

# **ПРОЕКТ**

**ЗОЛЬНЫЕ ОТВАЛЫ -**

**ИСТОЧНИК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА**

**ЗОЛЬНОГО ГРАНУЛЯТА И**

**СУХИХ СМЕСЕЙ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ**

**НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

**Нерешенные проблемы экологии и экономики**

На территории России около 20% всей электроэнергии вырабатывается при сжигании твердого топлива, в результате чего образуется **более 20 млн. т в год золы и шлака**.

В золоотвалах по разным оценкам **накоплено от 1,5 до 1,8 млрд. тонн** золошлаковых отходов.

На 115 электростанциях емкости существующих золоотвалов практически исчерпаны. Такая ситуация говорит о локальных экологических катастрофах и неэффективной работе с этой проблематикой в России.

В РФ в переработку вовлечено **7-8%** текущей выработки золошлаковых смесей. В связи с этим вопросы утилизации золошлаковых отходов являются актуальными и входят в число приоритетных природоохранных мероприятий.

**Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года**

Распоряжение Правительства РФ № 84-р от 25 января 2018 г.



Золошлаковые отходы угольных теплоэлектростанций – потенциально наиболее перспективное крупнотоннажное сырье для производства активных минеральных добавок и пористых заполнителей для высокотехнологичных конструктивных бетонов - наиболее ресурсоемкой отрасли строительной индустрии.

# Особенности переработки

Продукт переработки золошлаков должен характеризоваться однородностью, стабильностью физических характеристик, надлежащей активностью и сферической формой зёрен. В связи с нестабильностью исходного сырья, выраженного колебаниями в широких пределах химико-минералогического состава и дисперсности продуктов сжигания углей добиться требуемых характеристик достаточно сложно.

**Основными стимулами утилизации золошлаков в ЕС являются экоориентированное законодательство и административный ресурс.**

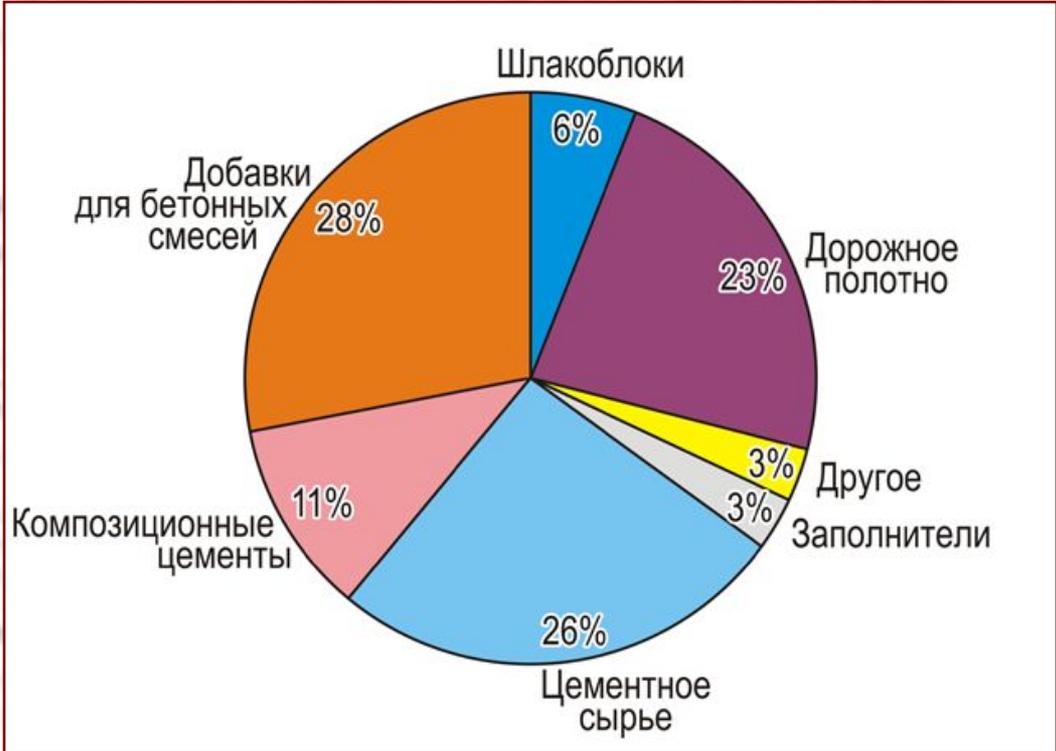
## Штрафы за складирование ЗШО в странах ЕС и в России



