Сера в природном газе: проблемы и решения

*Исследование выполнено Аналитической группой ЭРТА*

Во многих месторождениях природный газ содержит значительные примеси соединений серы, прежде всего – сероводорода (до 50%). При промышленной добыче газа встают вопросы:

* что делать с сероводородом:
  + сжечь/утилизировать;
  + закачать обратно в недра в специальную скважину;
  + использовать как сырье;
* как поступать с выделенной серой в дальнейшем.

От технологического и экономически приемлемого решения вопросов зависит рентабельность добычи газа с серных месторождений. Имеется информация, что именно по причине высокого содержания серы в газе Газпром отказывается от разработки богатых месторождений в Астраханской области.

**Цель исследования:** найти наиболее оптимальную с технологической и экономической точек зрения способ обращения с сероводородом.

**Резюме**

Существуют три главных направления решения проблемы;

1. обратная закачка сероводорода в недра;
2. переработка сероводорода с извлечением серы и ее захоронением/использованием в качестве сырья;
3. переработка серы в полезные продукцию (строительные материалы, серную кислоту, удобрения и т.п.)

С технологической точки зрения разделение природного газа от сероводорода, равно как и очистка природного газа от серы, не вызывает проблем. Лучшим способом извлечения серы[[1]](#footnote-1) являются установки клаус-процесса: сера извлекается из сырого газа в любых количествах в товарном виде (комовом или гранулированном).

Просто сжигать сероводород нецелесообразно из-за ущерба, наносимого окружающей среде, и из-за упускаемой выгоды: все-таки сера – это сырье, пользующееся спросом.

Присутствие серы в газе приводит к усложнению техпроцессов и росту себестоимости газа: добавляются извлечение серы из газа, гранулирование и хранение серы; в случае выпуска продуктов на основе серы переработки – дополнительный целый производственный цикл.

Компания Shell, столкнувшись с проблемой серы, пошла по пути полного извлечения серы и дальнейшей её реализации как сырья. В то же время, работая на перспективу, компания разработала и запатентовала три новых серосодержащих продукта: сероасфальт, серобетон и сероудобрения (зарегистрированы также торговые марки: Shell Thiopave, Shell Thiocrete, Shell Thiogro). Компания ищет возможности продажи этих продуктов по всему миру – организованы совместные предприятия по выпуску сероасфальта в Индии и сероудобрений в Китае. В настоящее время финансовый результат и объёмы продаж серопродуктов невелики из-за узости рыночных ниш. В России подобные технологии инновационного использования серы также известны (к примеру, ВНИИГАЗ владеет патентом на серосодержащий асфальт с 2001 года), но почти не находят применения по причине экономической нецелесообразности.

Спрос на серу как сырье в России удовлетворен полностью, перспектив резкого роста потребности внутри страны не имеется, даже если учесть рыночные ниши для инновационных продуктов на основе серы. На мировом рынке серы имелся устойчивый дефицит сырья в течение длительного времени (1992...2008), однако после того, как Китай стал добывать серу самостоятельно, спрос упал, – и мировые цены, соответственно, тоже. Мировые цены показывают сильную волатильность: до экономического кризиса в условиях дефицита цены выросли за год в 10 раз (2008 год; 500...700 долл./тонна), в 2009 вернулись на прежние уровни, рынок был затоварен (40...70 долл./тонна). Прогнозная цена на 3-4 кварталы 2010 года находится в пределах 140...160 долл./тонна.

С другой стороны, мировая потребность в сере вполне может вырасти на горизонте нескольких лет – поэтому наиболее целесообразным вариантом обращения с серой в природном газе является следующий.

**А.** **Если газ добывается с небольших и средних глубин (2...4 км) при отсутствии внятных перспектив реализации серы и/или серосодержащих продуктов**:

– обратная закачка сероводорода в пласт (после отделения от природного газа на установках аминной очистки).

