



# МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



## Особенности применения гидроксида магния для очистки дымовых газов

Гусев Сергей Анатольевич



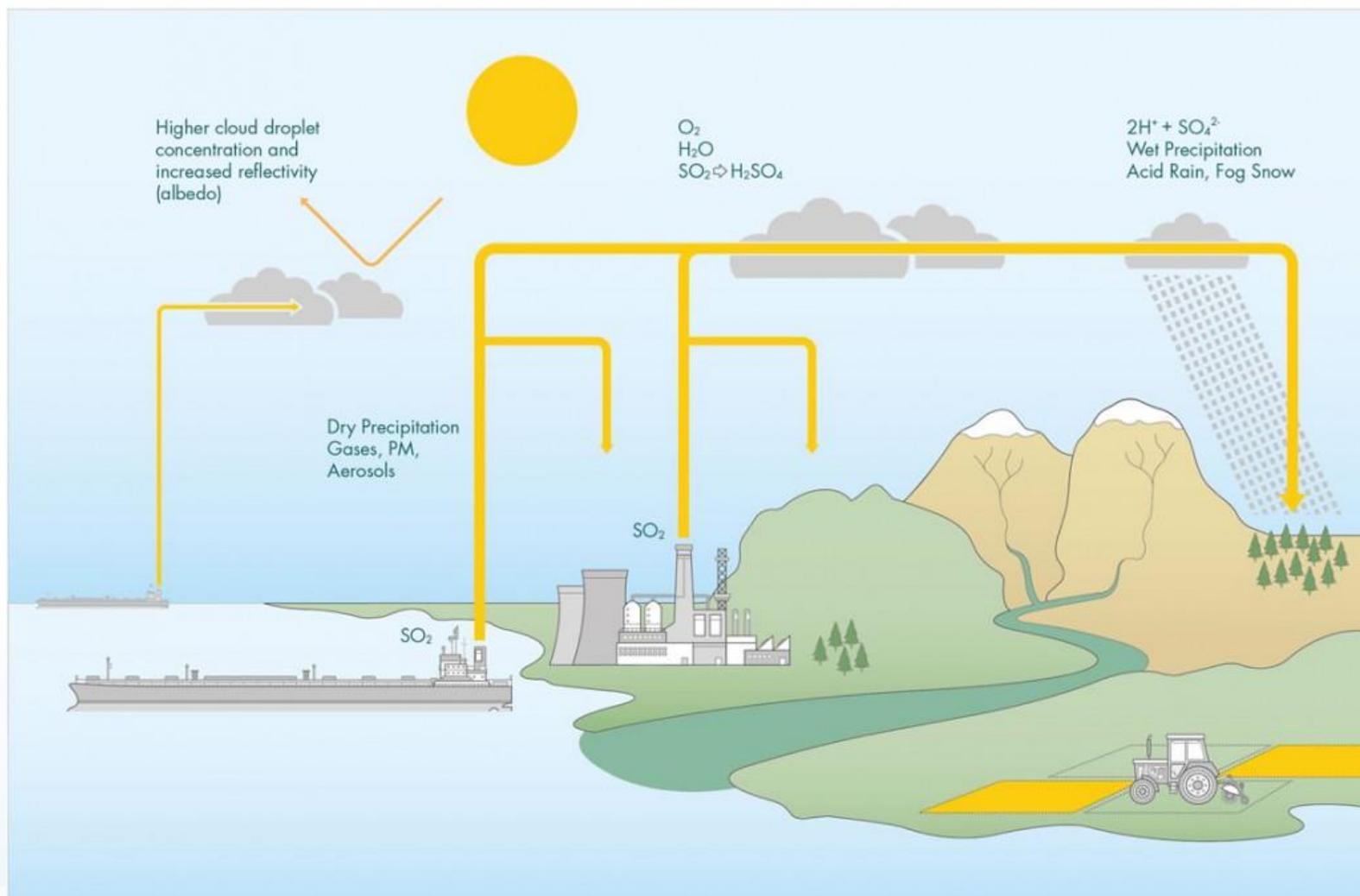
**RMCC**

Москва 2019

# Структура доклада

1. Постановка проблемы
2. Способы снижения выбросов
3. Очистка дымовых газов на судах
4. Виды реагентов для скрубберной очистки
5. Применение гидроксида магния в очистке газов. Теория
6. Природный гидроксид магния – брусит
7. «РГХО» - отечественный поставщик брусита
8. «МагТрит®» – природный гидроксид магния для газоочистки
9. Применения гидроксида магния в очистке газов. Практика
10. Перспективы развития направления
11. Заключение

# 1. Постановка проблемы



# 1. Постановка проблемы

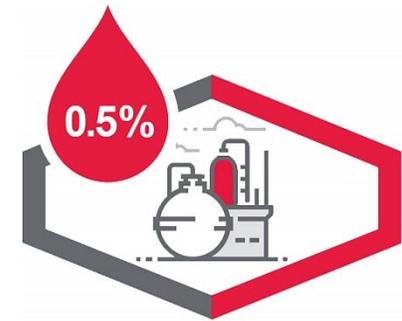


# 1. Постановка проблемы

В сфере морских перевозок в настоящее время действует ограничение 3,5% на содержание серы в судовом топливе. Международная морская организация (ИМО, IMO) планирует с 1 января 2020 года ввести глобальное ограничение на содержание серы в 0,5%. При этом в зонах особого контроля за выбросами с судов (ECA), в которую входит и Балтика, с 1 января 2015 года ограничение составляет 0,1%.

*RESOLUTION MEPC.259(68), adopted on 15 May 2015, 2015 GUIDELINES FOR EXHAUST GAS CLEANING SYSTEMS:*

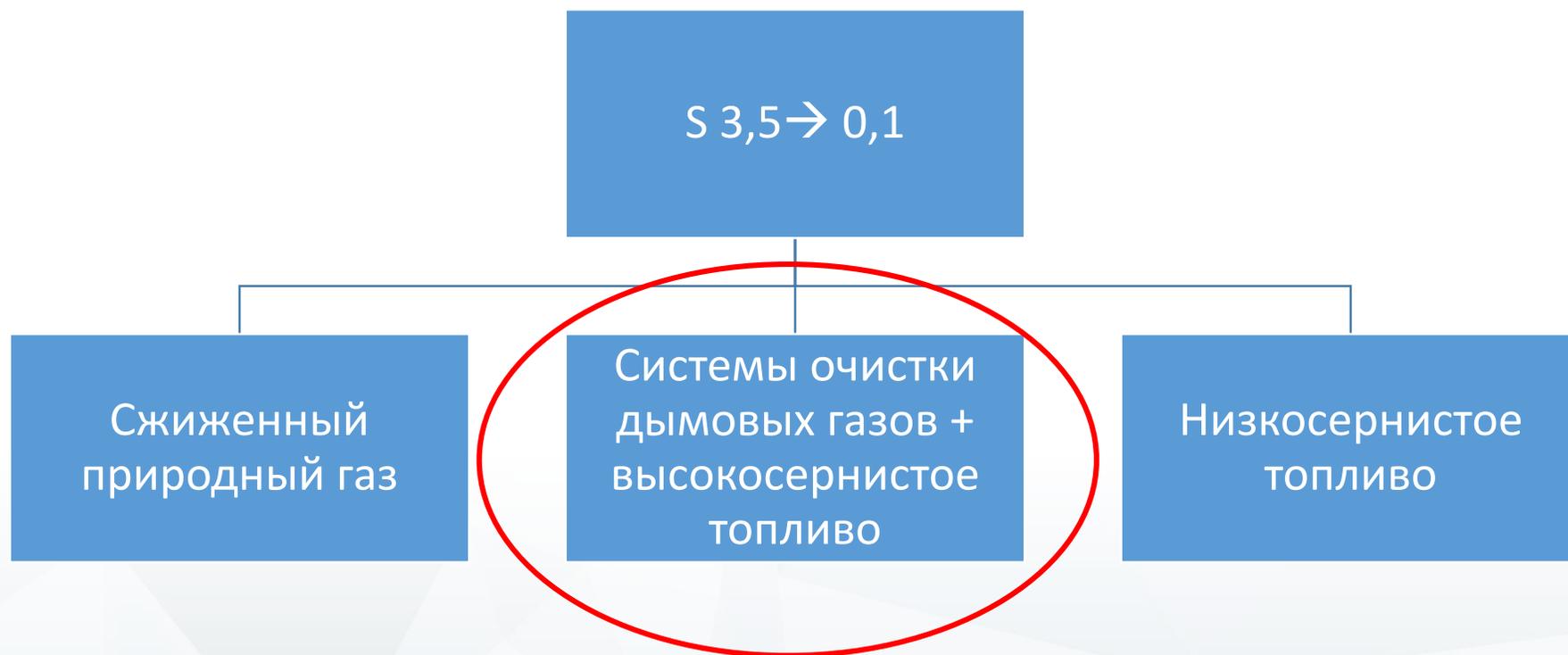
Уровень серы в топливе (% <sub>m/m</sub> ) в настоящий момент	Уровень серы в топливе (% <sub>m/m</sub> ) в 2020	Допустимое соотношение SO <sub>2</sub> (ppm)/CO <sub>2</sub> (% <sub>v/v</sub> ) в 2020	Необходимая степень очистки в 2020, %
<b>3.5</b>	<b>0.10</b>	<b>4.3</b>	<b>97</b>