# Особенности переработки

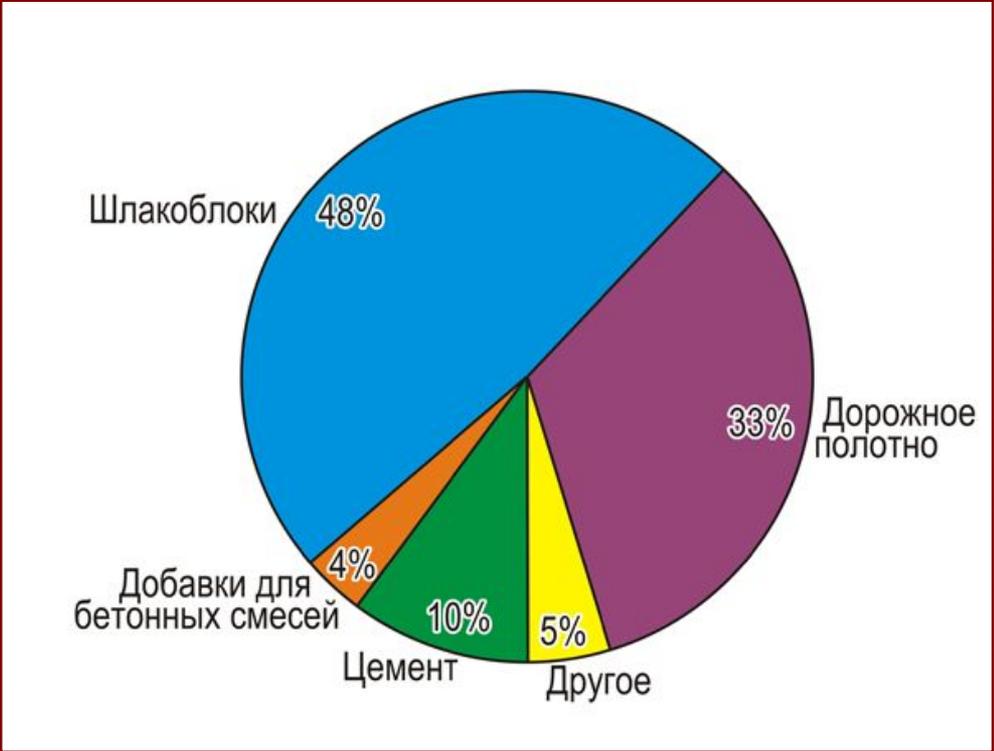
## Утилизация зол и шлаков угольных электростанций в ЕС

Зола сухого удаления (зола-унос)



Отвечает требованиям для производства цемента и бетона 20-40% от общей массы удаления

Золы и шлаки гидроудаления (отвальные золошлаковые отходы)



Отвечает требованиям для производства низкомарочных цемента и бетона 5-15% от общей массы удаления

В настоящее время существует более 300 технологий переработки золошлаковых отходов, но ни одна из них не нашла массового применения по следующим причинам:

- **низкое качество или высокая цена востребованного рынком продукта переработки золошлаков;**
- **отсутствие предложения от прикладной науки надежной и рентабельной технологии обогащения золошлаков.**

### Инновационная идея

Тонкий помол сухого золошлака с целью разрушения стеклянной оболочки угольных микросфер для повышения эффективности электросепарации.