**Б. Если газ залегает на больших глубинах (> 4 км) и/или при явных перспективах рыночного спроса на серосодержащие продукты:**

1. извлечение серы из сырого газа на клаус-установках;
2. подготовка хранилищ товарной серы;
3. ожидание роста спроса на серу на мировом рынке и ее реализация или реализация серы ниже себестоимости (в любом случае в себестоимость природного газа включаются дополнительные издержки);
4. разработка и применение технологий выработки полезных продуктов из серы (серная кислота; серные удобрения; серосодержащие строительные материалы и т.п.);
5. маркетинговая работа – поиск каналов сбыта серосодержащих продуктов на российском и мировом рынках.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Оглавление

[1. Обратная закачка 3](#_Toc269210796)

[2. Очистка газа от серы 4](#_Toc269210797)

[Имеющиеся технологии очистки 5](#_Toc269210798)

[Новые технологии 5](#_Toc269210799)

[3. Перспективы продажи серы 7](#_Toc269210800)

[Использование серы в экономике 7](#_Toc269210801)

[Производство серной кислоты 8](#_Toc269210802)

[4. Практика обращения с серой на астраханских месторождениях Газпрома 9](#_Toc269210803)

[5. Решение проблемы переработки серы в компании Shell 11](#_Toc269210804)

[Новые продукты на основе серы 12](#_Toc269210805)

[6. Хранение серы. 14](#_Toc269210806)

# 1. Обратная закачка

Сероводород рассматривается как побочный (ненужный) продукт добычи природного газа. Существует способ простого решения всех проблем: избавиться от сероводорода (и шире – кислого газа) путем его обратной закачки в недра. Технология предусматривает бурение специальных скважин и нагнетание в них сероводорода, предварительно отделенного от природного газа, под давлением, что чего используются компрессорные станции. Технологии обратной закачки освоены и применяются многими компаниями в таких случаях, как:

* в целях более полного извлечения нефти и конденсата на нефтегазоконденсатных месторождениях (в качестве напорного газа используется ПНГ);
* в целях надежного захоронения углекислого газа, чему с финансовой стороны способствуют процедуры продажи единиц сокращения выбросов в рамках процедур Киотского протокола – в этом аспекте показательна практика компании Shell.

Сравнительные преимущества обратной закачки очевидны:

1. побочный газ надежно закупоривается в недрах и не доставляет в дальнейшем никаких забот;
2. становятся ненужными капиталовложения в организацию переработки сероводорода;
3. ликвидируются риски нарушений природоохранного законодательства и сопутствующие финансовые санкции (что особо актуально для России в свете грядущего ужесточения природоохранного законодательства).

Однако этот способ решения проблемы неидеален; его главный минус: огромные альтернативные капиталовложения в бурение скважин для захоронения побочных газов, и строительство компрессорных станций.

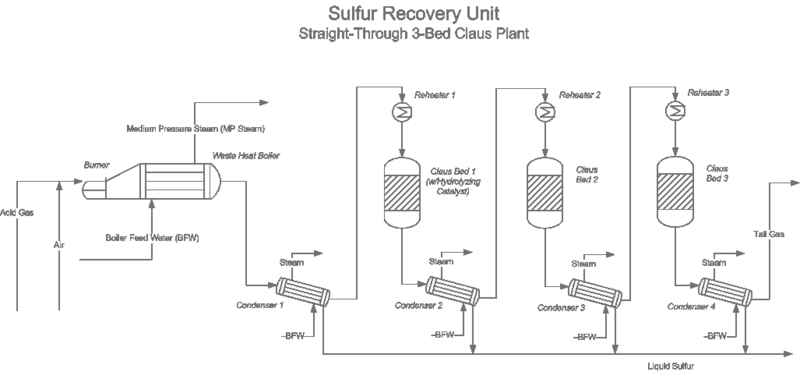
Методом обратной закачки можно пользоваться, если глубина спецскважин не превысит некоторого предела (2...3, максимум 4 км) – на больших глубинах он становится неприменим из-за сильного нарастания капиталовложений в бурение.

# 2. Очистка газа от серы

Для промышленных объемов добычи единственной технологией является т.н. процесс Клауса: извлечение серы из сырого газа с помощью одно- или многостадийных каталитических реакций.