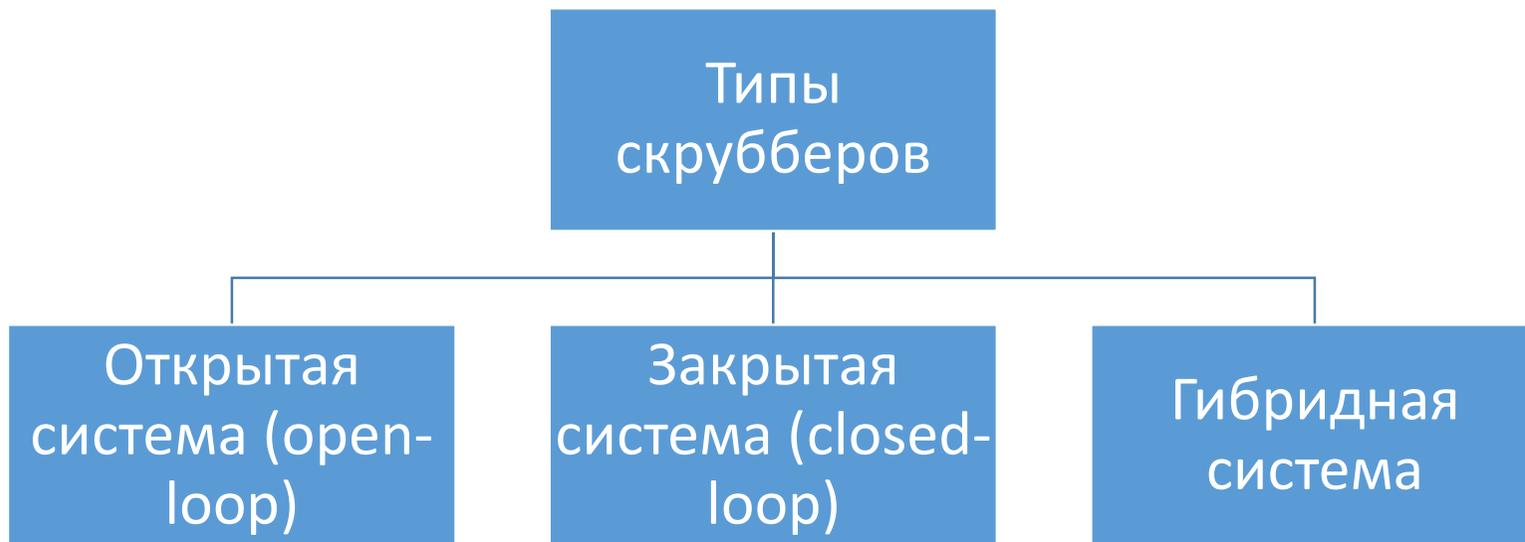
Также ограничения введены и на сбрасываемые промывные воды:

- 1) мин. pH 6.5
- 2) Полициклические ароматические углеводороды – макс.50 мкг/л
- 3) Мутность макс.25 NTU

## 2. Способы снижения выбросов



## 3. Очистка дымовых газов на судах

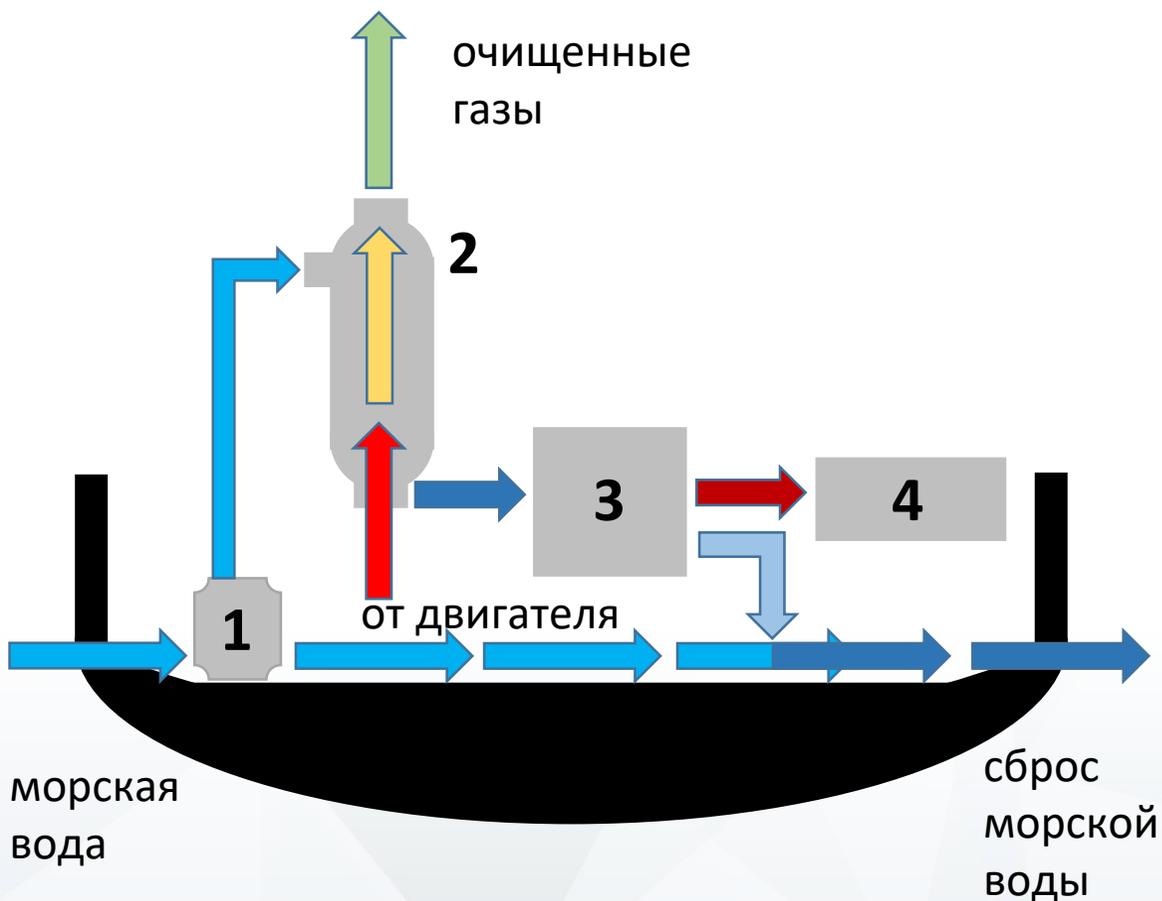


### Почему скрубберы?

- имеется неограниченный запас рабочей среды – воды
- скруббер дополнительно выполняет роль глушителя
- соответствуют судовым условиям по массогабаритным характеристикам

- могут работать на переменных режимах
- низкое энергопотребление
- имеют малое гидравлическое сопротивление
- пожаробезопасны