### Принцип обогащения золошлаковых смесей по сухой технологии

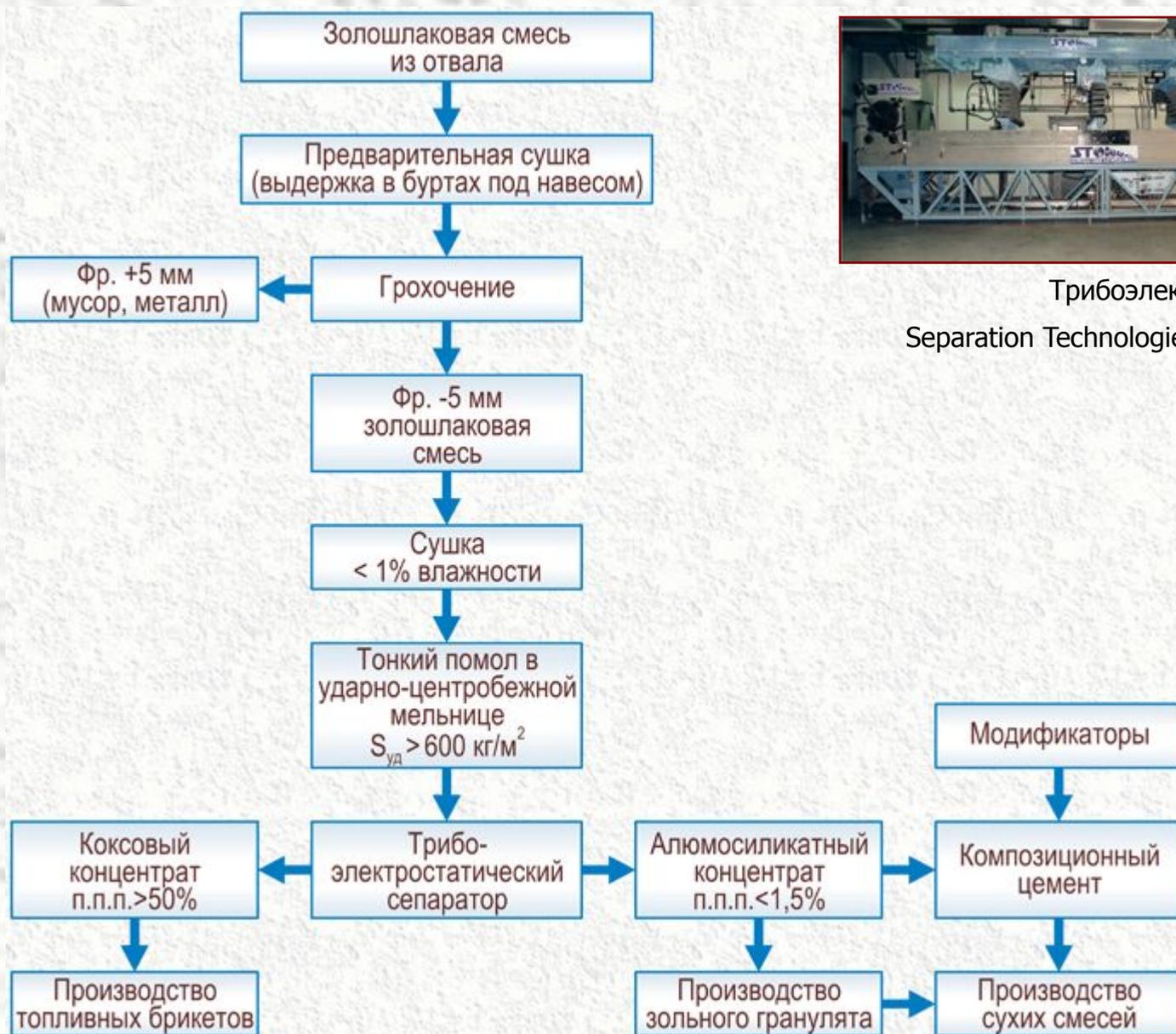


### Преимущества:

- низкая себестоимость в сравнении с «мокрыми» технологиями обогащения;
- высокая степень разделения продуктов обогащения;
- высокая степень готовности для дальнейшей переработки в конечные продукты.

# Технология обогащения золошлаков

## Производство алюмосиликатного и коксового концентратов из отвальных золошлаковых смесей



## Критические технологии Глубокое обогащение по сухой технологии



Трибоэлектростатический сепаратор  
Separation Technologies (США)



Механобр-техника (Россия)

## Тонкий помол



Самобалансирующаяся  
вибродетрибционная мельница  
(Россия)

# Производство композиционных цементов

**Композиционные цементы** (КЦ) – многокомпонентное гидравлическое вяжущее, состоящее из портландцементного клинкера и 2-х и более минеральных техногенных или природных материалов (минеральных добавок). КЦ получают совместным размолем клинкера, гипса или *бездобавочного цемента* и минеральных добавок или смешением отдельно размолотых компонентов. Назначение – снижение энергозатрат на приготовление вяжущих веществ и утилизацию отходов.

**Цементы низкой водопотребности** (ЦНВ) – многокомпонентные цементы, получаемые совместным помолом минеральных компонентов, пластификатора и др. химических добавок (модификаторов). Назначение – производство высокомарочных или малоклинкерных бетонных смесей с заданной подвижностью.

