0,8	-0,9	1,8	-1,8
Южная Америка	17,7	11,3	2,8	10,2	15,8	11,7	-0,8	16,0	8,3
Австралия и Океания	7,2	5,6	-3,9	1,1	4,3	8,9	-6,0	6,3	12,7
Мир в целом	8,2	7,1	6,6	2,9	0,3	2,7	-2,8	2,3	0,7

Рассчитано по данным Таблиц 6 и 8.

В структуре производства главную роль играет нефтяная сера, на которую приходится около трети всего выпуска. Примерно по $\frac{1}{5}$ приходится на газовую, пиритную и металлургическую серу.

К 2000 г. Зарубежная Азия стала ведущим регионом по потреблению серы, обогнав Северную Америку. В последних годах прошедшего века рост потребления не был обеспечен увеличением производства, в связи с чем существенно возросли объёмы импорта. Такая ситуация была вызвана значительным сокращением добычи пиритов в КНР и, как следствие, резким снижением общего производства серы в стране, составившим в 1998–2000 г. 28%. В условиях расширения спроса на неё, Китай был

вынужден начать масштабные закупки серосодержащих продуктов, и прежде всего элементарной серы, за рубежом, что выдвинуло его в число ведущих импортёров серы в мире.

Таблица 22. Динамика производства серы в Зарубежной Азии в 1980–2000 гг., тыс. т

	1980 г.	1985 г.	1988 г.	1993 г.	1997 г.	2000 г.
Индия	154	128	165	190	212	767
Ирак	740	570	1 050	450	310	300
Иран	220	180	330	800	865	1 010
Катар	–	37	55	50	60	65
КНДР	260	230	230	270	290	290
КНР	2 300	3 100	4 750	6 360	7 670	5 560
Кувейт	82	198	353	175	625	512
ОАЭ	–	105	110	300	967	1 120
Республика Корея	90	90	180	463	938	1 170
Саудовская Аравия	461	1 100	1 378	1 600	1 750	2 101
Турция	104	118	112	80	60	60
Филиппины	54	208	305	261	200	170
Япония	2 784	2 498	2 432	2 922	3 391	3 486
Прочие	115	230	405	280	260	370
Регион в целом	7 370	8 790	11 850	14 200	17 600	16 980

Источники: 14, 15, 18, 22, 25, 29, 32.

КНР

Основным видом серосодержащего сырья в КНР являются пириты. Наиболее крупные месторождения пирита находятся в провинциях Гуйчжоу (*Саньчахэ*), Сычуань и автономном районе Внутренняя Монголия (*Ланшань*). Весьма крупные запасы серы заключены в сульфидных рудах месторождений цветных металлов (меди, свинца, цинка). Месторождения самородной серы с общими запасами 20 млн т известны в провинциях Шаньси, Цинхай, Гуйчжоу, Сычуань и в Синьцзян-Уйгурском автономном районе.

Бурное развитие экономики Китая, начавшееся в конце 1970-х гг., вызвало колоссальный рост спроса на серу. Были вовлечены в разработку многочисленные месторождения пиритов, и страна уже в начале 1980-х гг. стала крупнейшим в мире производителем пиритной серы и остаётся им до настоящего времени. Развитие получило и извлечение серы из отходящих газов на заводах чёрной и цветной металлургии. Доля этого источника достигла к 2000 г. 35%. В небольших количествах (порядка 5% от общего производства) осуществляется также извлечение серы при нефтепереработке.

С конца 1970-х гг. и до конца 1990-х гг. выпуск серы в Китае стремительно увеличивался. В абсолютном выражении он возрос на 2,8 млн т за 1979–88 гг. и на почти на 3 млн т за 1989–97 гг. Однако начиная с 1998 г. производство серы в стране резко уменьшается: за 1998–2000 гг. снижение составило 30%, или почти 2,5 млн т в абсолютном выражении. Такое масштабное падение производства связано с переориентацией целого ряда химических предприятий на использование элементарной серы вместо ранее применявшихся пиритов. В результате добыча серы в пиритах снизилась почти в 2 раза.

Наблюдавшееся 40%-ное увеличение производства серы в других формах (металлургических газов, элементарной серы из нефти) смогло лишь отчасти компенсировать возникший дефицит серы, в результате чего КНР стала очень крупным импортёром серы. Если в 1995 г. импорт равнялся всего лишь 50 тыс. т, то уже в 1998 г. он составил 940 тыс. т.

Япония

Общие запасы самородной серы в Японии составляют 10 млн т, из них половина – доказанные. Руды среднего качества, содержат 30% серы. Общие запасы пирита 110 млн т, доказанные – 60 млн т. Крупнейшие месторождения – *Мацуо*, *Янахара*, *Хоробецу*. Пирит присутствует также в медных (*Бессу*, *Хитати*) и полиметаллических (*Ханаока*, *Йосино*, *Оаге* и пр.) месторождениях.

На протяжении практически всего XX в. Япония входила в число ведущих мировых производителей серы. Наибольшее значение в серной промышленности мира Япония имела в конце 1950-х – начале 1960-х гг., когда её удельный вес достигал 10%. В дальнейшем её значение понизилось, но она по-прежнему входит в шестёрку ведущих стран по выпуску серы.

До конца 1960-х гг. серная промышленность Японии опиралась, прежде всего, на добычу пирита. Затем её основой стало использование отходящих газов на предприятиях чёрной и цветной металлургии. В начале же 1990-х гг. на первый план выдвинулось производство элементарной серы при нефтепереработке.

Именно масштабное применение технологий сероочистки нефти позволило Японии начать экспорт элементарной серы, который на протяжении 1990-х гг. имел устойчивую тенденцию к росту. К 1998 г. он достиг 1,1 млн т, что вывело Японию на четвёртое место в мире по этому показателю после Канады, России и Саудовской Аравии.

Саудовская Аравия

Саудовская Аравия располагает крупнейшими в мире запасами пиритов – общая величина их составляет 800 млн т. Ресурсы их заключены в собственно пиритовых, медных и медно-цинковых колчеданных месторождениях, наиболее крупные из которых *Вади-Вассат* и *Вади-Катан*, относящиеся к первой группе. Они расположены на юго-западе Саудовской Аравии у границы с Йеменом. Обнаружены также значительные запасы самородной серы в гипсоносных залежах – месторождения *Эль-Кибрит* (ведётся добыча гипса открытым способом и попутно извлекается сера), *Фарасан-эль-Кебир*.

Однако ещё большие ресурсы серы заключены в нефтяных и газовых месторождениях страны, они измеряются сотнями миллионов тонн. Первые установки по отделению серы от нефти были пущены в эксплуатацию в конце 1970-х гг., и уже в 1980 г. страна занимала четвёртое место в Азии по производству серы, уступая лишь Японии, КНР и Ираку, а его объёмы возросли с 4 до 460 тыс. т в год.

В дальнейшем, по мере развития местной нефтеперерабатывающей промышленности, выпуск серы быстро возростал, благодаря чему в конце 1980-х гг. Саудовская Аравия вошла в десятку ведущих мировых продуцентов. Элементарная сера в стране производится также при переработке газа, однако здесь её объёмы выпуска существенно ниже.

Ирак

Ирак располагает крупными ресурсами серы. Общие запасы самородной серы составляют 370 млн т, из которых 120 млн т – разведанные. Главные месторождения – *Мишрак*, *Лазага* и *Эль-Фахта*. Содержание серы в рудах составляет 23–30%. Значительные запасы её заключены также в нефтяных и газовых месторождениях страны. Большие количества высокосернистой нефти имеются на месторождениях *Зубайр*, *Киркук* и *Ратави*.