Технически воплощен в клаус-установках, стоимость одного комплекта примерно 5 млн. долл. В России немало поставщиков клаус-установок «под ключ»:

Принципиальная схема установки, основанной на процессе Клауса, выглядит так:



Клаус-процесс активно применяется на нефте- и газоперерабатывающих предприятиях, для переработки сероводорода с установок гидрогенизации и установок аминной очистки газов. Основная задача — достижение 99,5 % извлечения серы без дополнительной очистки отходящих газов. Существуют разновидности – по глубине извлечения серы различают как минимум три разновидности клаус-процесса, причем чем глубже извлечение, тем дороже оборудование, и на практике нужно выбирать оптимальный вариант. Глубина извлечения серы в ОАО «Астраханьгазпроме», по нашим расчетам, составляет лишь 88...90%.

Катализаторы бывают жидкостными и твердотельными. Первые дешевле, но при практическом применении кроме цены катализатор важен его удельный расход (кг. катализатора на 1000 куб. метров сырого газа).

### *Имеющиеся технологии очистки*

1. Клаус-процесс *– см. выше*.
2. Мембранная – неприменима при промышленных объемах очищаемого газа.
3. Абсорбция. Разделение кислого газа на составляющие. Предварительный технологический процесс перед извлечением серы из газа.
4. Химические методы связывания серы:
5. реакция с железом с получением сульфида железа; аппаратурное оформление в варианте очистки с железом самое простое, экономически целесообразно при малых объемах переработки.
6. окисление серы до сульфатов кислородом воздуха. Сульфаты безопасны – легко разместить на свалке промышленных отходов и забыть. Однако природоохранные риски остаются, а в свете последних инициатив президента Медведева (увеличение уровня платы за размещение промотходов и выбросы загрязняющих веществ) – становятся слишком высоки.
7. обработка сырого газа хлором. Расход хлорки невелик: 1 тонна на 150 кг сероводорода. На выходе получаются продукты: соль поваренная (NaCl), вода и сера – все нетоксичны. Испытанная технология, но не пригодна для больших объемов добычи.
8. Каталитическое связывание серы различными поглотителями. Зарубежные производители (BASF, в частности) предлагают несколько решений: экстрагируют сероводород щелочью, далее либо окисляют, либо выпаривают. Существует множество методик, к примеру, поглотители с активатором фирмы BASF; ряд жидких катализаторов, а также твердые каталитические продукты (наиболее известен SulfaTreat).

### *Новые технологии*

Имеется ряд разработок, уже получивших патент и опробованных на практике, но существующих на уровне экспериментальных установок. По некоторым критериями новые технологии превосходят клаус-процесс:

* сниженное количество стадий процесса извлечения серы;
* стоимость катализатора и его расход (потребление) при эксплуатации установок очистки;
* требуемый размер капитальных затрат на возведение установок очистки;
* простота технического обслуживания и т.п.).

Однако при доведении этих технологий до масштабов промышленного применения могут появится заранее неизвестные сложности, в результате чего потребуется годы работы и значительные капвложения в доработку этих технологий до уровня промышленной эксплуатации.

***Наиболее перспективные экспериментальные разработки***

*1. ИВКАЗ – катализатор очистки нефти и газа от серосодержащих соединений на основе фталоцианинов металлов.*

Применяется промышленно, защищен патентом. Позволяет очищать сырье от четырех типов сернистых соединений: сероводорода, меркаптанов, сероокиси и двуокиси углерода (H2S + RSH + COS + CO2).

Владелец технологии – Волжский научно-исследовательский институт углеводородного сырья, – готов разработать новые аспекты применения ИВКАЗ, в т.ч. приспособленные для полного или частичного замещения клаус-процесса.

Преимущества: каталитическая реакция более активна, чем в процессе Клауса, что обуславливает меньший расход катализатора.

Недостатки: не опробирован в применении к промышленным объемам переработки кислого газа; обычно применяется для нефти и ПНГ, а не для природного газа.

*2. Прямое каталитическое окисление сероводорода в элементарную серу*

Технология разработана и запатентована институтом им. Барескова (г. Новосибирск). Очищает природные, кислые и попутные нефтяные газы на НПЗ, ГПЗ и в местах добычи прямым каталитическим окислением сероводорода в элементарную серу.

Получены патенты в США – №4 886 649, Франции – №2 626 784, ФРГ – №3 903 294, в Канаде – №1 307 906, Японии – №030923/89. В России технология защищена 10-ю патентами.