## Принцип производства «целевых» цементов

Клинкер



Гипсовый камень



Совместный помол



«Целевой» цемент



Модификаторы



Алюмосиликатный концентрат

## Мини-цементный завод на привозном клинкере или бездобавочном цементе



### Преимущества:

- производственная мощность от 10 000 тонн/год
- низкие капитальные и логистические затраты
- экономия клинкера (безд. цемента) от 20 до 80 %
- производство специальных цементов
- производство цемента длительной сохраняемости
- производство целевых цементов «под заказчика»

# Модифицированный зольный гранулят

## Инновационная идея

Производство зольного гранулята по технологии тонкой керамики: по аналогии с фарфором включение в состав шихты щелочного плавня способствующего образованию щелоче-алюмосиликатной стеклофазы.

### Типы керамики

#### Грубая керамика



Древнеримский керамический кувшин

#### Тонкая керамика



Древнекитайская фарфоровая ваза



Керамзит, зольный гравий



Пропанты, пеностеклокерамика

### Принцип технологии



Алюмосиликатный концентрат



Щелочной плавень



Глинопорошок



Раствор лигносульфоната



Гранулирование



Обжиг



Сепарация и рассев



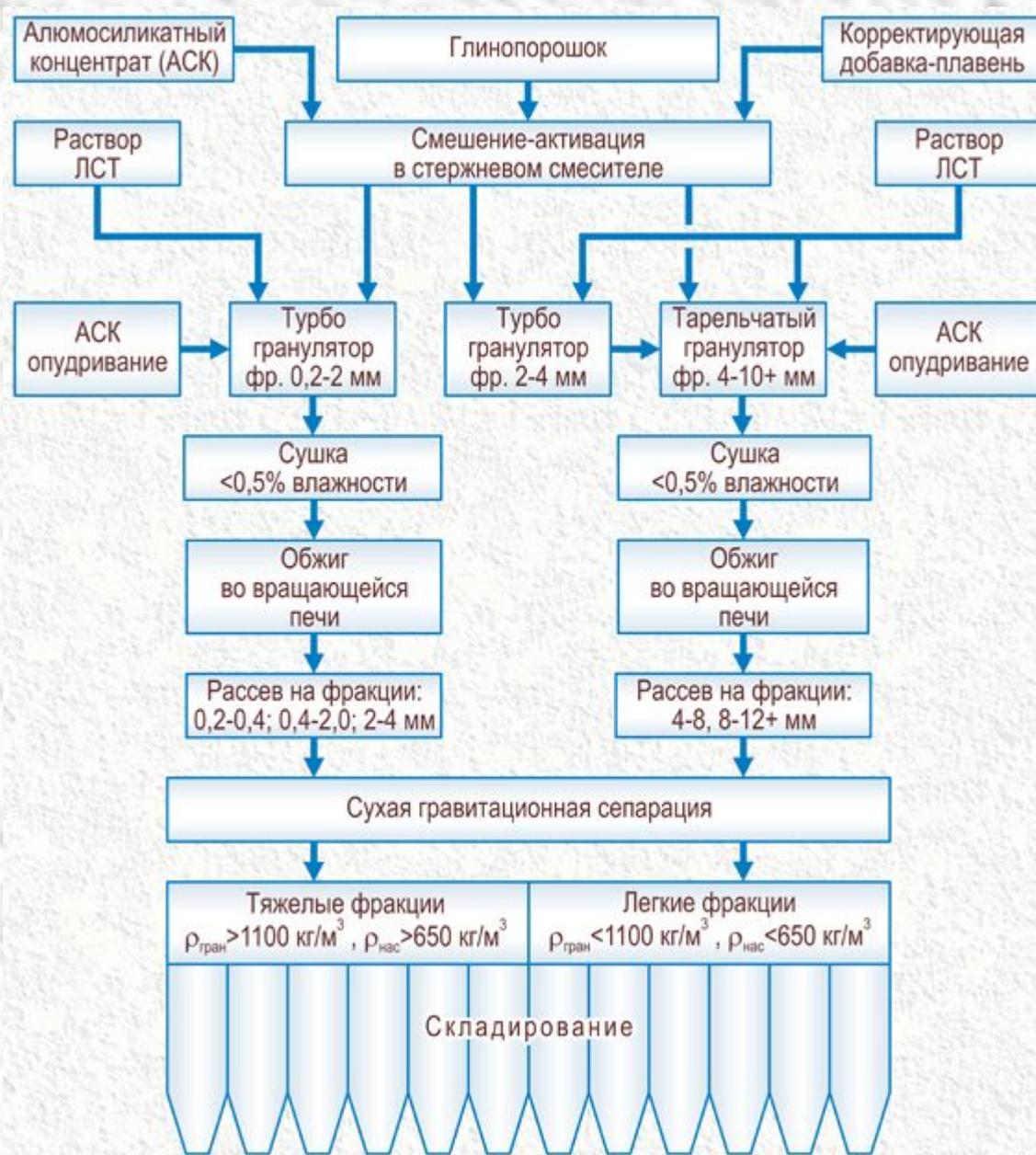
Полифракционный гранулят

### Преимущества:

- кратное повышение прочностных характеристик гранулята;
- кратное снижение водопоглощения гранулята;
- кратное повышение однородности гранулята по плотности и прочности;
- получение тонкозернистого гранулята необходимого для приготовления самоуплотняющихся бетонных смесей.