Ирак вступил в число стран-продуцентов серы в начале 1970-х гг. С 1971 г. на газоперерабатывающем заводе в г. Киркук, имеющем мощность до 140 тыс. т/год, извлекается сера из попутного нефтяного газа, в котором её содержание составляет 10–14%. Продукция этого завода ранее использовалась для внутренних нужд, однако применение к стране экономических санкций ООН, вызвавшее также сильное сокращение добычи нефти, привело к переориентации на внутренний рынок продукции с месторождения *Мишрак*.

Мишрак – крупнейшее в мире месторождение самородной серы, открытое в 1960–61 гг. с помощью советских специалистов. Общие запасы месторождения 245 млн т, в т.ч. 80 – разведанные. Среднее содержание серы составляет 23%. Разработка месторождения началась в 1972 г. с использованием метода Фраша. В 1970–1980-х гг. добыча серы быстро росла, достигнув в конце 1980-х гг. 1 млн т в год. Сера в жидком виде вывозилась в порт Умм-Каср, откуда экспортировалась. Однако агрессия против Кувейта и последовавшие затем санкции ООН вызвали значительное сокращение добычи ввиду пре-

кращения экспорта серы. В настоящее время, по оценкам, мощности по добыче серы загружены менее чем на треть, что соответствует внутреннему уровню потребления серы.

Филиппины

Общие запасы самородной серы в стране составляют почти 9 млн т, в т.ч. доказанные – около 3 млн т. Содержание её в рудах месторождений 28–30%. Самое крупное месторождение – *Махабо* на о. Негрос с запасами около 3 млн т. Известны многочисленные небольшие залежи серы, связанные с четвертичным вулканизмом.

Добыча самородной серы, осуществляемая с начала XX в., никогда не была значительной – не более 10 тыс. т в год. В 1950-х гг., после начала разработки пиритных месторождений, выпуск серы в стране начал быстро расти. В конце 1960-х гг. Филиппины стали довольно крупным продуцентом серы в регионе, однако спустя несколько лет добыча пиритов стала резко снижаться, в результате чего выпуск серы также начал быстро уменьшаться. Перелом наступил в середине 1980-х гг., когда началось улавливание отходящих газов на медеплавильных заводах страны – именно этот источник серы остаётся на Филиппинах основным до настоящего времени. Добыча пиритов во второй половине 1980-х гг. вновь стала расти. В результате предыдущие максимальные показатели выпуска серы были значительно превышены.

3.3. ТЕРРИТОРИЯ СССР

Становление серной промышленности на территории СССР относится к концу XIX в., когда была организована добыча самородной серы на Кавказе и в Ферганской долине. Добыча велась на уровне нескольких тысяч тонн в год, и с течением времени всё меньше и меньше удовлетворяла растущим потребностям страны. Поэтому Российская Империя была крупным импортёром серы на мировом рынке, осуществляя закупки самородной серы из Италии и пиритных концентратов из Норвегии и Испании. Собственное же производство достигло максимума в 1901 г., после чего вследствие истощения месторождений стало снижаться и к началу Первой мировой войны прекратилось вовсе. В то же время в России ещё с XVIII в. были известны залежи самородной серы в Поволжье, однако они не разрабатывались.

Создание советской серной промышленности началось в 1930-х гг. В 1930 г. был пущен в эксплуатацию первый в стране серный рудник – Чекур-Кояш в Крыму. Несколько позднее организовывается добыча природной серы на *Каракумских* месторождениях (Туркмения) и руднике Шорсу (Узбекистан). В 1934 г. начинается разработка серных месторождений Среднего Поволжья.

Наиболее значительным событием для советской серной промышленности было открытие крупного *Гаурдакского* месторождения серных руд в Чарджоуской области Туркмении. На его базе в 1934 г. был образован одноимённый серный завод. Качество руд месторождения было высоким – среднее содержание серы в них равнялось 25%, однако удалённость от потребителей и, главное, практически полное отсутствие какой-либо инфраструктуры в том районе в течение длительного времени тормозило его освоение.

Добыча самородной серы в СССР не соответствовала потребностям страны в ней. Поэтому важнейшее значение имели колчеданные месторождения Урала, которые долгое время были основным источником получения серы в Советском Союзе.

Ситуация в корне изменилась в 1950-х гг., когда был открыт *Предкарпатский* сероносный бассейн на Украине. Наиболее крупные месторождения здесь *Немировское, Язовское, Роздольское, Подороженское*, а также *Гримновское, Тлумачское, Загайпольское, Шевченковское*. Руды содержат в среднем 20–27% серы.

Первым было выявлено в 1950 г. *Роздольское* месторождение. На его базе в 1958 г. был пущен в строй одноимённый горнохимический комбинат. Добыча серных руд, производимая открытым способом, быстро увеличивалась. Если в 1958 г. доля природной серы в общем производстве по Советскому Союзу составляла только 11%, то уже в 1960 г. этот показатель был равен 52%. До конца 1960-х гг. Предкарпатье остаётся главным районом серной промышленности в СССР.

В 1960-е гг. происходит существенное (в 9 раз) увеличение добычи серы в Туркмении на *Гаурдакском* месторождении – с 27 до 240 тыс. т. Значительный рост производства наблюдался и на серных рудниках в Поволжье (*Водинское* месторождение).

Развитие добычи руд цветных металлов на Урале приводит к тому, что к концу 1960-х гг. этот регион опять становится лидирующим в стране по выпуску серы. В больших количествах сера в виде кислоты производилась также на Норильском горно-металлургическом комбинате и в Казахстане при переработке сульфидных руд цветных металлов.

Новый этап развития серной промышленности в СССР – 1970-е гг., когда в стране начинается извлечение серы из природного газа. Первая установка по сероочистке газа была пущена в эксплуатацию в 1970 г. на Мубарекском газоперерабатывающем заводе в Узбекистане. Ряд газовых месторождений *Бухаро-Хивинской* группы – *Уртабулакское*, *Шуртанское*, *Зевардинское* и другие – отличается довольно высоким содержанием сероводорода (несколько процентов). Объёмы перерабатываемого на заводе газа позволяли получать из него до 500 тыс. т серы в год.

В 1974 г. вступает в строй крупный газохимический комплекс в Оренбурге, использующий кислые газы одноимённого месторождения, разрабатывавшегося с 1971 г. Именно этот комплекс обеспечивает основную часть прироста выпуска серы во второй половине 1970-х гг.

Добыча природной серы на Украине стабилизируется в 1970-х гг. на уровне 1,5 млн т в год, в Туркмении увеличивается почти в 2 раза, однако в абсолютном выражении прирост невелик – около 0,2 млн т. Извлечение серы из колчеданных и прочих сульфидных руд остаётся практически на том же уровне, что и в начале 1970-х гг. В некоторых количествах начинается извлечение серы из высокосернистой нефти Татарии и Башкирии – около 0,2 млн т в год.

В конце 1970-х – начале 1980-х гг. выпуск серы в СССР стабилизируется на отметке немногим более 8 млн т. Происходит, с одной стороны, сокращение производства серного колчедана (из пиритных и сульфидных руд), с другой – увеличение добычи серы в Туркмении и выпуска элементарной серы на действующих газо- и нефтеперерабатывающих заводах.