Сокращенное наименование технологии: "Одностадийная сера". Промышленная разработка технологии находится на стадии экспериментальной установки. Технология апробирована в ОАО "Новойл" (Уфа), Шкаповском ГПЗ и Бавлинском нефтяном месторождении.

Достигнутый объем переработки кислого газа – 300 куб.м. в час.

Преимущества: дешевизна по сравнению с клаус-процессом, причем как по капитальным затратам, так и по эксплуатационным. Данное обстоятельство, конечно, нуждается в подтверждения на промышленных объемах переработки газа.

Недостатки: технология существует только в виде экспериментальной установки, пусть и успешно прошедшей испытания; необходимы инвестиции в доработку технологии до уровня промышленного применения.

# 3. Перспективы продажи серы

В настоящее время сколь-либо серьёзные объемы серы не востребованы ни на российском, ни на мировом рынке. Однако история свидетельствует, что спрос на серу имеет волнообразный характер и может вырасти в среднесрочной перспективе. Поэтому целесообразным вариантом представляется организация безопасного для здоровья людей и окружающей природной среды хранения серы с возможностью реализации в товарном виде.

### *Использование серы в экономике*

Около 90% серы расходуется на производство серной кислоты. Серная кислота, в свою очередь, преобладающим образом потребляется в производстве фосфоросодержащих удобрений (ок. 70%).

Минеральные удобрение забирают превалирующие объемы серной кислоты не только в России, но и по всему миру. Так в странах, являющихся основными потребителями серной кислоты, удельный вес ее использования для производства удобрений составляет:

в России – 70%,

в США – 74%,

в Китае – 60%,

в Марокко – 97%,

в Индии – 60%.

Кроме того, важными направлениями применения серной кислоты являются производство синтетических волокон (6% потребления в России), цветная металлургии (5%), а также выпуск красителей, аккумуляторов, взрывчатых веществ, ядохимикатов, средств для консервирования, медикаментов и моющих средств.

Практически все предприятия горнодобывающей промышленности используют серную кислоту для обогащения руд. В промышленности её применяют и для сушки газов (правда, в консервированном виде), а из нефти с помощью серной кислоты можно удалить все ненужные примеси.

*Источник: Мир серы / Бюллетень ОАО «НИУИФ». – Москва, 2004 – вып. 3.*

На мировом рынке серы имелся устойчивый дефицит сырья в течение длительного времени (1992...2008), однако после того, как Китай стал добывать серу самостоятельно, спрос упал, – и мировые цены, соответственно, тоже. Мировые цены показывают сильную волатильность: до экономического кризиса в условиях дефицита цены выросли за год в 10 раз (2008 год; 500...700 долл/тонна), в 2009 вернулись на прежние уровни, рынок был затоварен (40...70 долл/тонна). Прогнозная мировая цена на 3-4 кварталы 2010 года находится в пределах 140...160 долл/тонна. Российская сера поставляется на рынки Северной Африки и в порты Черного моря (на условиях FOB), где цены традиционно ниже мировых примерно в 1,5..2 раза, поэтому российские продавцы могут рассчитывать на цену 70...80 долл/тонна в 2010 году.

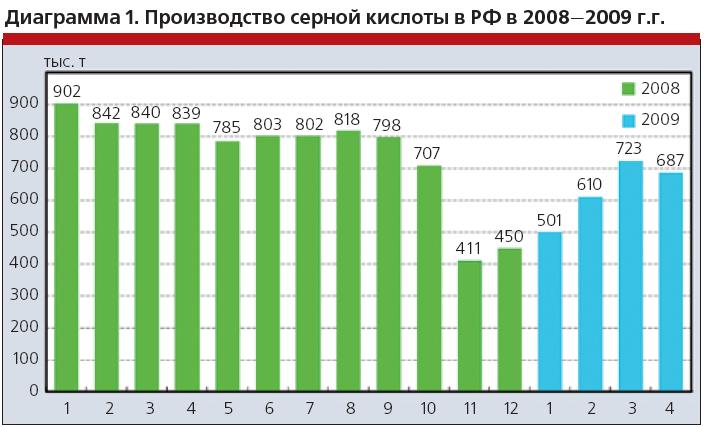
**

*Источник: Международные рынки удобрений. Новости и анализ / Бюллетень компании FMB Consultants. – 2010 – вып. 17.*