# Технология производства обжигового гранулята

## Производство модифицированного зольного гранулята



## Критические технологии

### Гранулирование алюмосиликатного концентрата



Турбулентный гранулятор (Китай)



Роторный+тарельчатый грануляторы (Россия)

### Сепарация гранулята по плотности/прочности



Гравитационный сепаратор

### Характеристики:

- Насыпная плотность: - 200 – 800 кг/м<sup>3</sup>;
- Прочность в цилиндре: - 2 – 50 МПа;
- Водопоглощение: - 3 – 5 %;
- Фракционный состав: - фр. 0,2-0,4 мм – фр. 8-12 мм;
- Форм-фактор: - сферические гранулы.

# Производство сухих смесей

**Легкие сухие бетонные смеси** – рационально подобранные и тщательно перемешанная смеси портландцемента, минеральных и химических добавок, крупного и/или песчаного пористых заполнителей.

### Компоненты



Композиционный цемент/ЦНВ

+



Зольный полифракционный гранулят

### Производство



## Сухие смеси для легкого бетона

### Предлагаемая продукция

*По технологии формования*

- жесткие бетонные смеси
- подвижные бетонные смеси
- литые бетонные смеси
- самоуплотняющиеся бетонные смеси

*По функциональному назначению*

- офшорные сооружения и плавучие средства
- гидротехническое строительство
- транспортные сооружения
- высотное строительство
- дорожное полотно
- сборные строительные конструкции
- тонкостенные архитектурные, фасадные и кровельные изделия и т.д.



## Бетоны нового поколения - бетоны с заданными функциональными и технологическими характеристиками

### Преимущества:

Снижение материалоемкости и снижение массы строительных конструкций без потери прочностных и других эксплуатационных характеристик является магистральным направлением повышения эффективности строительства. Практически эта задача решается разработкой и применением легких бетонов с повышенными показателями конструктивного качества, т.е. с высокими показателями прочности на единицу средней плотности.

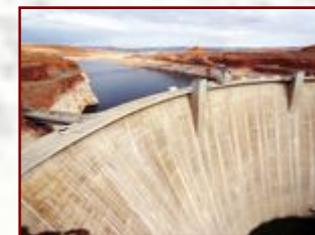
**Назначение** – возведение строительных и инженерных инфраструктурных объектов повышенного уровня ответственности:

- высотных зданий;
- большепролетных мостов;
- газонефтяных платформ;
- атомных электростанций;
- гидротехнических сооружений;
- плавучих средств;
- автодорожных покрытий;
- оборонных объектов.