### 3. Очистка дымовых газов на судах



#### Открытая система (open-loop)

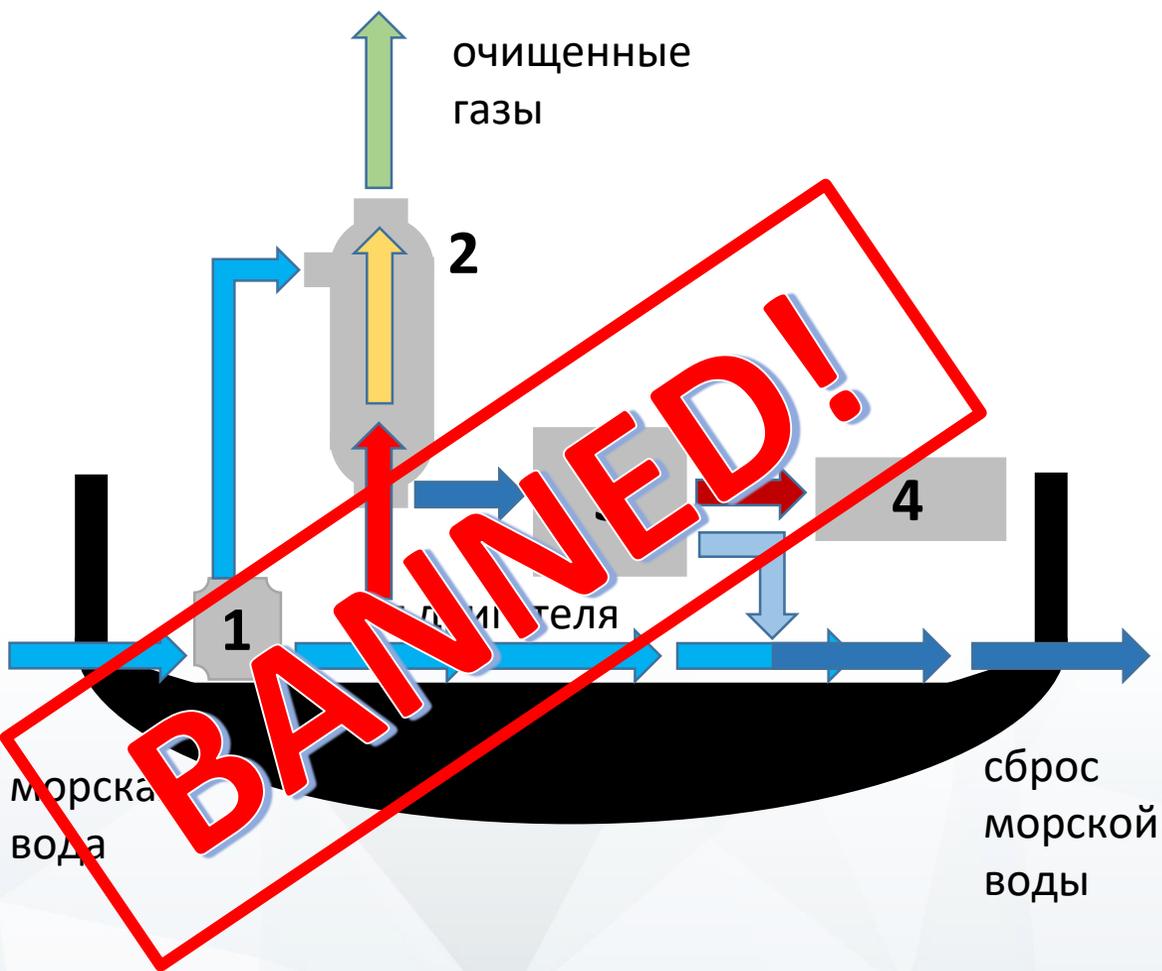
-Морская вода без добавления реагента перекачивается насосом (1) в контур скруббера (2), дымовые газы проходят через водяную завесу

-Промывочная вода подвергается очистке в отдельном блоке (3) и онлайн контролю параметров

-Очищенная промывочная вода сбрасывается в море

-Осадок поступает в накопительный бак (4)

### 3. Очистка дымовых газов на судах



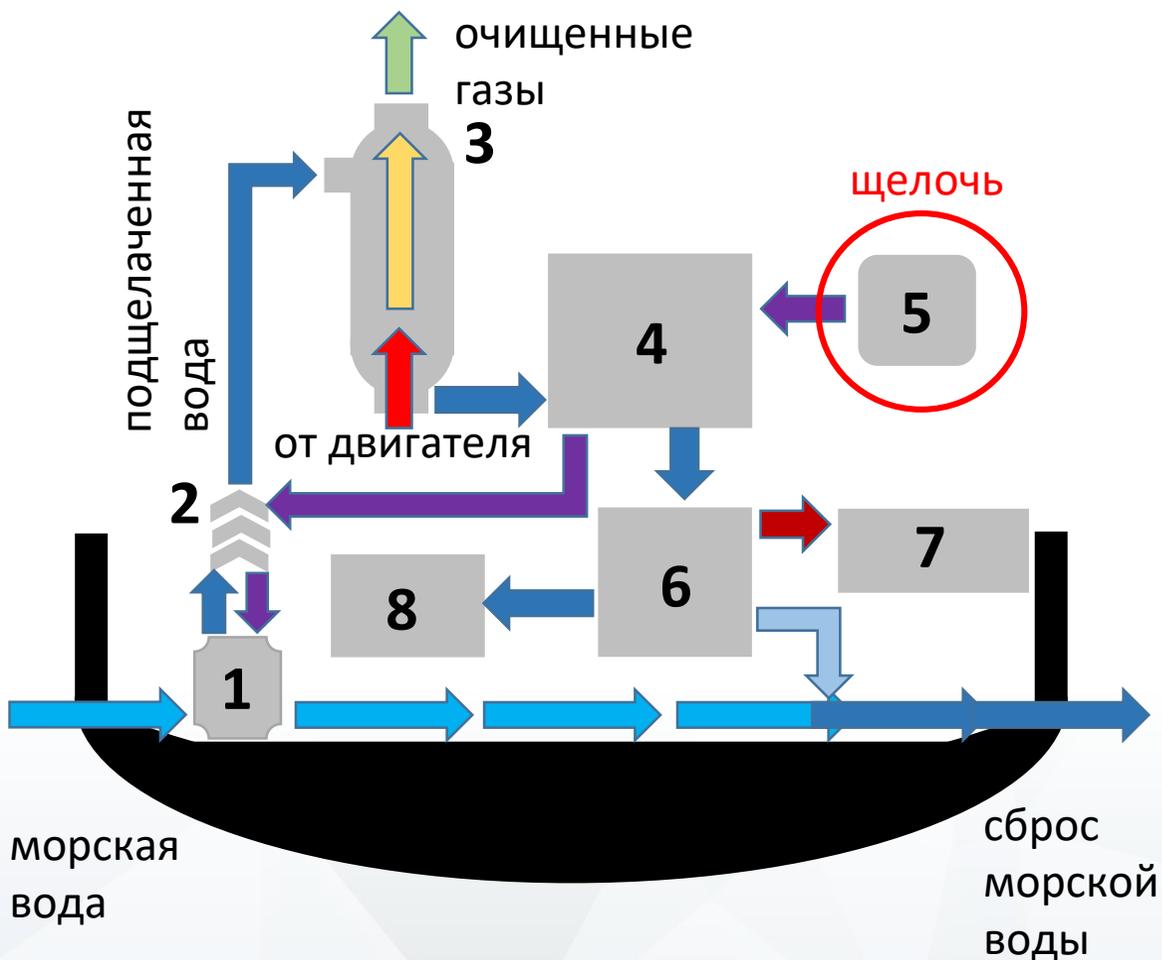
#### Открытая система (open-loop)

- запрет в Китае
- запрет с 1 января 2020 в Сингапуре
- запрет в Бельгии
- запрет в Германии
- запрет в Норвегии

....  
.....

?