### *Производство серной кислоты*

Объем производства серной кислоты в России – ок. 9 млн.тонн (2008), практически вся потребность закрывается отечественными производителями. Как правило, производство серной кислоты и минеральных удобрений совмещено, крупнейшие производители:

1. «Аммофос» из группы компаний «ФосАгро», г. Череповец (Волгоградская обл.),
2. «Балаковские минудобрения», из группы компаний «ФосАгро», Саратовская обл.,
3. «Воскресенские минудобрения», г. Воскресенск, Московская обл.),
4. «Уфахимпром», г. Уфа,
5. ОАО «Азот», г. Кемерово.

**

*Источник: Реалии российского рынка серной кислоты / Бюллетень ОО ТД ПолиХимГрупп» – 2009, декабрь.*

Российское производство серной кислоты составляет всего 5% от мирового (2004)

В цене серной кислоты очень велика транспортная составляющая – она нередко превышает собственно себестоимость продукта. Перевозится в специальных цистернах железнодорожным транспортом, возможна также транспортировка автоцистернами.

Серная кислота относится к опасным веществам 2-го класса (очень опасные).

# 4. Практика обращения с серой на астраханских месторождениях Газпрома

ОАО «Астраханьгазпром» использует установку аминной очистки для захвата сероводорода из сырого газа и установки клаус-процесса для извлечения серы из сероводорода. Для процессов выделения сероводорода из газа и извлечения серы из сероводорода имеются и другие технологии, но именно эти две наиболее широко освоены в промышленной эксплуатации во всем мире.

Ввиду огромных объемов добычи (ок. 12 млрд. куб. м. сырого газа в год) на ГПЗ работают 4 установки клаус-процесса.

Оборудование установлено в 1986 году, с тех пор неоднократно модернизировалось, но вобрало ли в себя все достижения технической мысли за последние 20 лет – неизвестно. Судя по обилию патентов в сфере переработки серы, прогресс не стоит на месте: совершенствуются технологии, применяются улучшенные катализаторы, удешевляются оборудование. «Астраханьгазпром» использует классический катализатор – оксид алюминия Al2O3 (глинозём).

Масштабы переработки газа.

*Из 11 380 млн.куб. м. сырого газа, добытого в 2003 году, получено 4,6 млн. тонн серы. 63% сырья получено в виде комовой серы, 37% – в виде более пригодной к хранению гранулированной серы. В составе сырого газа содержится 25% сероводорода (H2S) и 15% углекислого газа (CO2).*

*Четыре печи Клауса перерабатывают ок. 4,55 млрд. куб.м. кислого газа в год.*

Крупнейшими стадиями модернизации клаус-процесса на астраханском ГПЗ Газпрома стали:

1. дооборудование установками типа «Суфрен» для доочистки хвостовых газов, выходящих из установки Клауса, от опасных окислов серы; ранее хвостовые газы выбрасывались в атмосферу, нанося серьезных вред окружающей среде;
2. оборудование гранулирования серы для улучшения её потребительских свойств в целях продажи на мировом рынке сырья.

Практика работы установок Газпрома показывает, что критически важное значение для конфигурации оборудования, и его стоимости имеют следующие два параметра:

1. содержание сероводорода в сыром газе (25% на астраханских месторождениях Газпрома) – для процесса выделения сероводорода из сырого газа;
2. содержание сероводорода в кислом газе (55...60%) – для извлечения серы из кислого газа.

Сера с установок Клаус-процесса выходит в товарном виде, и практически вся идёт на экспорт. Сырье вывозится автомобильным и ж.-д. транспортом (через станцию Аксарайская Юго-Восточной железной дороги) на экспорт, в основном (72%) – через порт Керчь. Причина направления серы на экспорт очевидны:

* мировые цены выше внутрироссийских;
* на российском рынке нет дефицита серы, и вдобавок, наиболее крупные потребители удалены от астраханских месторождений – доставка обходилась бы слишком дорого, а в цене продажи серы высок удельный вес транспортной составляющей.