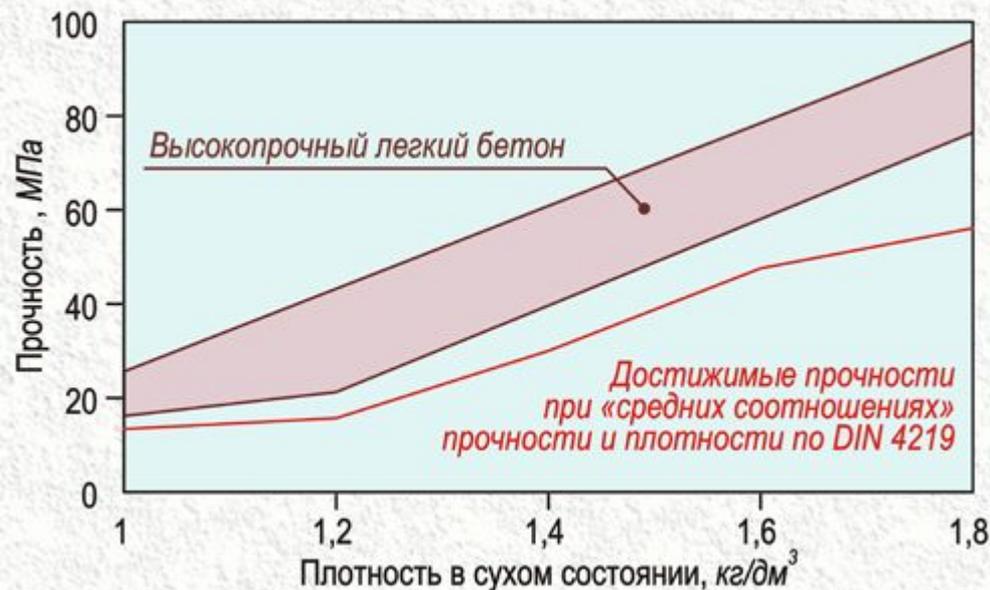


### Эксплуатационные характеристики:

- прочность до 100МПа (М1000)
- снижение массы сооружения на 25-50%
- снижение металлоемкости на 10-20%;
- долговечность (более 100 лет)

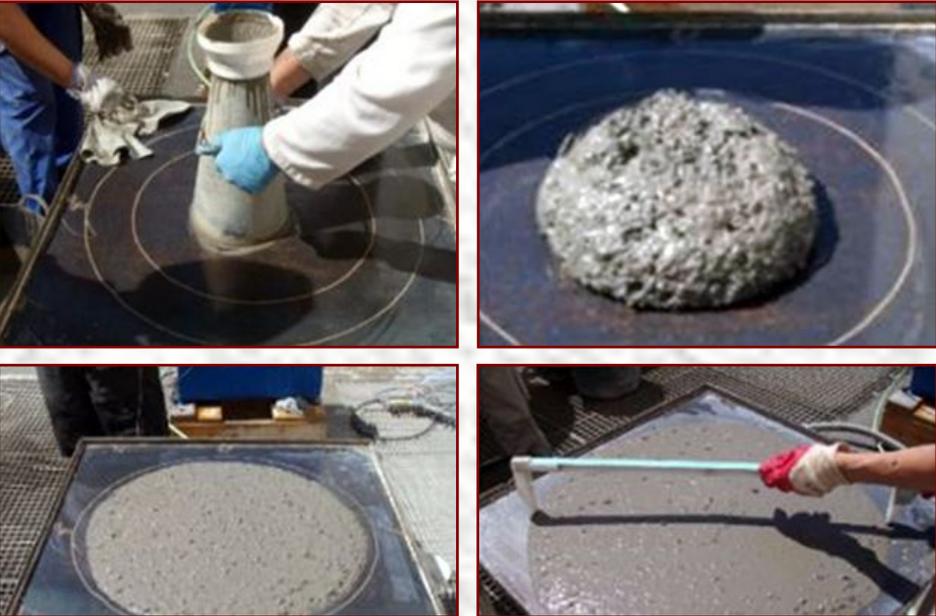


### Зависимость прочности легких бетонов от плотности



# Самоуплотняющиеся бетоны – технология XXI века

**Самоуплотняющийся бетон (СУБ)** — бетон на основе бетонной смеси, способной растекаться и уплотняться под действием собственного веса (без вибрации), заполнять форму (опалубку) в т.ч. густоармированную и со сложной геометрией, сохраняя при этом связность и однородность. СУБ характеризуются быстрыми темпами набора прочности и высокими физико-механическими характеристиками недостижимые другими методами формования.



Испытания СУБ на растекаемость



Материал	СУБ	Сталь	Преднапряженный бетон	Железобетон
Длина	360 мм	360 мм	700 мм	700 мм
Вес	141 кг/м	110 кг/м	466 кг/м	528 кг/м

Балки из ультрапрочного СУБ, стали, преднапряженного бетона и железобетона с равноценной несущей способностью

СУБ на тяжелых заполнителях вошли в строительную практику в середине 90-х годов и активно применяются в монолитном и сборном строительстве. Доля использования СУБ в ведущих европейских странах достигает 20-50% от общего бетонного производства.

Принципиальное преимущество СУБ на пористых (легких) заполнителях оптимальной структуры в сравнении с тяжелыми не только в снижении массы конструкций, но и в принципиально более высокой трещиностойкости, коррозионной стойкости и морозостойкости и, следовательно, высокой долговечности бетонных сооружений на их основе.