### 3. Очистка дымовых газов на судах



#### Закрытая система (closed-loop)

- В морскую воду дозируют щелочь из бака (5)
- вода с добавлением реагента перекачивается насосом (1) через теплообменник (2) в контур скруббера (3), дымовые газы проходят через водяную завесу
- вода циркулирует через скруббер (3) и буферную емкость (4)
- Промывочная вода подвергается очистке в отдельном блоке (6) и онлайн контролю параметров
- Очищенная промывочная вода сбрасывается в море или может поступать в накопительный бак (8)
- Осадок поступает в накопительный бак (7)

### 3. Очистка дымовых газов на судах

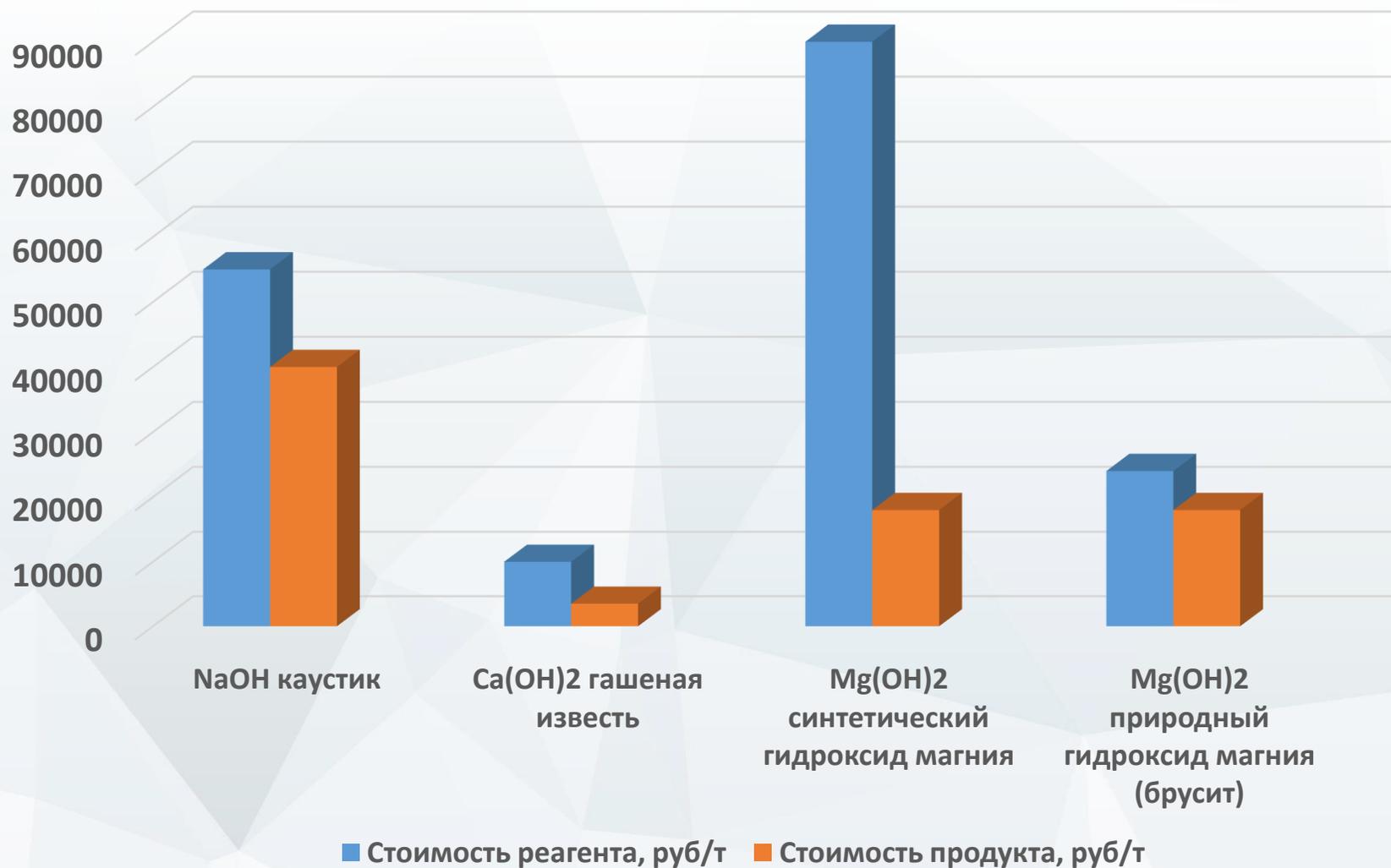


## 4. Виды реагентов для скрубберной очистки



# 5. Применение гидроксида магния в очистке газов. Теория.

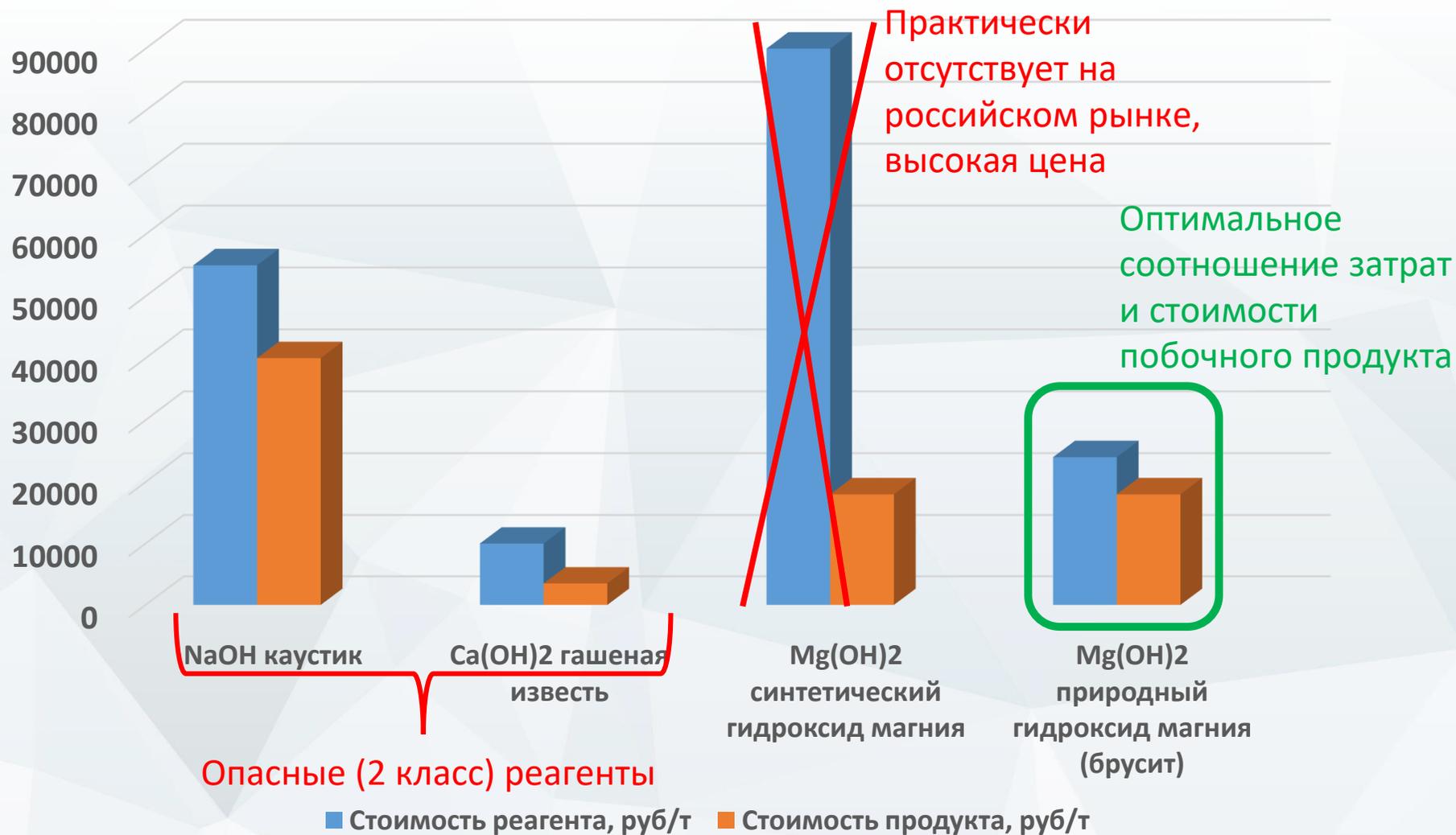
Сравнение стоимости\* реагентов и продуктов десульфурзации