Таблица 23. Среднегодовые темпы роста производства серы на территории СССР в 1961–2000 гг. в сравнении с другими регионами, %

	1961– 65 гг.	1966– 70 гг.	1971– 75 гг.	1976– 80 гг.	1981– 85 гг.	1986– 88 гг.	1989– 93 гг.	1994– 97 гг.	1998– 2000 гг.
Территория СССР	23,3	12,7	6,1	6,7	0,5	4,9	-8,5	-1,3	16,7
Зарубежная Европа	6,9	8,3	7,9	1,3	-1,4	0,4	-7,5	-1,9	-0,7
Зарубежная Азия	6,3	7,5	3,4	6,1	3,9	11,6	4,0	6,0	-1,2
Африка	0,6	9,7	6,1	6,9	4,4	3,8	-4,1	0,5	-1,1
Северная Америка	7,5	4,9	7,3	1,9	-0,3	-0,8	-0,9	1,8	-1,8
Южная Америка	17,7	11,3	2,8	10,2	15,8	11,7	-0,8	16,0	8,3
Австралия и Океания	7,2	5,6	-3,9	1,1	4,3	8,9	-6,0	6,3	12,7
Мир в целом	8,2	7,1	6,6	2,9	0,3	2,7	-2,8	2,3	0,7

Рассчитано по данным таблиц 6 и 8.

Событием мировой важности явилось открытие в 1976 г. уникального *Астраханского* газоконденсатного месторождения. Оно входит в десятку крупнейших месторождений мира по разведанным запасам природного газа (3,7 трлн м³), имеет перспективные ресурсы нефти (по оценкам, несколько миллиардов тонн) и заключает в себе 1,5 млрд т серы, причём это только разведанные запасы. Месторождение характеризуется сложными горно-геологическими условиями разработки. Глубина залегания про-

дуктивных пластов превышает 4000 м. В декабре 1986 г. состоялся пуск первой очереди газоперерабатывающего завода на его базе и была получена товарная продукция – газовая сера.

Пуск в строй Астраханского комплекса позволил Советскому Союзу за два года – 1987 и 1988 – увеличить производство серы на 1,5 млн т или более чем на 15%. После 1988 г., в связи с начавшимися в советской экономике кризисными явлениями, производство серы стало сокращаться. За 1989–91 гг. производство упало более чем на 20% (свыше 2 млн т в абсолютном выражении).

Распад СССР и глубокий экономический кризис в государствах, образовавшихся на его месте, породили значительный спад в серной промышленности региона в первой половине 1990-х гг. В условиях рыночной экономики оказалась убыточной добыча самородной серы, поэтому объёмы производства её в Украине и Туркмении за 1991–93 гг. упали соответственно в 3 и 10 раз. Свёртывание добычи руд цветных металлов на Урале, начавшееся ещё во второй половине 1980-х гг., вызвало значительное падение производства серного колчедана. В то же время производство элементарной серы из газа в России и Узбекистане практически не изменилось, а в Казахстане даже наблюдался рост, т.к. там в последние годы существования СССР был пущен в строй крупный газоперерабатывающий завод в Тенгизе.

Общее падение производства серы на территории СССР за 1989–93 гг. превысило 40%. В середине 1990-х гг. производство стабилизировалось на отметке 5 млн т в год. Сокращение внутреннего спроса на неё было компенсировано оживлением на мировом рынке, что позволило начать масштабный экспорт элементарной серы. Прежде всего, это относится к России.

Таблица 24. Ресурсы серы в республиках бывшего СССР

	Извлекаемые виды серосодержащего сырья					
	самородная сера	пириты	газ	нефть	сульфидные руды	прочие ¹
Казахстан			+	+	+	
Киргизия					+	
Россия	+	+	+	+	+	+
Таджикистан				+		
Туркменистан	+		+	+		
Узбекистан	+		+		+	
Украина	+					+

¹ Битуминозные пески и сланцы, гипс, ангидрит, уголь.

Примечание. Выделены страны с наибольшими извлекаемыми запасами.

Источники: 2, 3, 6.

С 1998 г., благодаря пуску в эксплуатацию второй очереди Астраханского газоперерабатывающего завода, а также развитию производства в Казахстане, выпуск серы на территории СССР начал быстро расти. За 1998–2000 гг. он возрос почти на 40% или более чем на 2 млн т в абсолютном выражении. В результате регион вновь занял третье место в мире по производству серы, впервые с 1985 г. Существенно возрос и экспорт серы из России и Казахстана.

Россия

Россия обладает крупными ресурсами серосодержащего сырья. В стране известны как месторождения природной серы, пиритов, сульфидных руд цветных металлов, так и сероводородных газов, высокосернистой нефти и угля, гипса, битумов. По размеру извлекаемых запасов серы она занимает третье место в мире, уступая лишь Канаде и Венесуэле. Основная их часть связана с *Астраханским* серогазоконденсатным месторождением.

Значительные запасы серы приурочены также к многочисленным нефтяным месторождениям и сульфидным медно-никелевым рудам *Норильского* района. Порядка 2,5 млрд т серы заключено в разведанных запасах угля и ещё больше – в общих, однако, ввиду наличия гораздо более доступной газовой

серы, использование их ресурсов для серной промышленности не будет актуальным в течение, по крайней мере, нескольких сот лет.

Месторождения самородной серы в России сосредоточены в пределах *Средневожского* сероносного бассейна (наиболее крупные здесь – *Водинское*), а также в *Корякском* автономном округе (*Малетойваямское*) и на *Курильских* островах (*Новое*).

В структуре производства серы основная часть – более $\frac{3}{4}$ – приходится на газовую серу, выпускаемую Астраханским и Оренбургским газохимическими комплексами. Астраханский завод после пуска второй очереди превратился в крупнейшее в мире предприятие по выпуску серы. При этом производство на нём расширяется – запланирован пуск в строй третьей очереди завода, что позволит увеличить его мощности до 4,5 млн т.

Остальную долю выпуска составляют сера, получаемая в виде кислоты на заводах цветной металлургии, прежде всего на комбинате «Норильский никель», и элементарная сера, производимая при переработке нефти (Уфа, Ярославль, Сызрань).

В 1990-х гг. Россия вошла в число ведущих экспортёров серы в мире, заняв в середине 1990-х гг. второе место после Канады.

Казахстан

Казахстан является вторым по величине производителем серы на территории бывшего СССР. Серная промышленность страны (как самостоятельная отрасль) – самая молодая из всех республик бывшего СССР. Производство элементарной серы было начато здесь в последние годы существования Советского Союза с пуском в строй *Тенгизского* газоперерабатывающего завода, использующего преимущественно попутный нефтяной газ одноимённого крупного месторождения нефти. Хотя следует отметить, что в некоторых количествах сера производилась в виде кислоты на крупнейших горно-металлургических комбинатах Казахстана (*Джезказган*, *Балхаш*, *Усть-Каменогорск*, *Лениногорск*, *Чимкент*) при переработке сульфидных свинцово-цинковых и медных руд ещё с 1950-х гг.

Значительные запасы серы в Казахстане заключены в газе *Карачаганакского* месторождения. Однако газ с него, скорее всего, будет поступать в Россию, на Оренбургский газохимический комплекс, который начинает испытывать нехватку сырья в связи со значительной отработкой запасов.

Среди крупных производителей серы Казахстан в 1994–2000 гг. показывал одни из наиболее высоких темпов роста производства, которые составили свыше 17% в год. В абсолютном выражении выпуск вырос с менее чем 0,7 до 1,5 млн т, что позволило стране занять 8-е место в списке крупнейших мировых производителей этого сырья, а также стать крупным экспортёром его.

Узбекистан

Узбекистан располагает запасами нескольких видов серосодержащего сырья: самородной серой, сульфидными полиметаллическими рудами и кислыми газами.

Ресурсы самородной серы связаны главным образом с открытыми в 1980-х гг. в Ферганской и Сурхандарьинской областях месторождениями, однако их разведка не была проведена. Запасы крупного *Шорсуйского* месторождения самородной серы в Ферганской долине истощены ввиду длительной эксплуатации. Полиметаллические месторождения *Алмалыкского* района содержат значительное количество серы, извлекающейся попутно при выплавке металлов.