**Легкие высокопрочные СУБ до настоящего времени имеют ограниченное применение (нефтяные платформы) ввиду дефицита на строительном рынке легких заполнителей удовлетворяющих комплексу требований по гранулометрическому составу и физико-механическим характеристикам.**

# Пористые заполнители для конструкционных бетонов

## Основные требования к пористым заполнителям для высокопрочных бетонов

Показатели	Требования	Керамзит	Аглопоритовый щебень (Германия)	Зольный гравий (Великобритания)	Пеностеклокерамика (Россия*)
					
Насыпная плотность	менее 800 кг/м <sup>3</sup>	+	+	+	< 600
Плотность в куске	менее 1500 кг/м <sup>3</sup>	+	+	+	< 1000
Прочность в цилиндре:					
крупные фракции	более 12 МПа	< 6	< 3	< 3	не производятся
песчаные фракции	более 20 МПа	-	< 6	-	< 6
Водопоглощение	менее 6%	15-25	20-30	20	< 6
Фракционный состав:					
крупные фракции	фр. 4-12 мм	5-40	10-70	4-14	не производятся
песчаные фракции	фр. 0,2-4 мм	1-4	не производятся	не производятся	0,2-4
Форм-фактор	сферические гранулы	++	-	++	+++
Коррозионная стойкость		+++	+	++	++
Ориентировочная стоимость		1800-3500 руб/м <sup>3</sup> в зависимости от фракции	50 евро/м <sup>3</sup>	50 евро/м <sup>3</sup>	> 10000 руб/м <sup>3</sup>

**Промышленно производимые минеральные пористые заполнители только частично удовлетворяют комплексу требований для высокопрочных легких бетонов**

*\*опытное производство*

Объект  
Проект «Арктик-СПГ 2» (компания «НОВОТЭК»)



Кольская верфь

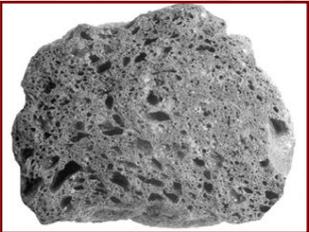


Завод по сжижению газа на платформе гравитационного типа

Варианты применения пористых заполнителей

Импортный продукт

**Сырье:** Метаморфизированный туффит — окаменевшая вулканогенно-осадочная горная порода, подвергшаяся воздействию высокой температуры и давлению.  
**Продукт:** Stalite – дробленый поризованный щебень и песок.  
**Производитель:** Carolina Stalite Company (США)



**Преимущества:** удовлетворяет требованиям по прочности и водопоглощению  
**Недостатки:** песчаные фракции не применимы для литых и самоуплотняющихся бетонов

Отечественный продукт

**Сырье:** Обогащенные отвальные золошлаковые смеси тепловых электростанций  
**Продукт:** модифицированный зольный гранулят (гравий и песок)  
**Производитель:** Алексинский завод керамзитового гравия (проект)



**Преимущества:** полностью удовлетворяет техническим требованиям  
**Недостатки:** требует временных и финансовых затрат на освоение технологии