\*На тонну сухого вещества

# 5. Применение гидроксида магния в очистке газов. Теория.

Сравнение стоимости\* реагентов и продуктов десульфуризации



Практически отсутствует на российском рынке, высокая цена

Оптимальное соотношение затрат и стоимости побочного продукта

Опасные (2 класс) реагенты

\*На тонну сухого вещества

## 5. Применение гидроксида магния в очистке газов. Теория.



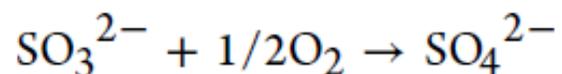
В пересчете на твердое вещество:

NaOH (каустическая сода)	= 1.0 т эквивалентна 0.73 т Mg(OH) <sub>2</sub>
Ca(OH) <sub>2</sub> (гашеная известь)	= 1.0 т эквивалентна 0.79 т Mg(OH) <sub>2</sub>

## 5. Применение гидроксида магния в очистке газов. Теория.

Скорость реакции окисления  $\text{MgSO}_3$  до  $\text{MgSO}_4$  может быть ускорена за счет:

- поддержания pH на уровне 6.5
- увеличения концентрации сульфата магния
- увеличении потока барботируемого воздуха (не менее 60 л/ч)



$$r = N_{\text{O}_2} a = [2D_{\text{O}_2} k C_{\text{O}_2}^* (C_{\text{SO}_3^{2-}})^2]^{1/2} a$$

$D_{\text{O}_2}$  – коэффициент диффузии кислорода

$C_{\text{O}_2}$  – равновесная концентрация кислорода на границе фаз

$C_{\text{SO}_3}$  - равновесная концентрация сульфат ионов

$k$  - постоянная скорости реакции

$a$  – межфазная площадь

Используя выражение для расчета числа Хатта, исследователи выразили скорость окисления сульфита до сульфата через диффузию кислорода. Именно этот параметр и является лимитирующим в процессе окисления. Энергия активации для окисления составляет 2.02 кДж/моль. Такие параметры как концентрация сульфата и температура реакции мало влияют на скорость окисления сульфита.

# 5. Применение гидроксида магния в очистке газов. Теория.

**Kawasaki**

Supply List of Flue Gas Desulfurization (1/5)

< For Domestic >

Client	Location	Unit No.	Fuel	Capacity (m <sup>3</sup> N/H)	Process	Year of Completion	Remarks
Sumitomo Rubber Industries	Kobe, Japan	Boiler	Oil	30.000	Wet Sodium Sulfite-Sodium Sulfate	1973-2	Replace Wet Magnesium Process
Caronight Chemical	Kawasaki, Japan	Boiler	Oil	16.000	Wet Sodium Sulfite-Sodium Sulfate	1973-4	
Kao Soap	Wakayama, Japan	Boiler	Oil	23.000	Wet Sodium Sulfite-Sodium Sulfate	1973-5	
Jujo Paper	Kushiro, Japan	Boiler	Oil	33.000	Wet Sodium Sulfite	1973-5	
Jujo Pulp	Akita, Japan	Boiler	Oil	84.000	Wet Calcium Carbonate ( To Wet Magnesium)	1973-5	Replace Wet Magnesium Process
Jujo Paper Board	Tokyo, Japan	No.2 Boiler	Oil	72.000	Wet Sodium Sulfite-Sodium Sulfate	1973-8	
Jujo Paper	Ishinomaki, Japan	Boiler	Oil	60.000	Wet Sodium Sulfite	1974-9	
Jujo Pulp	Akita, Japan	Boiler	Oil	89.000	Wet Calcium Carbonate	1975-6	
Jujo Paper	Kushiro, Japan	Boiler	Oil	24.000	Wet Sodium Sulfite	1975-7	
Kawasaki Steel Chemical	Mizushima, Japan	Boiler	Oil	20.000	Wet Sodium Sulfite-Sodium Sulfate	1977-1	
Jujo Paper Board	Tokyo, Japan	No.1 Boiler	Oil	52.000	Wet Sodium Sulfite-Sodium Sulfate	1979-11	Replace Wet Magnesium Process
Jujo Paper Board	Tokyo, Japan	No.3 Boiler	Oil	56.930	Wet Magnesium	1984-3	
Toho Beslon	Mishima, Japan	No.1 Boiler	Oil	105.000	Wet Magnesium	1985-3	
Sumitomo Metal Industries	Kokura, Japan	Furnace	Oil	350.000	Wet Magnesium	1985-4	
Sumitomo Metal Industries	Kokura, Japan	Heat Furnace	Oil	75.000	Wet Magnesium	1985-12	
Polyplastics	Fuji, Japan	Boiler	Oil	198.000	Wet Magnesium	1986-10	
Idemitsu Kosan	Aichi, Japan	No.4 Boiler	Bituminous Coal	200.000	Wet Magnesium	1987-2	
Polyplastics	Fuji, Japan	Gas Turbin	Oil	160.000	Wet Magnesium	1989-9	

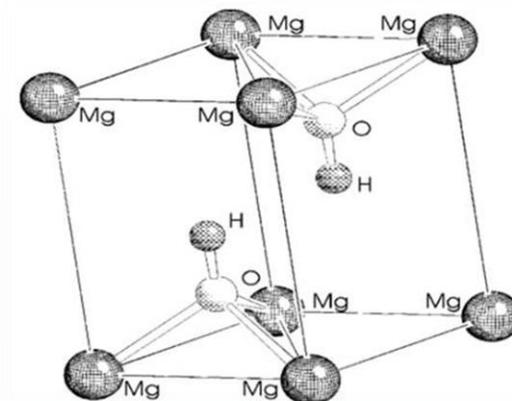
## 6. Природный гидроксид магния - брусит

**Брусит** - природный минерал гидроокиси магния, слагающий основной объем бруситовых руд. Он был открыт в 1824 году и назван в честь американского минералога А. Бруса (1777-1818). В ряду промышленных магнезиальных минералов брусит занимает ведущее место по содержанию Mg.

Брусит образуется путем термического разложения доломита:



Он также может быть образован путем термического разложения магнезита, формирующего периклаз (MgO), который впоследствии гидратируется и образуется гидроксид:



Основные области применения дробленого брусита

Отбелка целлюлозы

Очистка воды

Экология

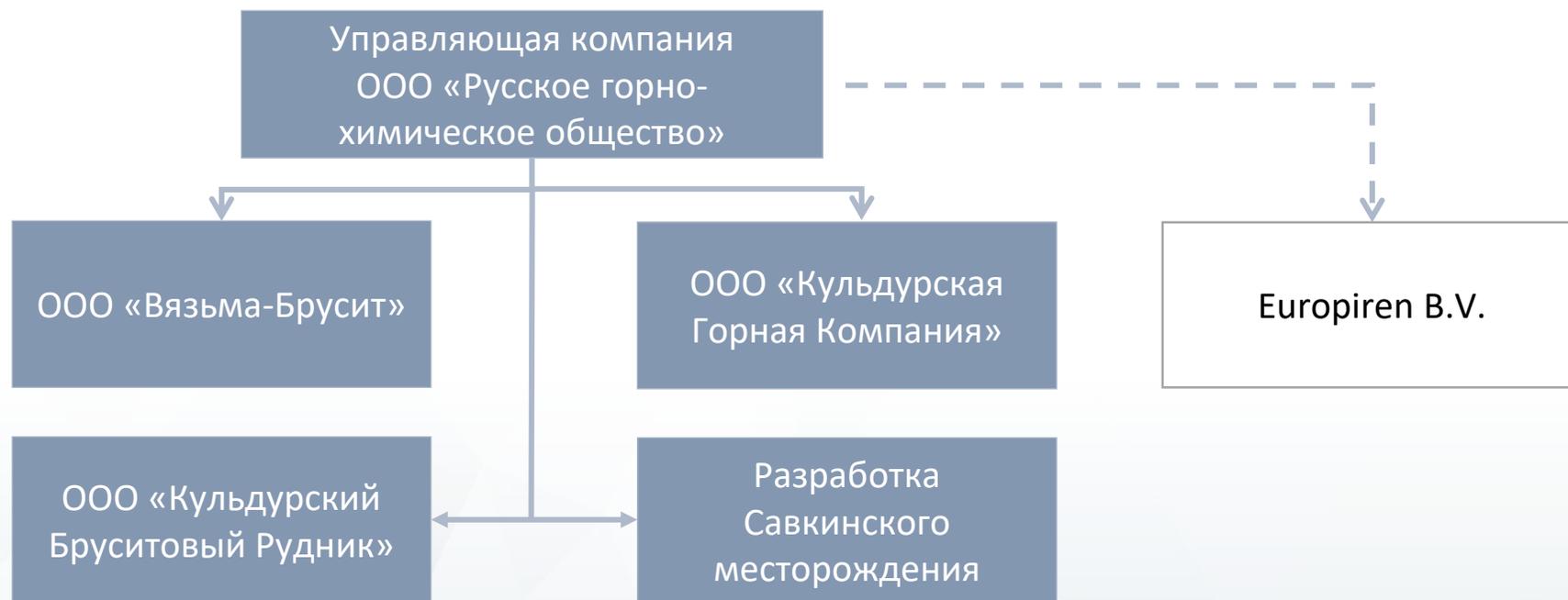
Металлургия

Антипирены

# 7. «РГХО» - отечественный поставщик брусита

ГК «Брусит»

Дистрибьютор в Европе



# 7. «РГХО» - отечественный поставщик брусита

## Кульдур, Россия

Более 10 млн. тонн подтверждено



### Кульдурский Бруситовый Рудник

- Сырьевая база Группы компаний
- Крупнейший в мире источник брусита
- Подтвержденные запасы более 10 млн. тонн
- Текущая добыча около 300.000 тонн/год

## Лианинг, Китай

?? млн. тонн



## Габбс, Невада, США

2,7 млн. тонн



## 7. «РГХО» - отечественный поставщик брусита



# 7. «РГХО» - отечественный поставщик брусита

360° контроль качества = Постоянство состава и свойств



# 7. «РГХО» - отечественный поставщик брусита

Продукт	Форма	Область применения
Экопирен	Порошок белого цвета	Антипирен для полимерных материалов
АгроМаг	Порошок белого цвета	Антислеживатель для удобрений, магнизальное удобрение, подкормка для КРС и поросят
БличМаг	Суспензия/порошок белого цвета	Реагент для отбелики целлюлозы
ФлюМаг	Белые куски	Флюс для металлургии
МагТрит	Суспензия/порошок белого цвета	Добавка для водо- и газоочистки
МагПро	Порошок белого цвета	Высокорреакционный MgO в производстве синтетической резины



**АгроМаг**



**МагТрит**





**«МагТрит®» – природный гидроксид магния  
для очистки сточных вод и десульфуризации  
дымовых газов**



**RMCC**

# 8. «МагТрит®» – природный гидроксид магния для десульфуризации

**МагТрит®** – реагент на основе природного гидроксида магния для очистки воды и дымовых газов от вредных примесей.

Доступен в виде порошка или стабилизированной концентрированной суспензии.



МагТрит® производится из высококачественного минерального сырья – минерала брусит - с содержанием мин. 89.9% of  $Mg(OH)_2$ .

Благодаря современным технологиям классификации руды МагТрит® - это натуральный продукт с постоянным составом и минимальным содержанием примесей.

## МагТрит

Характеристики суспензии МагТрит®	
Сухого вещества, %, мин.	58
Плотность, кг/м <sup>3</sup> , мин.	1500
Вязкость, (Брукфилд, 100 об/мин), сПз, макс.	650
Описание	Концентрированная стабильная суспензия белого цвета
$Mg(OH)_2^*$ , % мин.	89.9
CaO*, % макс.	3.0
SiO <sub>2</sub> *, % макс.	3.0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *, % макс.	0.3
Удельная площадь поверхности, м <sup>2</sup> /г	9-11
Гранулометрический состав D <sub>50</sub> , мкм	5.0-6.0
*в пересчете на сухое вещество	

# 8. «МагТрит®» – природный гидроксид магния для десульфуризации



1 еврокуб МагТрит®  
(60% суспензия)



2.9 еврокуба  $\text{Ca}(\text{OH})_2$   
(30% суспензия)



1 еврокуб МагТрит®  
(60% суспензия)



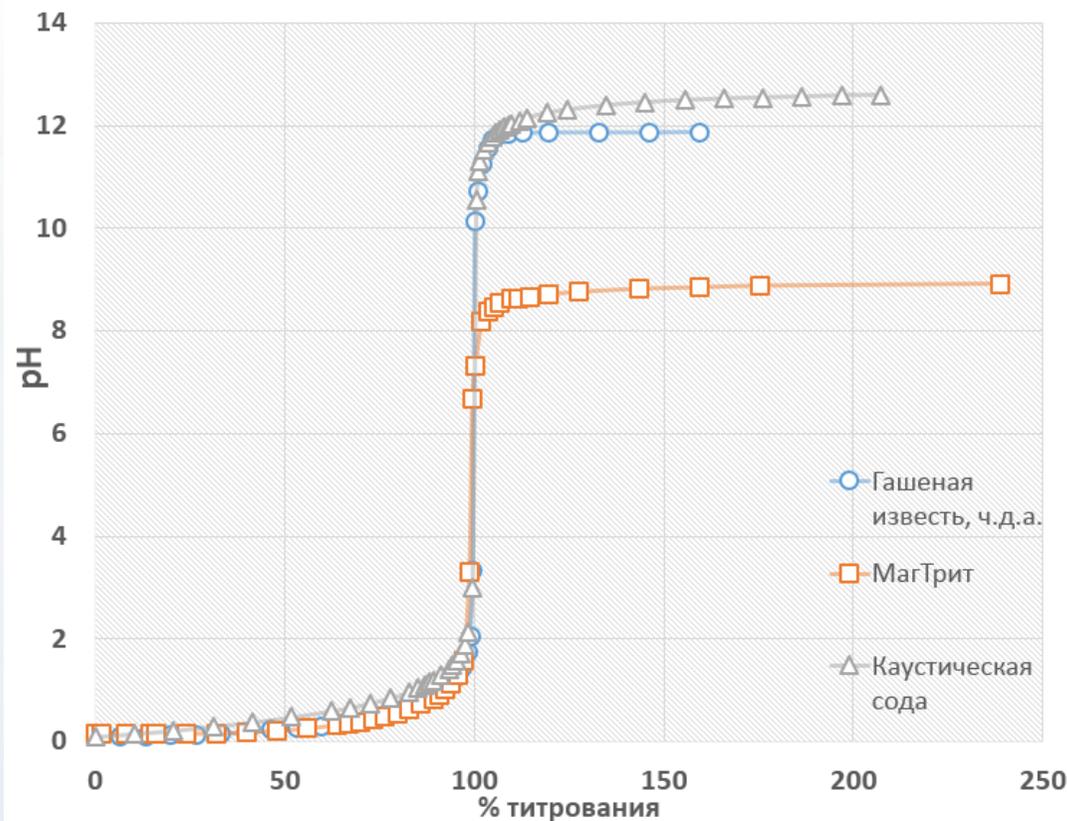
1.6 еврокуба  $\text{Na}(\text{OH})$   
(47% р-р)

1 тонна 60% МагТрит® = 1.6 тонны 47% каустической соды = 2.3 тонны 30% суспензии гашеной извести (в расчете на твердые в-ва)

ИЛИ

1 еврокуб 60% МагТрит® = 1.6 еврокуба 47% каустической соды = 2.9 еврокуба 30% суспензии гашеной извести

## 8. «МагТрит®» – природный гидроксид магния для десульфуризации



Данные лаборатории ООО «Вязьма-Брусит»

Процесс очистки сточных вод требует контроля уровня pH, особенно на стадиях анаэробного сбраживания/биологической очистки. МагТрит® образует щелочной буфер при pH около 9-9.5, его невозможно передозировать и превысить критический уровень pH. Тогда как с каустической содой или гашеной известью легко достичь pH 12 или 13. При таких уровнях биомасса получит серьезные повреждения.