Наиболее крупные запасы серы содержатся в природном газе, добываемом на месторождениях *Бухаро-Хивинской* группы. Извлечение серы осуществляется на *Мубарекском* газоперерабатывающем заводе.

Выпуск серы в Узбекистане в 1990-е гг. был в целом стабильным – на уровне 0,4 млн т в год, большая часть его приходилась на элементарную серу, получаемую при переработке газа. Практически вся продукция потребляется на внутреннем рынке, экспорт – незначительный.

3.4. ЗАРУБЕЖНАЯ ЕВРОПА

Европа – старейший регион серной промышленности. Промышленная добыча серосодержащего сырья здесь ведётся уже более 180 лет.

Европейские государства обладают запасами всех видов серосодержащего сырья (табл. 25). Однако вследствие не слишком большой их начальной величины, а главное, значительного истощения в результате длительной эксплуатации, доля их в мировых ресурсах серы невелика. Из отдельных стран наиболее значительными запасами серы на данный момент обладают Польша и Испания, с большим отрывом от которых следуют Норвегия, Португалия, Финляндия, Румыния, Греция.

Таблица 25. Ресурсы серы в странах Зарубежной Европы

	Извлекаемые виды серосодержащего сырья					
	самородная сера	пириты	газ	нефть	сульфидные руды	прочие ¹
Австрия		+				+
Албания	+			+	+	
Болгария		+			+	
Великобритания			+	+		+
Германия		+				+
Греция	+	+				
Дания				+		
Ирландия		+			+	
Испания	+	+			+	+
Италия	+	+				
Норвегия		+	+	+	+	
Польша	+	+				+
Португалия		+			+	
Румыния	+			+	+	
Финляндия		+			+	
Франция	+		+			
Чехия	+	+				
Швеция		+			+	
Югославия					+	

¹ Битуминозные пески и сланцы, гипс, ангидрит, уголь.

Примечание. Выделены страны с наибольшими извлекаемыми запасами.

Источники: 2, 3, 6, 30, 31.

С момента зарождения отрасли и до начала 1960-х гг. более половины серы в регионе производилось из пиритных руд. Крупнейшим их производителем была Испания, занимавшая до начала 1950-х гг. первое место и в мире, к числу крупных относились Италия, Португалия, Норвегия, ФРГ, Швеция, Франция. Остальную серу получали из рудников, преимущественно в Италии (наибольшим удельный вес природной серы был на рубеже XIX и XX вв.), и при улавливании отходящих газов на металлургических заводах (с середины XX в.). По состоянию на 1960 г. лидеры в производстве серы в регионе располагались в таком порядке: Испания, Франция, Италия, Норвегия, Великобритания, Португалия.

В 1960-е гг. структура производства серы, как географическая, так и по источникам получения, существенно изменилась. Открытие и быстрое освоение месторождений самородной серы в Польше выдвинуло эту страну в ряд крупнейших в мире продуцентов серы, а в Европе она стала лидером в конце 1960-х гг. Во Франции динамично развивалось извлечение серы из газовых месторождений на юго-западе страны. Возросло производство серы при нефтепереработке и на металлургических заводах, особенно в ФРГ – стране с наиболее развитой химической промышленностью в регионе, испытывавшей острый дефицит серы. В результате к 1970 г. значительно сократилась доля пиритной серы в общем производстве, в то время как вес остальных форм, особенно природной, увеличился. Крупнейшими производителями серы были (в порядке убывания) Польша, Франция, Испания, Италия, ФРГ, Финляндия.

Таблица 26. Динамика производства серы в Зарубежной Европе в 1960–1980 гг., тыс. т

	1960 г.	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1980 г.
Бельгия	3	4	10	196	270
Болгария	55	74	71	243	300
Великобритания	392	351	37	160	134
ГДР	112	170	158	359	360
Греция	76	68	147	76	65
Испания	1 113	1 193	1 280	1 407	1 236
Италия	787	655	827	780	604
Нидерланды	31	27	33	101	142
Норвегия	434	390	390	273	239
Польша	109	675	2 683	5 026	5 514
Португалия	312	284	216	202	157
Румыния	107	190	329	465	500
Финляндия	120	356	559	597	421
Франция	792	1 564	1 775	1 962	2 216
ФРГ	271	503	818	1 262	1 799
Чехословакия	151	144	147	136	75
Швеция	247	247	294	324	410
Югославия	167	204	260	341	395
Прочие	15	5	15	100	80
Регион в целом	5 290	7 110	10 050	14 020	14 920

Источники: 3, 18, 19, 22, 26–28, 30, 31.

До 1960-х гг. экспорт серы из европейских стран практически полностью осуществлялся в виде вывоза пиритного концентрата, преимущественно из Испании и Италии, входивших в число крупнейших экспортёров этого продукта. Начало производства газовой серы во Франции и природной серы в Польше позволило этим странам начать масштабные поставки элементарной серы на мировой рынок, соответственно в 1959 и 1962 гг. Рост экспорта из Франции прекратился уже в середине 1960-х гг., поскольку внутренние потребности росли опережающими темпами по сравнению с производством. Польша же стабильно увеличивала отгрузки серы из страны до начала 1980-х гг. и в 1970-х гг. стала вторым после Канады экспортёром серы в мире.

Отличительной чертой развития серной промышленности в Европе в 1970-х гг. стало сокращение абсолютных объёмов производства пиритной серы (ранее сокращалась только их доля) и существенное увеличение извлечения серы при переработке нефти, что было вызвано, с одной стороны, ужесточением экологических норм, применяющихся к используемому топливу, а с другой – повышением цен на сырьё, которое сделало более эффективными технологии комплексного использования минеральных ресурсов в целом и нефти в частности.

К 1980 г. серная промышленность Европы вышла на пик своего развития. В 1980-х гг. производство колебалось только под воздействием изменений конъюнктуры мирового рынка и было в целом стабильно, хотя и несколько сократилось к концу периода.

В первой половине 1990-х гг. выпуск серы в европейских государствах сильно упал, что было вызвано как отраслевым кризисом, так и экономическими потрясениями в странах Восточной Европы (к числу которых относится крупнейший европейский продуцент серы – Польша), проводивших смену модели экономического развития. Во второй половине десятилетия ситуация в целом стабилизировалась, однако некоторое снижение общего производства продолжилось. Рост выпуска серы происходил в странах, где основную часть его обеспечивает извлечение серы при нефте- и газопереработке (Германия, Франция, Италия, Бельгия, Великобритания), в то время как в странах, ориентирующихся на традиционные источники – природную серу и пириты, происходило значительное снижение производства (Польша, Финляндия, Болгария, Греция, Норвегия, Португалия).

Таблица 27. Динамика производства серы в Зарубежной Европе в 1980–2000 гг., тыс. т

	1980 г.	1985 г.	1988 г.	1993 г.	1997 г.	2000 г.
Бельгия	270	250	310	300	340	400
Болгария	300	118	130	84	... ¹	... ¹
Великобритания	134	149	184	272	270	320
ГДР	360	330	315			
Греция	65	213	207	145	80	50
Испания	1 236	1 355	1 177	768	967	708
Италия	604	481	620	445	609	693
Нидерланды	142	250	245	415	577	551
Норвегия	239	263	243	134	40	35
Польша	5 514	5 096	5 180	2 118	1 985	1 813
Румыния	500	350	387	308	... ¹	... ¹
Финляндия	421	550	713	733	730	589
Франция	2 216	1 723	1 232	1 260	1 060	1 110
ФРГ / Германия	1 799	1 569	1 795	1 260	1 160	1 240
Югославия	395	496	533	200	... ¹	... ¹
Прочие	720	680	770	330	280	400
Регион в целом	14 920	13 870	14 050	8 770	8 090	7 910

¹ Включено в «Прочие».