## Приготовление многокомпонентной бетонной смеси на hi-tes бетоносмесительном узле



## Приготовление высокотехнологичного бетона в полевых условиях из сухой бетонной смеси



## Достижение одного результата разными методами

## Вместо бетонного завода и парка автомиксеров



## набор мобильного оборудования на стройплощадке



Растариватель биг-бэгов



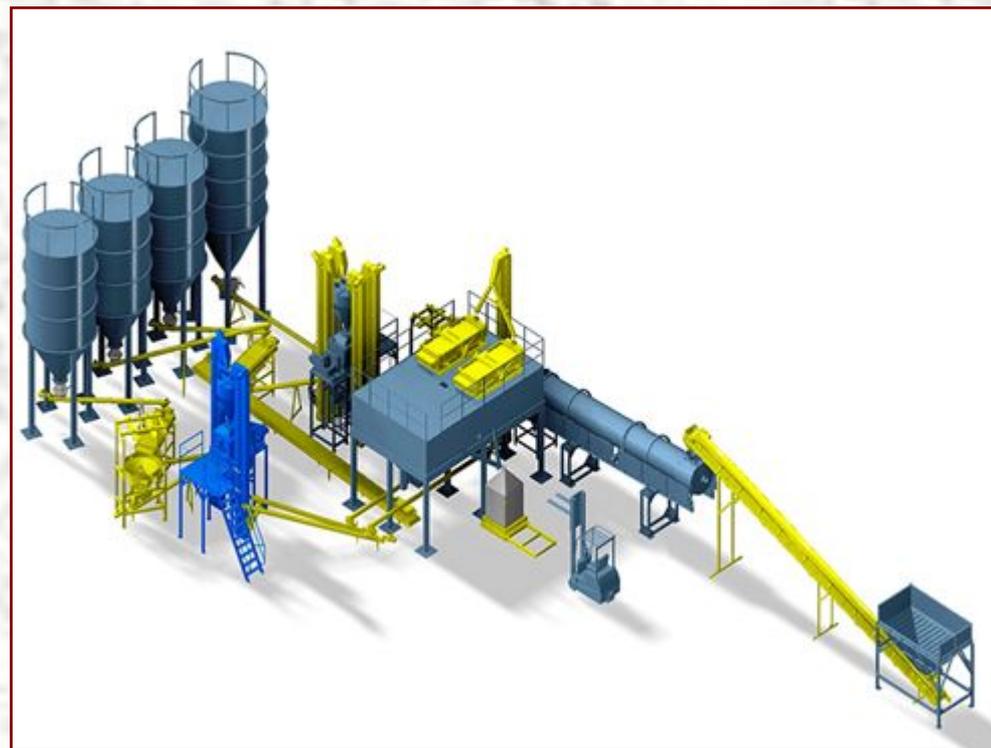
Мобильный бетоносмеситель



Мобильный бетононасос

# Состав эталонного завод по переработке ЗШО

1. Технологическая линия по обогащению золы – 50-300 тыс. тонн/год
2. Технологическая линия по производству зольного гранулята – 50-150 тыс. м<sup>3</sup>/год
3. Технологическая линия по производству ЦНВ и сухих смесей – 10-50 тыс. тонн/год



Целевое назначение – отработка технологии производства модифицированного зольного гранулята

Электростатический сепаратор



Смеситель-гранулятор



Виброцентробежная мельница



Шаровая мельница



Сито вибрационное



Прибор ПСХ-12



Лазерный анализатор



Печь барабанная проходная



# Цели и пути реализации проекта

## Цели:

1. Разработки новых типов технологического оборудования.
2. Разработка технологии производству на основе золошлаковых отходов ТЭС:
  - высококачественных пористых заполнителей;
  - модификаторов и композиционных цементов;
  - готовых сухих бетонных смесей;
  - легких бетонов нового поколения.
3. Разработка технологии возведения инженерных сооружений на основе сухих бетонных смесей.
4. Организация выпуска типовых технологических линий по выпуску продукции на основе золошлаков.
5. 100%-ая утилизация зольных отвалов.

## Частно-государственное партнерство

### Задачи государства

Проведение НИОКР по переработке золошлаков

Разработка нормативной документации на продукты НИОКР (национальные стандарты и технические регламенты)

Международное патентование технологий

Информационное обеспечение потенциальных потребителей новых технологий

Формирование рынка сбыта продукции для крупных инфраструктурных проектов в РФ и за рубежом

### Задачи бизнеса

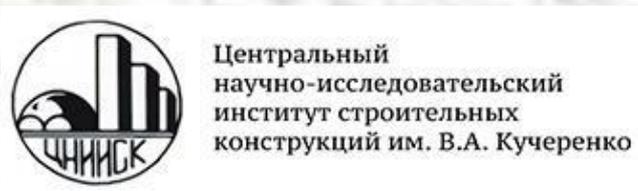
Проектирование и изготовление пилотных образцов критически важного технологического оборудования

Организация выпуска и комплектования типовых технологических линий по производству продукции

Организация производства строительных материалов

В инициативную группу по разработке проекта вошли профильные внедренческие, производственные и машиностроительные компании.

*Научную поддержку проекта осуществляют следующие научно-исследовательские и проектно-конструкторские организации:*

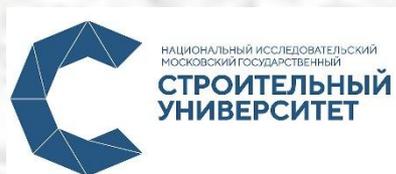


**Центральный Научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В.А. Кучеренко**

*Отдел инновационных строительных конструкций и домостроительных технологий*

**ЗАО «НИИКерамзит»**

Научно-исследовательский институт по технологии керамзита



**Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет**

*Научно-образовательный центр "Наноматериалы и нанотехнологии"*



**Пензенский государственный университет науки и строительства**

*Научная школа проф. В.И. Калашникова*



**Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»**

*Кафедра техники и электрофизики высоких напряжений*



**Научно-производственная корпорация «Механобр-техника»**



**Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук»**

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В.Тананаева*

**Спасибо за внимание!**

Координатор проекта:  
Заикин Александр Фёдорович  
тел. моб. **8 925 849-57-10**  
E-mail: [magnolit@yandex.ru](mailto:magnolit@yandex.ru)