## 8. «МагТрит®» – природный гидроксид магния для десульфуризации

	Суспензия МагТрит®-С	Суспензия синтетического Mg(OH) <sub>2</sub>	Суспензия каустического магнезита
Цена*	+	-	++
Простота производства**	++	++	-
Хранение и использование***	+	-	-
Постоянство качества	++	++	+
Соотношение цена/качество****	++	+	-
Стабильность цен*****	+	+	-

\*Цена на синтетический гидроксид магния выше, чем на природный гидроксид магния (брусит)

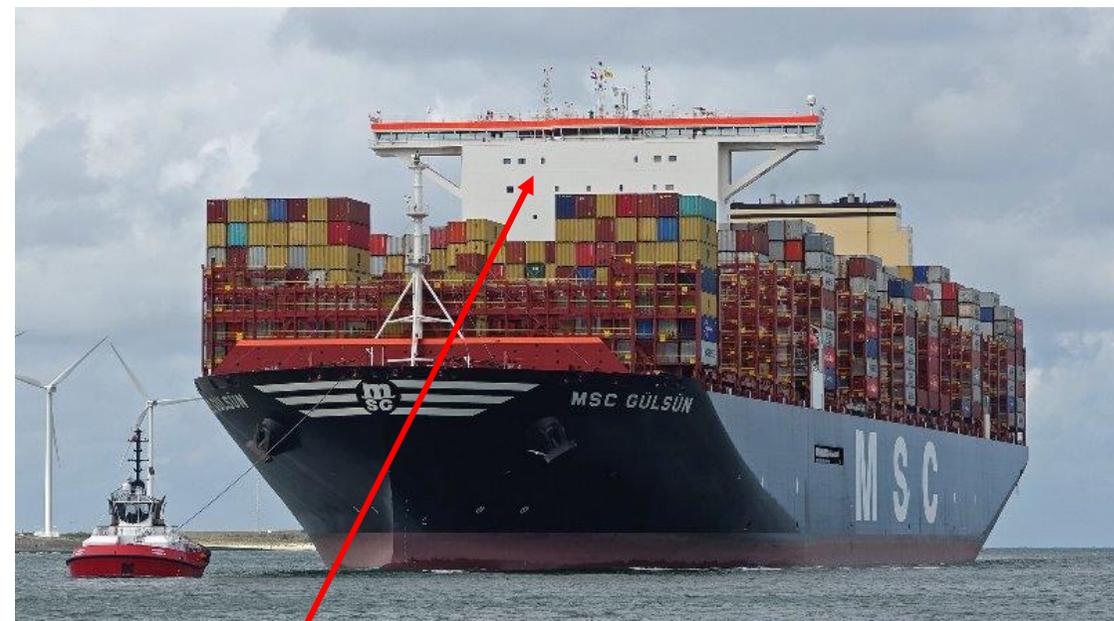
\*\*Каустический магнезит приводит к нагреву воды при гидратации, необходимо охлаждать полученную смесь перед применением; «МагТрит-С» - готовый к применению реагент

\*\*\*Каустический магнезит имеет тенденцию образовывать агломераты; суспензия «МагТрит-С» содержит специальные добавки, предотвращающие оседание частиц

\*\*\*\*Каустический магнезит содержит меньше активных частиц из-за большего размера частиц и неполной гидратации

\*\*\*\*\*Цены на каустический магнезит изменчивы

# 9. Применение гидроксида магния в очистке газов. Практика



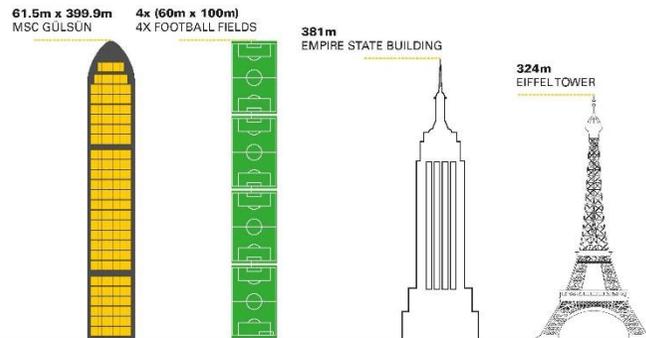
Здесь установлен гибридный скруббер, работающий на суспензии брусита «МагТрит»



# 9. Применение гидроксида магния в очистке газов. Практика

Mediterranean Shipping Company (MSC) Gülsün	
Дата окончания постройки	Июль 2019 г
Вместимость, TEU	23756
Длина, м	400
Ширина, м	61,4
Осадка, м	16
Главный двигатель	MAN B&W 11G95ME-C9.5 (75.6 МВт или 102746 л.с.)
Генераторы	3 x STX Engine-MAN 9L32/40 (4.5 МВт каждый) + 2 x STX Engine - MAN 6L32/40 (3 МВт каждый)
Суммарная мощность силовых установок, МВт (л.с.)	95.1 (129300)

## IMPRESSIVE DIMENSIONS

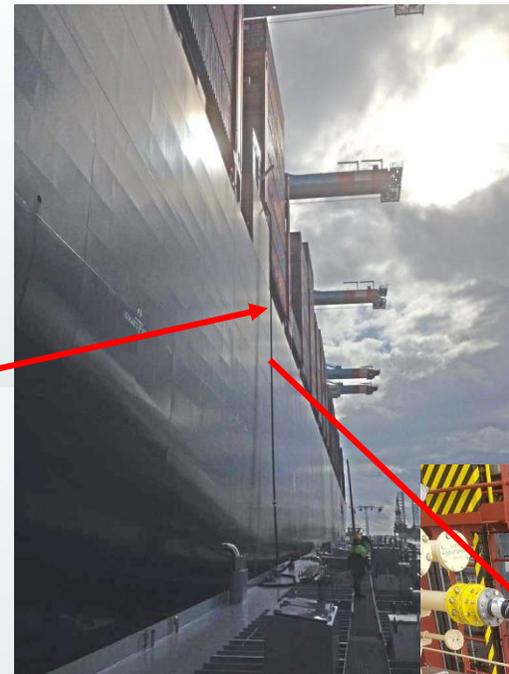
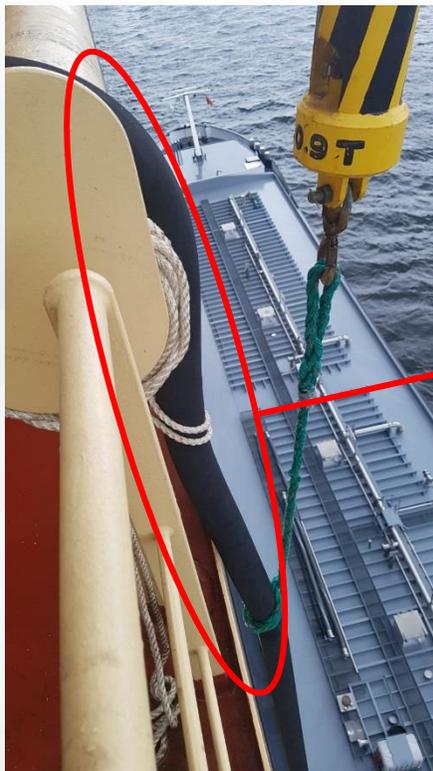


## TO TRANSPORT **23,756 TEU** YOU NEED



# 9. Применение гидроксида магния в очистке газов. Практика

Процесс загрузки MSC Gülsün: автоцистерна → баржа → емкости хранения на судне



65% -> 32%  
Разбавление пресной водой

## 9. Применение гидроксида магния в очистке газов. Практика

- Эффективный контроль уровня pH, повышение щелочности  
(буферный эффект)
- Высокая производительность по гидроксид-ионам
- Не токсичен, безопасен для окружающей среды и людей
- Доступен в виде готовой к использованию водной суспензии
- Гарантия стабильных цен от производителя

# 10. Перспективы развития направления



November 15, 2018 11:31 [SUSTAINABLE SAILING](#)

## MPC Container Ships invests heavily in scrubbers

MPC Container Ships chooses to equip five of its ships with scrubbers. The Norwegian feeder shipping company has ...