Источники: 14, 15, 18, 22, 25, 29, 32.

Нельзя не отметить, что, по сравнению с концом 1980-х гг., произошло значительное уменьшение потребностей Европы в сере. Это связано с переносом значительной части сырьёмких производств, а именно сюда относится основная химия – главный потребитель серы, в развивающиеся страны. В связи с этим, несмотря на почти двукратное снижение объёмов выпуска, не произошло расширения импорта этого сырья, а экспорт после масштабного снижения в 1989–93 гг. (главным образом из-за резкого уменьшения отгрузок из Польши) в середине 1990-х гг. оставался стабильным.

Таблица 28. Среднегодовые темпы роста производства серы в Зарубежной Европе в 1961–2000 гг. в сравнении с другими регионами, %

	1961–65 гг.	1966–70 гг.	1971–75 гг.	1976–80 гг.	1981–85 гг.	1986–88 гг.	1989–93 гг.	1994–97 гг.	1998–2000 гг.
Зарубежная Европа	6,9	8,3	7,9	1,3	-1,4	0,4	-7,5	-1,9	-0,7
Территория СССР	23,3	12,7	6,1	6,7	0,5	4,9	-8,5	-1,3	16,7
Зарубежная Азия	6,3	7,5	3,4	6,1	3,9	11,6	4,0	6,0	-1,2
Африка	0,6	9,7	6,1	6,9	4,4	3,8	-4,1	0,5	-1,1
Северная Америка	7,5	4,9	7,3	1,9	-0,3	-0,8	-0,9	1,8	-1,8
Южная Америка	17,7	11,3	2,8	10,2	15,8	11,7	-0,8	16,0	8,3
Австралия и Океания	7,2	5,6	-3,9	1,1	4,3	8,9	-6,0	6,3	12,7
Мир в целом	8,2	7,1	6,6	2,9	0,3	2,7	-2,8	2,3	0,7

Рассчитано по данным таблиц 6 и 8.

Франция

На юге страны имеется несколько небольших месторождений самородной серы с запасами 2,5 млн т, из которых 2 млн т – доказанные. Содержание серы в рудах низкое – порядка 10%, лишь иногда повышаясь до 30%. До начала 1970-х гг. некоторое количество серы извлекалось из пиритов, которые до середины 1950-х гг. служили основным её источником.

В конце 1950-х гг. началось извлечение серы из газа крупного месторождения *Лак* (15% сероводорода), а позднее из *Пон-д'Ас-Мейон* и *Сен-Фост* на юго-западе Франции, что позволило многократно увеличить общее производство и занять место в числе ведущих мировых производителей серы. Производственные мощности завода по переработке составляют 3 млн т серы в год, что ставит его в ряд крупнейших в мире предприятий данного профиля. Максимальных объёмов производство серы из газа достигло в 1979 г. – 1,94 млн т, или 85% от её выпуска в стране.

В дальнейшем истощение этих месторождений вызвало значительное снижение выпуска серы, несмотря на увеличение производства серы при нефтепереработке и выплавке металлов. В конце

1990-х гг. на эти две сферы приходилось 45% выпуска серы во Франции, остальные 55% составляла газовая сера.

Польша

Мелкие близповерхностные месторождения серы были известны в Польше ещё со средних веков. Месторождения самородной серы в Польше были открыты в 1953 г. и относятся к числу крупнейших в мире. Главное месторождение – *Тарнобжег*, важными являются также *Гжибув*, *Башня*, *Солец*, *Осек*. Среднее содержание серы в руде – 25%. Имеется месторождение пиритов *Рудники*, разрабатывавшееся до середины 1960-х гг. и законсервированное ввиду организации гораздо более эффективного производства серы на месторождениях *Северо-Предкарпатского* бассейна.

После открытия в 1950-х гг. крупных месторождений самородной серы, Польша приступила к их разработке. Первым стало осваиваться месторождение *Тарнобжег*, где был заложен карьер, а в 1960 г. – шахта. Однако такой способ добычи оказался не очень эффективным – месторождение давало ежегодно лишь 100–200 тыс. т серы.

Применение метода подземной выплавки позволило резко увеличить производство серы в стране. Первая скважина была пущена в эксплуатацию на месторождении *Гжибув* в 1966 г., а на следующий год – на месторождении *Тарнобжег*. В 1970-х гг. начали осваиваться месторождения *Махув* (открытым способом) и *Башня* (методом Фраша). Добыча самородной серы в стране за 1960–70 гг. возросла почти в 100 раз – до 2,7 млн т, а за 1970–80 гг. ещё почти в 2 раза – до 5,2 млн т. Польша стала четвёртым по величине производителем серы в мире и первым – в Зарубежной Европе.

В середине 1980-х гг. для поддержания уровня добычи была начата эксплуатация месторождения *Осек*. Тем не менее, в конце 1980-х гг. добыча серы в Польше стала снижаться – сначала из-за спада в экономике, затем из-за удорожания добычи, необходимости закладки новых скважин на гораздо больших глубинах и истощения запасов. В 1990-е гг. Польша была вторым в мире производителем серы методом Фраша, уступая лишь США, а в начале XXI в. осталась единственным в мире крупным продуцентом природной серы.

Германия

Германия вошла в число крупных производителей серы сравнительно недавно – в 1960-х гг. Практически полностью лишённая крупных природных ресурсов серы, основную часть своих быстрорастущих потребностей она удовлетворяла за счёт импорта. Комплексная переработка пиритсодержащих руд цветных металлов (месторождения *Раммельсберг*, *Мехерних* и пр.) давала лишь порядка 250 тыс. т серы в год.

Движение к защите окружающей среды, безотходным производствам, комплексному использованию сырья позволили Германии в 1960-х гг. в крупных масштабах наладить получение попутной серы – при переработке нефти и газа и выплавке цветных и чёрных металлов. Выпуск её быстро рос и к 1980 г. ФРГ вошла в число ведущих мировых производителей серы.

В 1980–1990-е гг. общее потребление серы в Германии снижалось. Динамика же производства была несколько иной: стабилизация в 80-х годах, резкое снижение в начале 90-х годов и затем умеренный рост. В производстве в 1990-е гг. свыше 90% приходилось на нефтяную и газовую серу. Ужесточение экологических норм вызывает увеличение выпуска серы, что, в условиях падения спроса на неё внутри страны, создаёт возможности для экспорта. Благодаря этому в 1990-е гг. Германия стала одним из ведущих экспортёров серы в мире, стабильно увеличивающим её отгрузки.

Германия является одной из немногих стран, получающих в промышленных масштабах серу из угля – примерно 100 тыс. т в год.

Испания

В Испании имеется несколько мелких месторождений самородной серы. Основным источником её получения долгое время служили комплексные пиритовые месторождения на юго-западе страны –

Рио-Тинто, Тарсис, Ла-Сарса, Серро-Колорадо, Сотьель и пр. Общие запасы пиритов в Испании составляют 500 млн т, из которых 100 млн т – доказанные, со средним содержанием серы в руде 45%. Прогнозные же запасы пирита оцениваются в 1 млрд т.

Добыча пиритов в Испании имеет полуторавековую историю. Во второй половине XIX в. испанские пириты были одним из наиболее важных источников получения серной кислоты, железа, меди, цинка, золота и серебра в Европе. Долгое время Испания была мировым лидером в добыче этого серо-содержащего сырья, но в 1950-х гг. она уступила лидерство Японии, а в конце 1970-х гг. – КНР.

