



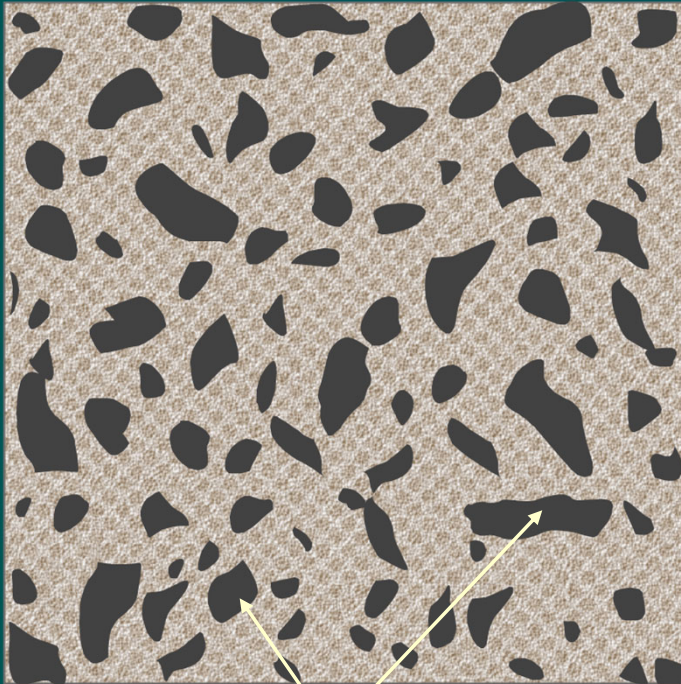
# **ВЫСОКОПРОЧНЫЕ ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ КЛАССОВ В50-В70 С УПРАВЛЯЕМЫМИ ПРОЧНОСТНЫМИ И ДЕФОРМАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ ПРОЛЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ**

**С.С. КАПРИЕЛОВ**  
д.т.н., академик РААСН

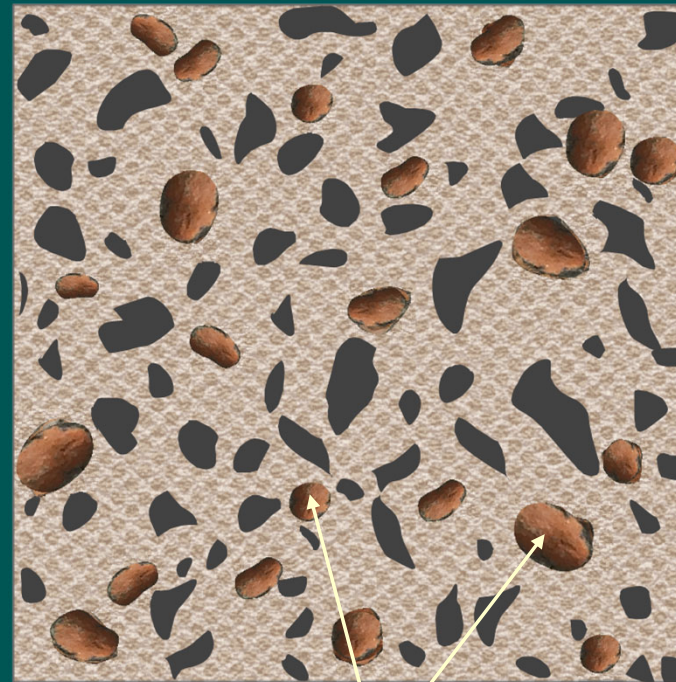
## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

- ❖ **Высокопрочные лёгкие бетоны** (далее по тексту ВПЛБ) — это новое поколение конструкционных лёгких бетонов классов по прочности В50-В70, марок по плотности D1600-D2000, получаемых из высокопластичных и самоуплотняющихся смесей, не требующих интенсивного виброуплотнения.
- ❖ **Ключевым фактором технологии** является научно обоснованная зависимость плотности ( $\rho$ ), прочности ( $R_b$ ) и модуля упругости ( $E_b$ ) бетона от объемного содержания высокопрочного цементного камня и плотности, прочности и фракций пористого крупного заполнителя

$$E_b = E_{\text{цк}} \cdot \frac{V_{\text{цк}}}{V} + E_{\text{п}} \cdot \frac{V_{\text{п}}}{V} + E_{\text{щ}} \cdot \frac{V_{\text{щ}}}{V} + E_{\text{гр}} \cdot \frac{V_{\text{гр}}}{V}$$