October 16, 2018 11:35 [SULFUR CAP](#)

## Stena Bulk also opts for scrubbers

Stena Bulk has signed an agreement with Chinese Bluesoul to equip 15 ships with scrubbers. With that



10 сентября 2018. Star Bulk Carriers хотят установить более 100 скрубберов до 2020...

12 Октября 2018. Более тысячи скрубберов заказано за последние 6 месяцев...

16 Октября 2018. Stena Bulk закупает скрубберы...

19 Ноября 2018. Maersk инвестирует \$80 млн. в установку скрубберов...

28 января 2019. MSC получила кредит в \$439 млн. для оснащения 86 кораблей скрубберами...

...

.....



Ferry company DP

Мировой флот насчитывает **90 тыс** судов всех типов и размеров. Из них **60 тыс** заняты морскими коммерческими перевозками, и почти все они используют традиционные судовые дизеля. <https://teknoblog.ru/2019/09/02/101182>

## Maersk invests in scrubbers

[SULFUR](#)

Maersk Line is going to invest in scrubbers on its ships to meet the 2020 sulfur cap. The company writes this in its quarterly report.

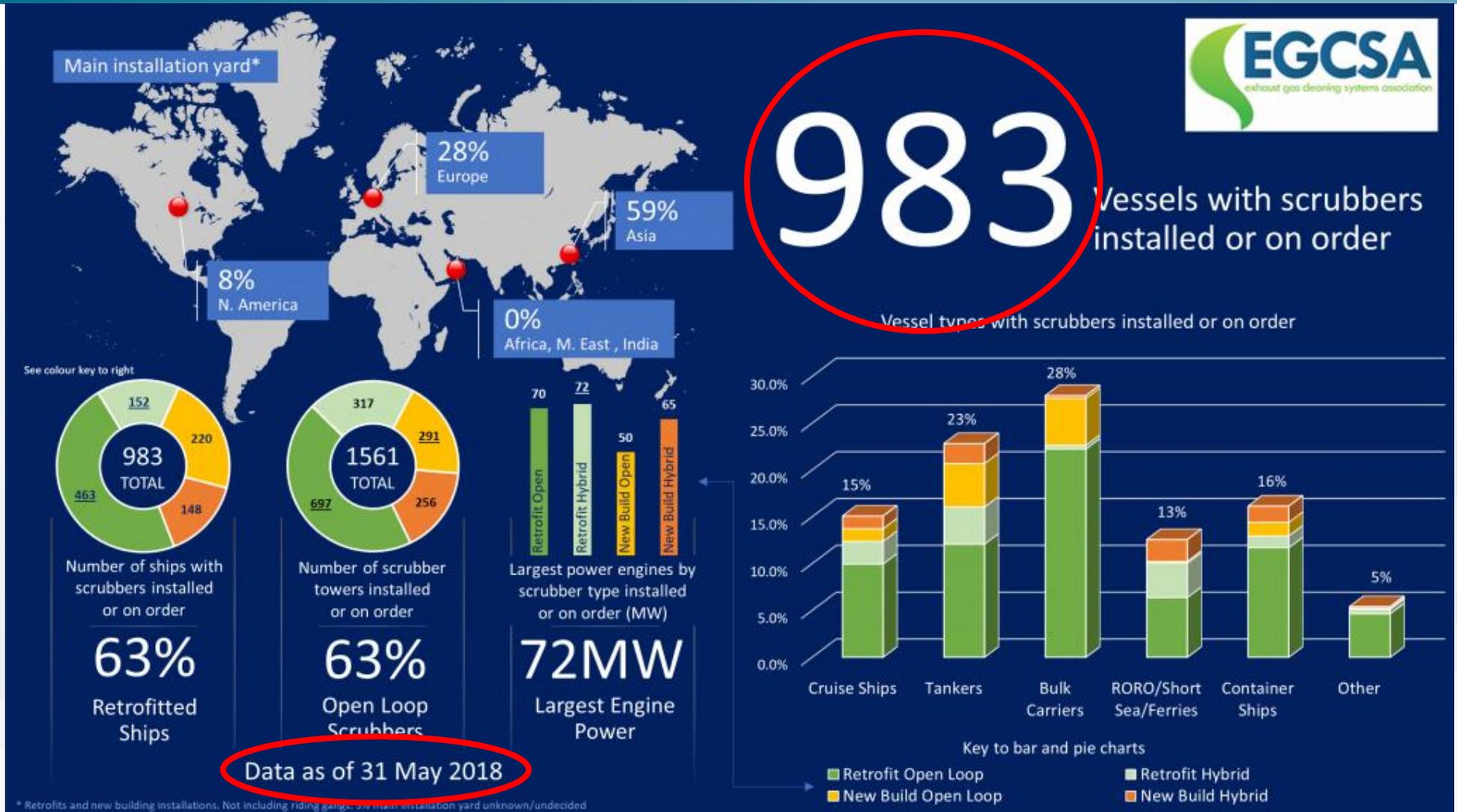
November 19, 2018 12:38

MSC invests nearly half a billion in scrubbers  
SULFUR CAP  
MSC has secured a loan of \$439 million from BNP Paribas to equip 86 ships. The money will be used to purchase scrubbers.

86  
led by  
f in



# 10. Перспективы развития направления



По состоянию на весну 2018 года

[https://www.egcsa.com/resources/technical\\_gallery/](https://www.egcsa.com/resources/technical_gallery/)

# 11. Заключение

1. Природный гидроксид магния (брусит) может с успехом применяться для сероочистки дымовых газов от диоксида серы и имеет ряд преимуществ перед конкурентными щелочами
2. Технология применения брусита на ТЭЦ может быть усовершенствована для получения ценного продукта (сульфата магния)
3. Рынок сероочистки выхлопных газов судов интенсивно развивается в связи с ужесточением международных норм по содержанию серы в топливе. Брусит может быть применен в данном направлении без какой-либо адаптации технологии
4. Компания ООО «РГХО» является надежным российским и международным поставщиком брусита

## **Мы ищем партнеров:**

- производителей скрубберов для судов, осуществляющих также внедрение и установку данных агрегатов
- научно-исследовательские и проектные организации для продвижения применения гидроксида магния в сероочистке в нашей стране и за рубежом



**Спасибо за внимание**

**Если Вас заинтересовал продукт, Вы можете связаться с нами напрямую для получения образца МагТрит®**

ООО «РГХО»  
115093 Москва, ул. Павловская, д. 7, стр. 1  
Тел: +7(495) 789-65-30  
Факс: +7 (495) 789-65-31  
[info@magminerals.ru](mailto:info@magminerals.ru)  
[www.magminerals.ru](http://www.magminerals.ru)

Ведущий технический специалист ООО «РГХО» Гусев Сергей Анатольевич  
[Gusev@magminerals.ru](mailto:Gusev@magminerals.ru), +7 495 789-65-30 доб. 115

# Коммерчески доступные конкуренты гидроксида магния в водоочистке

Химическая формула	Mg(OH) <sub>2</sub>	NaOH		CaO	Ca(OH) <sub>2</sub>		Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub> *H <sub>2</sub> O
Форма реагента	60%-ая водная суспензия	100% тв.в-во	47% р-р	100% тв.в-во	100% тв.в-во	30% суспензия	100% тв.в-во	25% р-р
Химическое название	Гидроксид магния	Гидроксид натрия		Оксид кальция	Гидроксид кальция		Карбонат натрия	Гидроксид аммония
Альтернативное название	"МагТрит-С"	Каустик, едкий натр, каустическая сода		Известь, негашеная известь	Гашеная известь, пушонка	Известковое молоко	Сода, кальцинированная сода	Аммиачная вода
Плотность р-ра, кг/м <sup>3</sup>	1550	-	1497	-	-	1220	-	901
Молекулярная масса в-ва, г/моль	58	40		56	74		106	35
Максимальный pH при применении	9,5	14		12	12		11	11
Класс опасности по ГОСТ12.1.007	4	2		2	2		3	3
1 тонна "МагТрит-С" 60% =	-	0,37	1,57	0,52	0,68	2,27	0,98	2,58
1м <sup>3</sup> of "МагТрит-С" 60% =	-	-	1,62	-	-	2,89	-	4,43