Пириты были основным источником получения серы в стране вплоть до самого конца 1990-х гг., когда их добыча резко сократилась, в результате чего на первый план выдвинулось извлечение серы из отходящих газов на металлургических заводах. В 1990-е гг. существенно увеличилось извлечение серы из перерабатываемой нефти. Испания также является единственной страной, получающей серу при газификации угля, правда объёмы производства составляют всего лишь несколько тысяч тонн в год.

Италия

В конце XIX – начале XX вв. Италия фактически была мировым монополистом в добыче серы. Главный район добычи находился на о. Сицилия (месторождения *Кальтанисетта, Энна, Сомматино, Чанчано* и др.), в гораздо меньших объёмах она добывалась на материковой части. Всего в Италии в начале XX в. действовало 730 шахт по добыче серы. Начиная с 1910-х гг. итальянская сера испытывала всё большую конкуренцию со стороны американской, из-за чего добыча её практически не росла. С 1920-х гг. всё большее значение приобретает извлечение серы из пиритных концентратов. Вследствие наличия больших ресурсов пирита, Италия становится крупным мировым производителем его и удерживает свои позиции в общем выпуске серы.

После Второй мировой войны добыча природной серы быстро сокращается. Выпуск пиритных концентратов растёт до начала 1960-х гг., после чего также начинает уменьшаться. Недостаточное развитие производства серы из других источников приводит к тому, что общий выпуск её в стране начинает быстро падать.

В дальнейшем производство серы в Италии менялось скачкообразно: пуск установки по извлечению серы на очередном НПЗ мог вызвать расширение выпуска, затем продолжающееся снижение добычи пиритов или некоторый спад в металлургии вызывали общее падение производства. Однако начиная с 1994 г. получение серы в стране имеет устойчивую тенденцию к росту: за 1994–2000 гг. оно выросло более чем на 50%. Это связано с увеличением производства элементарной серы из перерабатываемой нефти.

Финляндия

Природными источниками серы в Финляндии служат пириты с комплексных месторождений *Оутокумпу, Пюхясалми* и *Луйконлахти*. Улавливание отходящих газов на заводах цветной металлургии обеспечивало основную часть производства серы в 1970–1980-х гг., после чего лидерство вновь перешло к пиритной сере, на которую в 1990-х гг. приходилось более половины производства. Спад в цветной металлургии Финляндии в 2000–2001 гг. вызвал значительное снижение выпуска серы как в той, так и в другой форме. В результате выросло значение серы, извлекаемой при переработке нефти – с 6% в 1999 г. до 9% в 2001 г.

3.5. ЮЖНАЯ АМЕРИКА

Южная Америка обладает большими ресурсами серы в разнообразных формах, однако их использование до недавнего времени происходило на минимальном уровне.

Запасами самородной серы, причём весьма существенными, обладает большинство стран региона, а Чили даже занимает по их величине 4-е место в мире. Добыча же её ни в одной стране не велась в сколько-нибудь значительных в мировом масштабе объёмах. Однако на региональном уровне её роль была велика – до начала 1970-х гг. это был основной источник получения серы в Южной Америке.

В середине 1970-х гг. роль главного серосодержащего сырья в регионе перешла к сульфидным рудам цветных металлов. Получение из них пиритных концентратов в наибольшей степени было развито сначала в Аргентине (до 1970-х гг.), а потом в Бразилии, где их также выпускали при обогащении угля месторождения *Санта-Катарина*, содержащем до 20% пирита.

Со второй половины 1970-х гг. в регионе происходило увеличение доли нефтяной серы в общем производстве, что явилось следствием пуска установок по сероочистке нефти в Бразилии, Венесуэле, Колумбии. Однако, несмотря на увеличение объёмов производства, с середины 1980-х гг. её доля не растёт, что обусловлено более интенсивным ростом получения серы в Чили из сульфидных медных руд.

Таблица 29. Ресурсы серы в странах Южной Америки

	Извлекаемые виды серосодержащего сырья					
	самородная сера	пириты	газ	нефть	сульфидные руды	прочие ¹
Аргентина	+	+			+	
Боливия	+					
Бразилия	+				+	+
Венесуэла	+		+	+		+
Колумбия	+			+		
Перу	+				+	
Чили	+				+	
Эквадор	+		+	+		

¹ Битуминозные пески и сланцы, гипс, ангидрит, уголь.

Примечание. Выделены страны с наибольшими извлекаемыми запасами.

Источники: 2, 3, 6, 30, 31.

Начавшееся в середине 1980-х гг. в Чили извлечение серы из газов, образующихся при переработке медных руд, позволило существенно повысить производство её не только в этой стране, но и во всём регионе. Более чем двукратное увеличение добычи меди в Чили в 1990-е гг. обусловило ещё более значительный рост производства серы. В результате доля Южной Америки в мировом производстве серы достигла в 2000 г. 3,5%, в то время как в конце 1980-х гг. она составляла примерно 1,5%.

Таблица 30. Динамика производства серы в Южной Америке в 1960–2000 гг., тыс. т

	1960 г.	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1980 г.	1985 г.	1988 г.	1993 г.	2000 г.
Аргентина	40	23	40	32	20	–	–	–	–
Боливия	1	9	16	22	11	3	7	0	–
Бразилия	–	5	9	40	131	337	321	339	400
Венесуэла	–	10	25	82	85	88	125	135	350
Колумбия	9	18	33	32	29	51	51	60	80
Перу	3	5	10	16	20	68	66	66	100
Чили	32	84	109	47	114	209	453	386	1 100
Прочие	–	5	10	15	15	15	15	15	15
Регион в целом	85	160	250	285	430	770	1 040	1 000	2 050

Источники: 3, 14, 18, 19, 22, 25–32.

Южная Америка обладает колоссальным потенциалом для значительного повышения своего веса в мировой серной промышленности, который связан с ресурсами «тяжёлой» нефти в Венесуэле. Начавшееся использование их позволило этой стране всего за несколько лет догнать по производству серы Бразилию – второго продуцента в регионе после Чили. Масштабное освоение может вывести Венесуэлу в число крупнейших мировых производителей серы.

Таблица 31. Среднегодовые темпы роста производства серы в Южной Америке в 1961–2000 гг. в сравнении с другими регионами, %

	1961– 65 гг.	1966– 70 гг.	1971– 75 гг.	1976– 80 гг.	1981– 85 гг.	1986– 88 гг.	1989– 93 гг.	1994– 97 гг.	1998– 2000 гг.
Южная Америка	17,7	11,3	2,8	10,2	15,8	11,7	-0,8	16,0	8,3
Территория СССР	23,3	12,7	6,1	6,7	0,5	4,9	-8,5	-1,3	16,7
Зарубежная Европа	6,9	8,3	7,9	1,3	-1,4	0,4	-7,5	-1,9	-0,7
Зарубежная Азия	6,3	7,5	3,4	6,1	3,9	11,6	4,0	6,0	-1,2
Африка	0,6	9,7	6,1	6,9	4,4	3,8	-4,1	0,5	-1,1
Северная Америка	7,5	4,9	7,3	1,9	-0,3	-0,8	-0,9	1,8	-1,8
Австралия и Океания	7,2	5,6	-3,9	1,1	4,3	8,9	-6,0	6,3	12,7
Мир в целом	8,2	7,1	6,6	2,9	0,3	2,7	-2,8	2,3	0,7

Рассчитано по данным таблиц 6 и 8.