Астраханская сера отвечает требованиям ГОСТов «Сера техническая « и «Сера техническая гранулированная» по большинству параметров (плотность. содержание примесей, влажность и т.д.), – но не по всем.

В 2004 году планировалось начать производство серобитумного вяжущего – новой основы асфальтов с улучшенными качествами, по износостойкости прежде всего. Планируемые мощности нельзя назвать большими – всего 100 тыс. тонн в год. Видимо, это был полуэкспериментальный проект, не реализованный, скорее всего из-за того, что не были подготовлены рынки сбыта. С другой стороны, и опыт сероасфальтов у Shell это косвенно подтверждает, – то был шаг в правильном направлении.

# 5. Решение проблемы переработки серы в компании Shell

В добываемых Shell углеводородах, также как в Астрахани, много серы. Компания ищет решение проблемы с серой не в направлении захоронения или утилизации, а полезного использования серы, а именно:

* поставки товарной серы в качестве сырья предприятиям горнорудной и текстильной промышленности;
* производства и сбыта новых серосодержащих продуктов; успешными оказываются следующие продукты:
  + серобетон,
  + сероасфальт,
  + серосодержащие минеральные удобрения.

Полезным использованием серы занимается специально созданная бизнес-единица – Shell Sulfur Solutions. Примечательно, что Shell поставила цель сосредоточить в своих руках всю технологическую цепочку – от извлечения серы из углеводородов до изготовления и сбыта серосодержащих продуктов.

Финансовые результаты продажи трёх запатентованных серосодержащих продуктов Shell (Shell Thiocrete, серобетон; Shell Thiopave, сероасфальт и Shell Thiogro, сероудобрения) не раскрываются ни на сайте, ни в годовом отчете компании, – скорее всего, не приносят заметной прибыли акционерам. Видимо, Shell развивает технологии полезного применения серы не столько ради финансовой выгоды, сколько на перспективу – такой способ управления инновациями часто используется западными компаниями.

Наряду с продвижением сероасфальта (содержащего серный модификатор вместо битума), Shell через свою бизнес-единицу Shell Bitumen ежегодно продает 11 тыс. тонн битума широкому кругу потребителей (более 1600). А в Индии уже открыто 2 завода для выпуска битума.

**Таким образом, мотивация Shell в области развития технологий переработки серы объясняется стремлением застолбить технологическое преимущество на перспективу, в то время как серопродукты ни по объемам реализации, ни по рентабельности не играют заметной роли.**

Производство серопродуктов (асфальт, бетон, удобрения) в России может быть оправданным с экономической точки зрения, но точно в небольших количествах – поскольку слишком малы рыночные ниши, где серопродукты конкурентоспособны.

В качестве таких ниш можно указать:

* В строительстве зданий и сооружений – строительство хранилищ опасных и радиоактивных отходов (применение серобетона оправдано его повышенной устойчивостью к кислотам и радиации);
* В дорожном строительстве – грузонапряженные участки трасс федерального значения, а также автодороги, находящиеся в жарких климатических условиях (Юг России: Волгоградская область, Краснодарский край, Ставрополье, Калмыкия, а также страны СНГ: Грузия, Армения, Азербайджан).

В производстве минеральных удобрений – сельскохозяйственные регионы в Средней Азии, Индии и Юго-Восточной Азии, почвы которых бедны серой. На территории России практически нет почв, испытывающих сильный недостаток серы.

### 

### Новые продукты на основе серы

Опыт Shell в разработке серосодержащих продуктов показывает, что экономическую перспективу имеют три группы продуктов: серобетон, сероафсфальт и серосодержащие удобрения.

#### Серобетон.

Серобетон – это относительно новый устойчивый к коррозии материал, имеющий в составе камни, песок и цементирующий серный полимер. Серобетон замешивается и заливается при повышенной температуре. Остывая в течение нескольких последующих часов, он мгновенно набирает высокую прочность и обеспечивает долгую и экономически выгодную эксплуатацию во многих агрессивных средах.