крупный заполнитель  
из плотных пород



крупный заполнитель  
пористый (керамзит, туф)

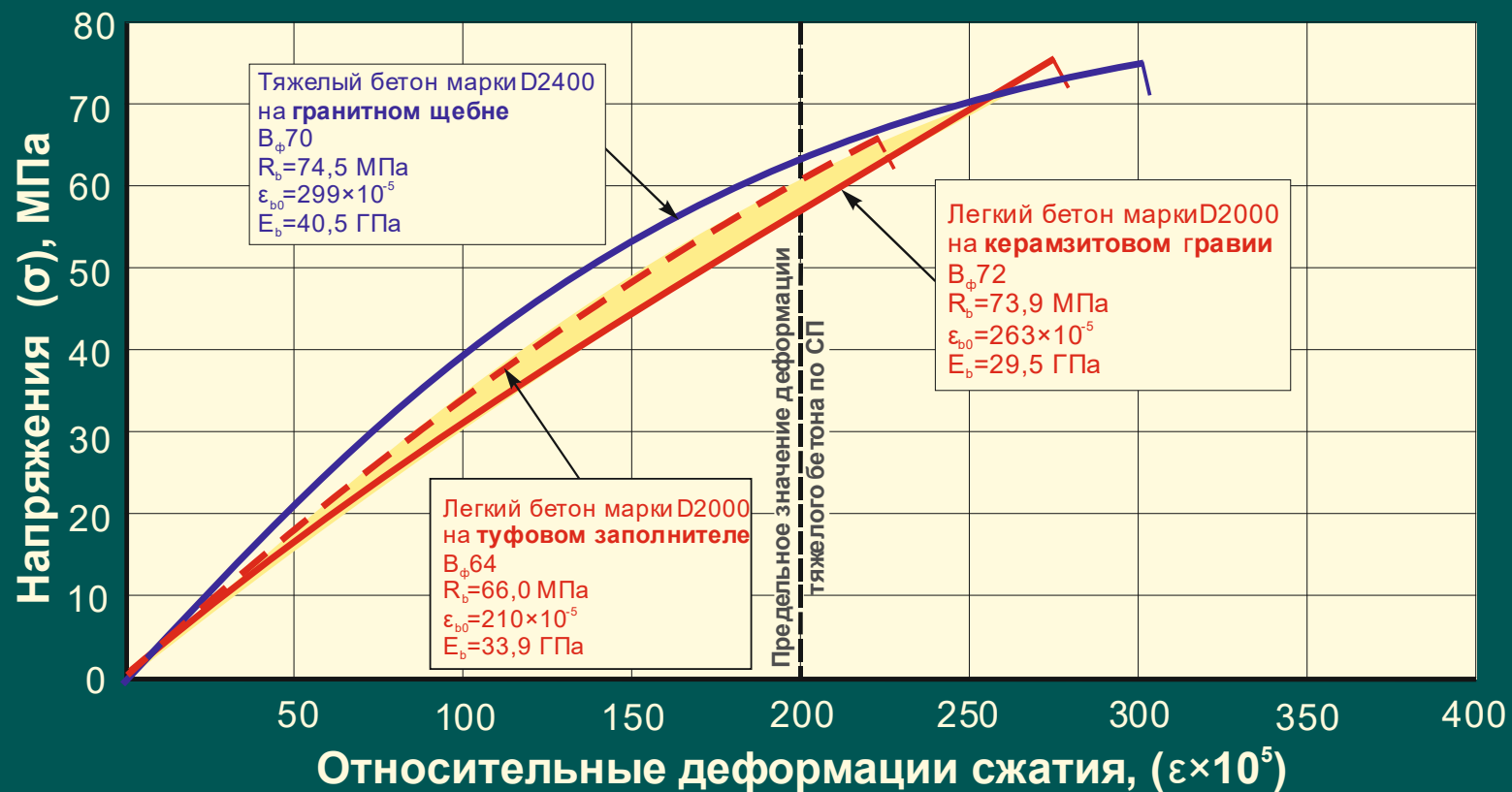
## **ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНОВ**

### **физико-технические свойства в возрасте 28 суток:**

- Прочность при сжатии, кубиковая ( $R$ )..... **60 – 80** МПа;
- Прочность при осевом сжатии, призмная ( $R_b$ )..... **57 – 77** МПа;
- Прочность при осевом растяжении ( $R_{bt}$ )..... **3,5 – 4,5** МПа;
- Прочность при растяжении при изгибе ( $R_{btb}$ )..... **8 – 9** МПа;
- Начальный модуль упругости ( $E_b$ )..... **20 – 35** ГПа;
- Средняя плотность ( $\rho$ )..... **1600 – 2000** кг/м<sup>3</sup>.

# ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНОВ

## Диаграмма состояния ( $\sigma - \epsilon$ ) легкого и тяжелого бетонов классов В60-В70



## **ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНОВ**

### **Прогнозируемые преимущества конструкций в сравнении с аналогами из тяжёлого бетона:**

- **пониженная на 18-22 % масса конструкций;**
- **повышенный предел огнестойкости;**
- **повышенная стойкость к резким перепадам температур и морозостойкость;**
- **повышенная трещиностойкость.**

## **ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ОПЫТ**

**Надёжность технологии производства и оценка стабильности и воспроизводимости прочностных и деформационных свойств, а также плотности бетонов в конструкциях подтверждена в процессе производства облегчённых на 20 % сборных железобетонных конструкций панелей из бетона класса В70 для крупногабаритных модулей, выпускаемых компанией «МонАрх».**



## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ОПЫТ

### Производство изделий Комбинат КИТ - МонАрх

Укладка бетонной смеси





# ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ОПЫТ

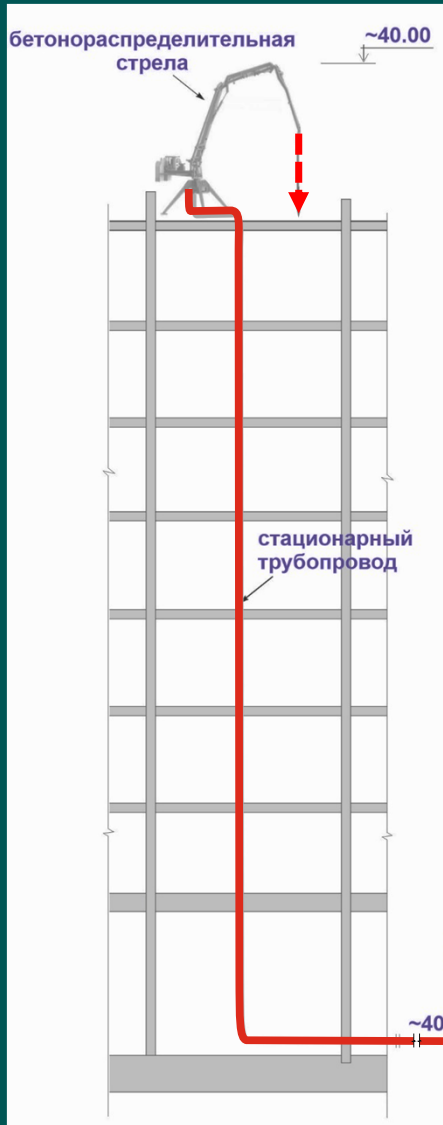
## Готовые изделия Комбинат КИТ – МонАрх



Готовая панель



Сборка модулей из панелей



**Бетонирование  
монолитных  
конструкций  
с подачей  
бетонной смеси  
(РК=72 см)  
на высоту 40 м  
(при длине  
бетоновода  
около 80 м)**

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ОПЫТ

Укладка бетонной смеси



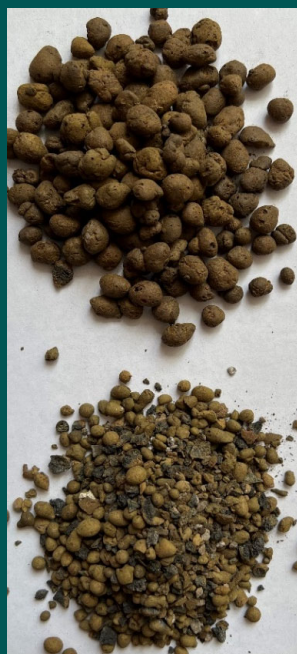
## ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- **Цемент** – портландцемент марки ЦЕМ I 52,5, соответствующий ГОСТ 31108;
- **Мелкий заполнитель** фракций до 5 мм:
  - ✓ песок из плотных горных пород (кварцевый), соответствующий ГОСТ 8736;
  - ✓ песок пористый искусственный (керамзитовый), соответствующий ГОСТ 32496;
  - ✓ песок из пористых горных пород (туфовый), соответствующий ГОСТ 22263.
- **Крупный заполнитель** фракций 5-10 мм:
  - ✓ щебень из плотных горных пород (гранитный), соответствующий ГОСТ 8267;
  - ✓ гравий пористый искусственный (керамзитовый), соответствующий ГОСТ 32496;
  - ✓ щебень из пористых горных пород (туфовый), соответствующий ГОСТ 22263.
- **Добавки:**
  - ✓ органоминеральный модификатор **МБ 50 С** , соответствующий ГОСТ Р 5617
  - ✓ суперпластификаторы



# ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

## Внешний вид и свойства керамзитовых заполнителей различных заводов



АО «Керамзит»  
г. Рязань  
фр. 0-5 мм, 5-10 мм



ООО «Винзилинский  
завод керамзитового  
гравия» г. Тюмень  
фр. 0-5 мм, 5-10 мм



ООО «Октябрьский  
керамзит» г. Самара  
фр. 0-5 мм, 5-10 мм

| Показатель качества                     | Производитель керамзитового заполнителя фракций... |                |                                                                 |                |                                              |                |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------|----------------|
|                                         | АО "Керамзит"<br>(г. Рязань)                       |                | ООО «Винзилинский<br>завод керамзитового гравия»<br>(г. Тюмень) |                | ООО "Октябрьский<br>керамзит"<br>(г. Самара) |                |
|                                         | фр.<br>0-5 мм                                      | фр.<br>5-10 мм | фр.<br>0-5 мм                                                   | фр.<br>5-10 мм | фр.<br>0-5 мм                                | фр.<br>5-10 мм |
| Марка по насыпной плотности             | M250                                               | M250           | M800                                                            | M800           | M1000                                        | M900           |
| Насыпная плотность, кг/м³               | 234                                                | 221            | 727                                                             | 750            | 910                                          | 835            |
| Марка по прочности                      | П35                                                | П35            | П150                                                            | П150           | П350                                         | П300           |
| Прочность на сдвливание в цилиндре, МПа | 0,70                                               | 0,60           | 3,95                                                            | 4,10           | 8,90                                         | 7,60           |
| Водопоглощение, %                       | 27,50                                              | 31,69          | 20,63                                                           | 14,89          | 16,94                                        | 11,97          |

# ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

## Внешний вид и свойства заполнителей из туфа различных месторождений



Карьер «Козлинка-2»  
г. Нальчик  
фр. 0-5 мм, 5-10 мм



Карьер «Святогорское»  
г. Хабаровск  
фр. 0-5 мм, 5-10 мм

| Показатель качества                      | Месторождения туфового заполнителя фракций... |             |                                |             |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|
|                                          | «Козлинка-2»<br>г. Нальчик                    |             | «Святогорское»<br>г. Хабаровск |             |
|                                          | фр. 0-5 мм                                    | фр. 5-10 мм | фр. 0-5 мм                     | фр. 5-10 мм |
| Марка по насыпной плотности              | M1100                                         | M1100       | M1000                          | M1000       |
| Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>    | 1074                                          | 1050        | 965                            | 955         |
| Марка по прочности                       | П200                                          | П200        | П250                           | П250        |
| Прочность на сдавливание в цилиндре, МПа | 2,1                                           | 2,0         | 2,45                           | 2,5         |
| Водопоглощение, %                        | 13,40                                         |             | 11,80                          |             |

## ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

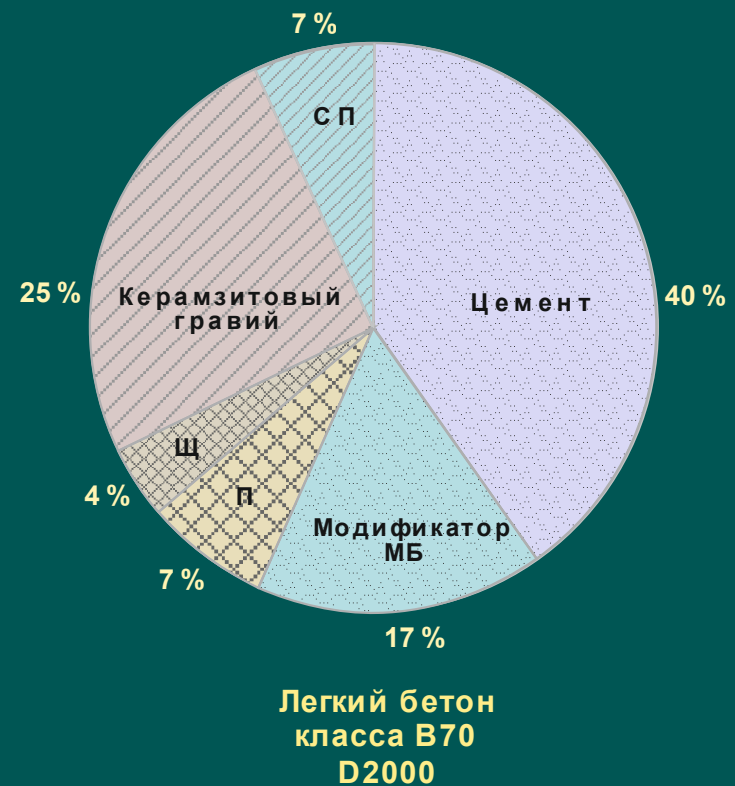
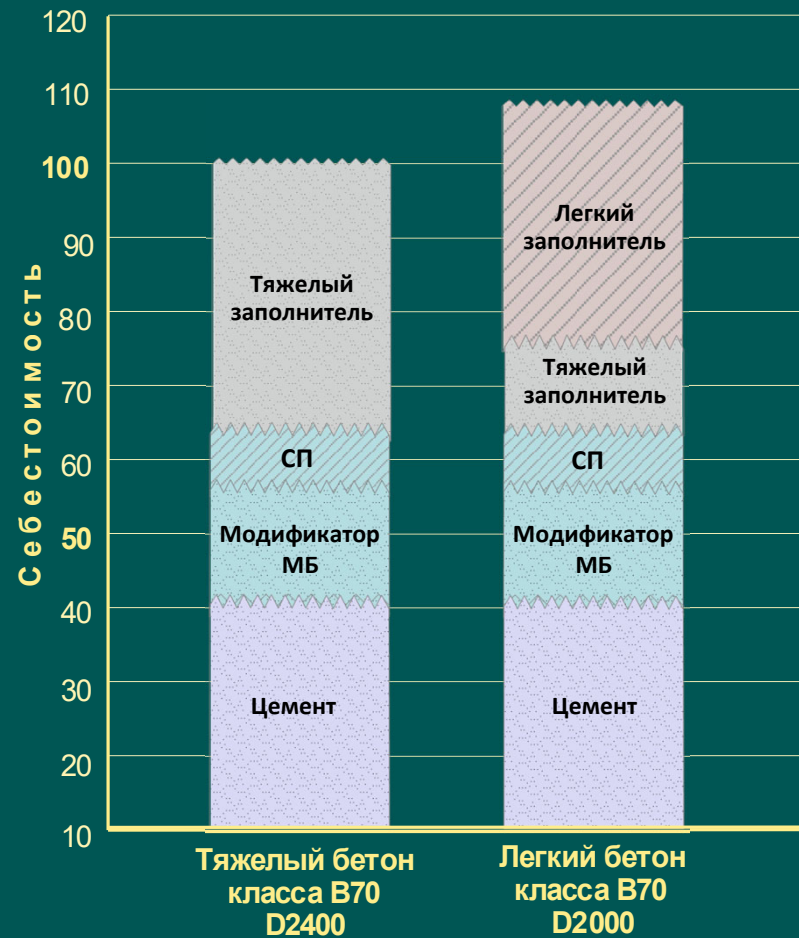
*Сравнивая стоимость лёгкого и тяжёлого бетонов одного класса по прочности, надо исходить из того, главным фактором влияющим на стоимость является цена пористого заполнителя, доставленного производителю бетона*

- В регионах Дальнего Востока и Северного Кавказа, где доступен недорогой заполнитель из туфовых пород стоимость высокопрочного лёгкого и тяжелого бетонов одного и того же класса должна быть одинакова.
- В центральных регионах России, где целесообразно использовать керамзитовый заполнитель стоимость высокопрочного лёгкого и тяжелого бетонов одного и того же класса может отличаться.

Ориентиром является сравнение (на примере производства изделий в Подмоскowie, на предприятии «КИТ-Монарх»), себестоимости лёгкого и тяжелого бетонов класса В70, из которого следует, что использование керамзитового гравия приводит к **увеличению себестоимости на 6-8 %** в зависимости от состава бетонной смеси.

## ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Доля основных компонентов в себестоимости бетонных смесей, %





## ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Несмотря на возможную, в зависимости от регионов строительства, разницу в стоимости лёгкого и тяжелого бетонов аналогичных классов, эффект от проектирования, производства и применения облегчённых на 20% конструкций может выражаться в значительном снижении материалоёмкости, а также в повышении эксплуатационных свойств – сейсмостойкости, огнестойкости и в других достоинствах сооружений.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**