Регион на протяжении последних 40 лет имеет солидную долю в мировом импорте серы. Здесь находится один из крупнейших импортёров – Бразилия, где основная часть серы потребляется при производстве фосфорных удобрений. На неё приходится более 85% регионального импорта. Из других стран-импортёров следует отметить Аргентину и Колумбию. Ввоз серы осуществляется практически во все остальные государства Южной Америки, однако в большинстве случаев он невелик.

Чили

Чили относится к числу стран с крупными ресурсами серы. Серосодержащее сырьё представлено в стране в двух формах: самородная сера и сульфидные руды цветных металлов, в основном меди.

Общие запасы природной серы определены в 100 млн т, разведанные – в 40 млн т. Руды очень богатые, содержание серы в них колеблется от 40 до 80%. Многочисленные месторождения её, общим числом более 100, располагаются в северной части страны.

Несмотря на огромные запасы, добыча природной серы в Чили в больших масштабах не велась. С первой трети XX в. разрабатывались месторождения *Эль-Такора*, *Ольягуэ*, *Ауканквилха*. Максимальных объёмов добыча достигла в начале 1980-х гг. – 120 тыс. т, после чего стала снижаться и в 1990-е гг. была прекращена.

В середине 1980-х гг. началось извлечение серы на медеплавильных заводах, достигшее к началу следующего десятилетия значительных масштабов – около 0,5 млн т в год, что сделало Чили региональным лидером в производстве серы. После некоторого спада в начале 1990-х гг., выпуск серы начал интенсивно расти и в конце 1990-х гг. превысил 1 млн т, благодаря чему страна стала крупным производителем на мировом уровне.

Венесуэла

Венесуэла занимает второе место в мире по извлекаемым ресурсам серы, сосредотачивая пятую часть их. Примерно 90% их связано с *Оринокским* бассейном «тяжёлой» нефти. Её содержание в битуминозных песках бассейна составляет 4%, а извлекаемые запасы оцениваются величиной 3,6 млрд т. Перспективные ресурсы бассейна ещё более значительны.

Значительные количества серы содержатся в месторождениях обычной нефти, а также природного газа. Именно на извлечении серы при переработке нефти долгое время базировалась серная промышленность Венесуэлы. Однако высокий уровень мировых цен на нефть в самом конце 1990-х гг. повысил привлекательность битуминозных песков бассейна *Ориноко*. Добыча нефти там, начавшаяся ещё в конце 1980-х гг., стала быстро расти. Сероочистка существенно повышала конкурентоспособность этого сырья на мировом рынке, а потому производство серы в стране возросло за несколько лет в 3 раза. В перспективе Венесуэла может стать крупным производителем серы в мире.

3.6. АФРИКА

Африка располагает крупными запасами многих видов минерального сырья. Однако ресурсы серы здесь невелики – из всех крупных регионов она опережает лишь Австралию и Океанию. Они связаны с сульфидными, преимущественно медными, рудами Замбии, ЮАР и ДРК, а также газом и нефтью Алжира, Ливии, Египта и Нигерии. Менее значительны запасы пирита и самородной серы. Кроме того, имеются ресурсы высокосернистого угля в ЮАР – бассейн *Витбанк*.

Серная промышленность как таковая возникла в Африке в 1910-х гг., когда началось производство пиритных концентратов в ЮАР. Добыча сульфидных медных руд велась в Замбии и Конго с конца XIX в., однако извлечение серы из них началось лишь после Второй мировой войны. Тогда же началась добыча пирита в Зимбабве и Алжире, самородной серы в Египте и Эфиопии. Ряд африканских стран – Алжир, Ливия, Нигерия, Египет – обладает крупными ресурсами нефти, однако она отличается низким содержанием серы, а потому сероочистка здесь развита слабо.

Таблица 32. Ресурсы серы в странах Африки

	Извлекаемые виды серосодержащего сырья					
	самородная сера	пириты	газ	нефть	сульфидные руды	прочие ¹
Алжир		+	+	+		
ДРК					+	
Египет	+		+	+		
Замбия	+	+			+	
Зимбабве		+				
Ливия			+	+		
Марокко		+				
Намибия		+				
Нигерия				+		
Эритрея	+					
Эфиопия	+					
ЮАР		+			+	+

¹ Битуминозные пески и сланцы, гипс, ангидрит, уголь.

Примечание. Выделены страны с наибольшими извлекаемыми запасами.

Источники: 2, 3, 6, 30, 31.

Единственным крупным (в мировом масштабе) продуцентом серы в Африке выступает ЮАР, стабильно обеспечивающая более половины регионального выпуска. В качестве главного источника получения серы в стране долгое время, до начала 1990-х гг., выступали пириты, однако за последнее десятилетие объёмы производства пиритных концентратов значительно сократились. В результате с середины 1990-х гг. наибольшее количество серы получают из нефти: примерно в равных количествах при переработке импортной и производстве собственной синтетической (из угля). Существенно повысилось и улавливание отходящих газов на металлургических предприятиях.

Таблица 33. Динамика производства серы в Африке в 1960–2000 гг., тыс. т

	1960 г.	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1980 г.	1985 г.	1988 г.	1993 г.	2000 г.
Алжир	18	27	31	10	14	20	20	20	25
ДРК	25	40	45	50	30	36	32	2	–
Замбия	30	50	65	87	92	108	103	108	130
Зимбабве	19	34	30	32	34	30	23	35	50
Марокко	5	5	87	63	36	–	–	–	–
Намибия	–	–	–	4	4	87	113	171	200
ЮАР	216	168	226	365	618	747	858	576	480
Прочие	5	5	0	30	25	15	20	25	30
Регион в целом	320	330	490	640	860	1 050	1 170	930	920

Источники: 3, 14, 18, 19, 22, 25–32.

Африка – регион, на протяжении 40 лет имеющий самую стабильную долю в мировом производстве серы, её колебания в 1960–2000 гг. происходили в диапазоне 1,2–1,9%.

В 1980-х гг. Африка стала крупнейшим регионом-импортёром серы в мире. Это было вызвано продолжающимся расширением закупок её со стороны Марокко, Туниса и ЮАР. Именно в 1980-х гг. в них наибольшими темпами росло производство фосфорных удобрений и фосфорной кислоты, опирающееся на богатейшие ресурсы фосфатного сырья. Технология получения этих продуктов требует значительных количеств серной кислоты, импорт которой затруднён ввиду очень низкой транспортабельности. Поэтому в этих странах бурно развивалось собственное сернокислотное производство на базе импортной элементарной серы.

В 1990-е гг. позиции Африки в мировом импорте значительно усилились, достигнув почти 30% к концу периода, что было обусловлено снижением потребления её в европейских государствах и странах СНГ, значительно сокративших импорт. Марокко, во второй половине 1980-х гг. став крупнейшим в мире импортёром серы, сохраняет этот статус до сих пор – на него приходится 15% мирового импорта.

3.7. АВСТРАЛИЯ И ОКЕАНИЯ

В этом регионе серная промышленность связана, по сути, с одной страной – Австралией.

В **Австралии** имеется ряд месторождений пиритов, наиболее крупные из которых расположены на о. Тасмания, однако качество их невелико – среднее содержание серы составляет всего 11%, в связи с чем их запасы не относятся к категории извлекаемых. Общие запасы в 30 млн т идентифицированы на месторождениях *Брукунг* (штат Виктория) и *Айрон-Кинг* (Западная Австралия) – в здешних пиритах содержится в среднем 25% серы.