Shell выпускает серобетон под специальной торговой маркой Shell Thiocrete (так и переводится – *сероцемент от Shell*)

Сера входит в состав продукта в виде соединения – серного полимерного цемента. Его основные преимущества перед традиционным вяжущим (портландцементом) – устойчивость к агрессивным средам; якобы повышенная долговечность; якобы сниженная себестоимость производства. Перспективное направление использования – обустройства хранилищ радиоактивных и других опасных отходов.

А что в России?

*В России с 2001 года технологии серобетона разработаны и запатентованы ВНИИГАЗом, но фактов использования в производстве не видно – это объясняется повышенными издержками на производство: себестоимость серобетона достигает уровня самых дорогих типов традиционного бетона, потребность в которых весьма мала. К тому же наряду с достоинствами серобетон проигрывает в прочности, устойчивости к нагреву, солнечному разрушению, трещинообразованию и т.п. Серобетон оказывается слишком хрупким, и для повышения прочностных характеристик требует специальных добавок (модификаторов), которые также доставляют проблемы – повышают себестоимость бетона, не выпускаются на территории России.*

#### Сероасфальт

По данным Shell, сероасфальт оказывается и дешевле, и качественнее (долговечнее) традиционного асфальта на основе битума. Снижение издержек на производство объясняется тем, что сера дешевле битума.

Торговая марка продукта – Shell Thiopave.

Проверка преимуществ сероасфальта в натуральных испытаниях.

*На строительстве автодорог в Саудовской Аравии был использован среоасфальт и проведены исследования к выяснению прочностных свойств сероасфальта в сравнении с традиционным. Вывод исследователей: сероасфальт может быть использован в дорожном строительстве без изменения дорожной техники, технологий и процедур, которые используются при укладке традиционного асфальта. Отмечалось удобство обращения с сероасфальтом (меньшая температура смеси, подготовленной для укладки на дорожную базу). Концентрация вредных для человека паров (сероводород, диоксид серы, серный газ) не превышала предельно допустимые уровни на всех стадиях процессов производства SEAM (sulfur enhanced asphalt mix – асфальтовая смесь с добавление элементарной серы) и укладки сероасфальта.*

*И самое главное – сероасфальт выдержал тест на прочность после двух лет интенсивного автомобильного движения. Его эксплуатационные характеристики были признаны высокими. Однако сравнение с традиционным асфальтом на том же участке дороги не выявило заметного превосходства: степень износа асфальта традиционного и сероасфальта оказалась примерно одинаковой [1]. В то же время ряд других тестов в лабораториях Великобритании, США и Китая показали существенное увеличение прочности сероасфальта по сравнению с традиционным асфальтом на основе битума [3].*

***Источники:***

*1. Efficient Transportation and Pavement Systems: Characterization, Mechanisms**Авторы: Imad L. Al-Qadi*

*2. Вэб-сайт* [*http://www.wrbailey.com/rockbinders/arp.html*](http://www.wrbailey.com/rockbinders/arp.html)

*3. A Study of the Low-Temperature Properties of Sulphur Extended Asphalt Mixtures, 2007*

#### Сероудобрения

Удобрениями с повышенным содержанием серы Shell занимается довольно давно – с 2004 года. Суть состоит во внедрении микрогранул серы в традиционные минеральные удобрения. Естественно, технология запатентована, как и остальные «серные» продукты Shell. Торговая марка продукта – Shell Thiogro (с 2004 года).

Повышенное содержание серы делает удобрения полезными в сельском хозяйстве из районов, где почвы бедны серой. Например, Shell Sulfur Solutions создало совместное с китайцами предприятие (2009 г.) по выработке богатых серой удобрений (в Китае много территорий, где в почве наблюдается недостаток серы) [4].

***Источники:***

*4. Вэб-сайт http://www.sinofert.com/en/news\_page.php?id=1809&cateid=11*

Оценка применимости серосодержащих удобрений в РФ

2/3 почв в России богаты серой, также нет недостатка в сере в почвах, территориально близко расположенных к промышленным объектам (помогают промышленные выбросы соединений серы).

Экспертное мнение

*Дефицит серы проявляется крайне редко. Недостаток ее отмечается на разных почвах, особенно на дерново-подзолистых, легких, малогумусных, а также в районах с большим количеством осадков, удаленных от промышленных центров. Это связано с тем, что значительное количество серы поступает из атмосферы с дождем и снегом за счет выбросов промышленных предприятий. Кроме того, при внесении ряда минеральных удобрений (например, простого суперфосфата или сульфата аммония) в почву поступает значительное количество серы, вполне достаточное для нормального роста и развития растений.*

***Источник****: http://www.landart.ru/03-uhod/b-sovet/03b0npk1.htm#npks*

Кроме того, традиционные фосфорные удобрения (суперфосфат или сульфат аммония) содержат до 12% соединений серы (по массе), что делает нецелесообразным применение специальных серосодержащих удобрений.

**Вывод:** на территории РФ очень мало с/х угодий, испытывающих дефицит серы.

Соответственно, потенциальная рыночная ниша для серосодержащих удобрений ограничена весьма малым размером.

Следует пристальнее рассмотреть возможность производства сероудобрений для последующего экспорта в страны Среднеазиатского региона, – поскольку недостаток серы имеет место именно в почвах этого региона.

# 6. Хранение серы.

Элементарная сера хорошо хранится без значительной потери товарных свойств в условиях отсутствия контакта с водой. Захоронение делается либо в углублении в земле поверх уровня грунтовых вод, изолируется сверху во избежание контакты с атмосферными осадками.

Комовая (негранулированная) сера имеет свойство пылиться (серная пыль летуча и вредна для человека при попадании в дыхательные пути) и загрязняться посторонними примесями, теряя товарные свойства. Гранулированная сера практически полностью лишена этих недостатков.

*Справка: что происходит с серой при открытом хранении*

*При открытом способе хранения серы на бетонных площадках, из-за атмосферной влаги происходит сульфатная коррозия бетона на портландцементе. Существующие бетонные покрытия площадок открытого хранения серы подвергаются разрушению. Происходит диффузия серной кислоты через бетон, что загрязняет почву, грунтовые воды. Кроме того, при хранении серы в открытом виде происходит ее сублимация в атмосферу (около 5,6 г на 1м2 в сут. при средней температуре 20°С, что составляет более 1тонны в сут. или более 400 т в год со склада серы на 1 млн. т, и то, при условии хранения в блочном виде). Сублимация усиливается под действием солнечной радиации и при хранении в комовом или гранулированном виде, т.к. площадь поверхности испарения многократно увеличивается. Открытое хранение серы приводит к ее выветриванию и разрушению под влиянием атмосферных условий. При определенных благоприятных условиях (наличие кислорода воздуха и воды) возникает биокоррозия (деструкция) серы, которая приводит к ее потерям. Указанные факторы при длительном хранении серы в открытом виде приводят к нарушению экологического баланса окружающей среды.*

Во всем мире и крупнейшие нефтяные компании, (Shell, Total), и крупнейшие производители товарной серы («Форт Мак Мюррей Синкруд», Канада) обычно основную массу серы хранят под открытом небом на промышленных полигонах, причем иногда – в непосредственной близи от водоемов и даже населенных пунктов. Эта практика не вызывает серьезных протестов со стороны экологов и органов.

|  |  |
| --- | --- |
| **Способы хранения серы в России и в мире** | |
| **Открытое хранилище серы в «Форт Мак Мюррей Синкруд», Канада**  • Объем продукта на площадке хранения – около 7 млн. тонн  • Расстояние до ближайшего населенного пункта – 15 км  • Ближайший открытый природный  водоем – река Атабаска, в 7 км | **Открытое хранилище серы в «Астраханьгазпром», Россия**  • Объем серы на площадке хранения – примерно 1,5 млн тонн  • Расстояние до ближайшего населенного пункта – 6 км  • Ближайший открытый природный водоем – река Волга, в 6 км |

Согласно российскому природоохранному законодательству, сера относится к отходам 4-го класса опасности (малоопасные). В присутствии атмосферных осадков может образовывать летучие соединения, вредные для человека соединения (оксиды серы). Однако, по всей видимости, удаления мест хранения от населенных пунктов на 5 км оказывается достаточной мерой предосторожности.

# ■

1. для промышленных объемов добычи сырого газа [↑](#footnote-ref-1)