Добыча пиритов началась ещё в первом десятилетии XX в. и составляла тогда около 10 тыс. т. После Первой мировой войны добыча была прекращена и возобновлена лишь в конце 1940-х гг. на вышеуказанных месторождениях, разрабатывавшихся открытым способом. Производство пиритных концентратов быстро росло и к 1959 г. достигло 240 тыс. т или 120 тыс. т в пересчёте на серу. Затем оно несколько снизилось, однако в течение 1960-х гг. превышало 200 тыс. т в год. В начале 1980-х гг., в связи с ростом издержек, добыча пирита была прекращена.

Собственная нефть в Австралии малосернистая, а переработка импортной даёт стране лишь 10–20 тыс. т серы ежегодно.

Австралия – страна развитой цветной металлургии, которая, помимо значительной принесения экспортной выручки, ещё и снабжает местную химическую промышленность серной кислотой, попутно производимой при выплавке цветных металлов. Серосодержащие концентраты получают из руд месторождений *Ред-Розбери*, *Мак-Артур-Ривер*, *Маунт-Айза*, *Маунт-Морган* и других. Производство серы в такой форме превышает 400 тыс. т в год.

Австралия осуществляет довольно значительный экспорт серы, вывозящейся преимущественно вместе с цинковыми и свинцовыми, а также медными концентратами.

Серная промышленность присутствует также в **Новой Зеландии** – здесь с 1970-х гг. осуществляется извлечение серы на нефтеперерабатывающих заводах, однако объёмы выпуска серы не превышают 10 тыс. т в год. В то же время Новая Зеландия в значительных количествах импортирует серу для нужд собственной химической промышленности, причём в 1980-х – первой половине 1990-х гг. она по объёму импорта опережала Австралию. Существенное увеличение закупок со стороны последней, наблюдающееся с 1994 г., отодвинуло Новую Зеландию, импорт серы со стороны которой стабилизировался, на второе место. Тем не менее, она не так уж и много проигрывает Австралии: в 1998 г. их доли в региональном импорте составили соответственно 44% и 56%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сера, как и многие другие виды минерального сырья, является исключительно важной для современного многоотраслевого мирового хозяйства. Главной сферой конечного потребления её было и остаётся сельское хозяйство, развитие которого определяет возможность существования практически всего населения земного шара. Человеческая мысль и труд являются двигателем общественного развития, а значит, в конечном итоге, серная промышленность вносит свой вклад и в это глобальное по всем параметрам явление.

Серная промышленность опирается на развитую сырьевую базу. Серосодержащим сырьём являются природный газ, нефть, серные руды, уголь, битуминозные пески, сульфидные руды цветных металлов, пирит и т.д. Извлекаемые ресурсы серы в мире оцениваются нами в 20 млрд т, а обеспеченность отрасли составляет порядка 350 лет.

Производство серы опирается на несколько видов сырья, конкуренция между которыми сильно обострилась в последние годы. Присутствие серы в качестве примесей в различных минералах и топливе, извлечение коих из недр растёт, обуславливает рост выпуска её в качестве побочного продукта переработки исходного сырья. Ситуация усугубляется ужесточением экологических норм в развитых странах, побуждающим компании осуществлять производство серы, а она является одним из главных загрязнителей, в независимости от развития спроса на неё.

Изложенная выше тенденция объясняет длящееся на протяжении последних четырёх десятилетий постепенное и всё более интенсивное смещение отрасли из добывающего комплекса в химическую индустрию. К настоящему времени добыча серы осуществляется в намного меньших объёмах нежели производство.

Объёмы производства серы в мире достаточно стабильны в последние годы ввиду широты её применения и составляют 56–58 млн т в год. Ведущими странами по выпуску серы являются США и Канада, обеспечивающие свыше трети общего выпуска. Это определяет лидирующие позиции североамериканского региона в отрасли, хотя всё большую конкуренцию ему составляют азиатские страны.

Несовпадение в географии производства и потребления серы обуславливает большую вовлечённость этого продукта в международную торговлю на протяжении всего времени существования отрасли.

Исключительная роль серы в сельском хозяйстве и химической промышленности долгое время определяла место серной промышленности в мировом хозяйстве. В обозримом будущем такая ситуация сохранится, но вместе с тем, по всей видимости, будет возрастать значение природоохранного аспекта развития отрасли.

ИСТОЧНИКИ

1. *Битков Г. М., Чернышёв А. К., Аверр Д. Л.* Промышленность минеральных удобрений республик бывшего СССР. М.: Агрохим-бизнес, 1994.
2. *Быховер Н. А.* Распределение мировых ресурсов минерального сырья по эпохам рудообразования. М.: Недра, 1984.
3. *Быховер Н. А.* Экономика минерального сырья. М.: Недра, 1969.
4. *Вольф М. Б., Клупт В. С.* Статистический справочник по экономической географии стран капиталистического мира. М.: Издательство социально-экономической литературы, 1959.
5. *Гераськин В.* Астраханьгазпром: вчера, сегодня, завтра. // «Нефтегазовая вертикаль», 2001, № 11.
6. Горная энциклопедия, тт. 1–5. М.: Советская энциклопедия, 1984–1991.
7. *Мещёрин А.* Вода, вода, кругом вода. // «Нефтегазовая вертикаль», 2000, № 2.
8. Народное хозяйство СССР в 1922–1972 гг. М.: Статистика, 1972.
9. *Парфёнов М. В.* Состояние и перспективы развития мирового производства серы. // БИКИ, 1997, №№ 50, 51.
10. Промышленность России. М.: Госкомстат России, 1998.
11. Промышленность СССР. М.: Информационно-издательский центр, 1990.
12. *Ферсман А. Е., Коган Б. И.* Минеральное сырьё зарубежных стран. М.–Л.: Издательство Академии Наук СССР, 1947.
13. *Фриденсбург Ф.* Экономика горной промышленности мира. М.: Недра, 1968.
14. Экономика химической промышленности капиталистических стран. М.: Химия, 1989.
15. European Minerals Yearbook 1996–97. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1998.
16. Handbook of World Mineral Trade Statistics 1991–1996. New York and Geneva: United Nations, 1997.
17. Handbook of World Mineral Trade Statistics 1993–1998. New York and Geneva: United Nations, 2000.
18. Industrial Commodity Statistics Yearbook 1976, 1981, 1995. New York: United Nations, 1978, 1983, 1997.
19. International Minerals/Metals Review, 1982. Washington, D.C.: McGraw-Hill Publications Company, 1982.
20. Mineral Commodity Summaries 1994, 1998, 2002. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1994, 1998, 2002.
21. Mineral Facts and Problems 1980. Washington, D.C.: U.S. Bureau of Mines, 1980.
22. Minerals Yearbook 1977, 1982, 1986, 1987. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1980, 1984, 1988, 1989.
23. Mining Annual Review 1980–1990, 2002. Mining Journal, London.
24. Sheldrick William F. World Sulphur Survey. Washington, D.C.: The World Bank, 1984.
25. South Africa's Mineral Industry 1998/99. Department of Minerals and Energy, 2000.

26. Statistical Summary of the Mineral Industry. Production, Imports and Exports. 1958–1963. London: His Majesty's Stationery Office, 1965.
27. Statistical Summary of the Mineral Industry. Production, Imports and Exports. 1963–1968. London: His Majesty's Stationery Office, 1970.
28. Statistical Summary of the Mineral Industry. Production, Imports and Exports. 1967–1971. London: His Majesty's Stationery Office, 1973.
29. World Mineral Production 1985–89. British Geological Survey, 1991.
30. World Sulphur and Sulphuric Acid Atlas. The British Sulphur Corporation Limited, 1976.
31. World Survey of Sulphur Resources. The British Sulphur Corporation Limited, 1974.
32. U. S. Geological Survey: [Electronic Resource]. Washington, D.C., 2003. Mode of access: <http://www.usgs.gov>.