

Оборудование и технологии производства ЖБИ

Бетоносмесители
Технологические линии
Отдельные установки
Бетонные заводы

Впервые производство стеновых блоков заводского (промышленного) исполнения было налажено в Европе в середине 19-го века. Первое промышленное применение технологии вибропрессования бетонных смесей для изготовления бетонных изделий датируется 1914 годом (США). Впоследствии эта технология распространилась по всему миру: Германия — 1929 г., Швеция — 1945 г., Россия — 1960 г.

В 1954 г. в СССР было принято решение о строительстве заводов по производству железобетонных изделий. За 40 лет было создано около 6000 таких производств. На «пике» развития в 1988 году ими выпускалось 153 млн м³ сборных железобетонных изделий и конструкций. Начиная с 1993 года приходится констатировать упадок производства, приведший к банкротству и развалу значительного числа этих предприятий.

Европейская Организация Готовых Бетонных Смесей

(European Ready Mixed Concrete Organization, ERMCO)

ERMCO является федерацией национальных бетонных организаций и включает в себя 21 действительного члена (Из ЕС - Австрия, Бельгия, Чехия, Дания, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Ирландия, Италия, Нидерланды, Польша, Португалия, Словакия, Испания, Швеция, Великобритания; плюс Израиль, Норвегия, Швейцария и Турция), 3 ассоциированных члена (ассоциации Южной Америки, США и Индии) и 1 член-корреспондент (Россия, представлена НИИЖБ).

По статистке, ежегодное мировое производство бетона составляет почти 25 млрд. т — это более 1 куб. м., или 2 т на каждого жителя планеты.

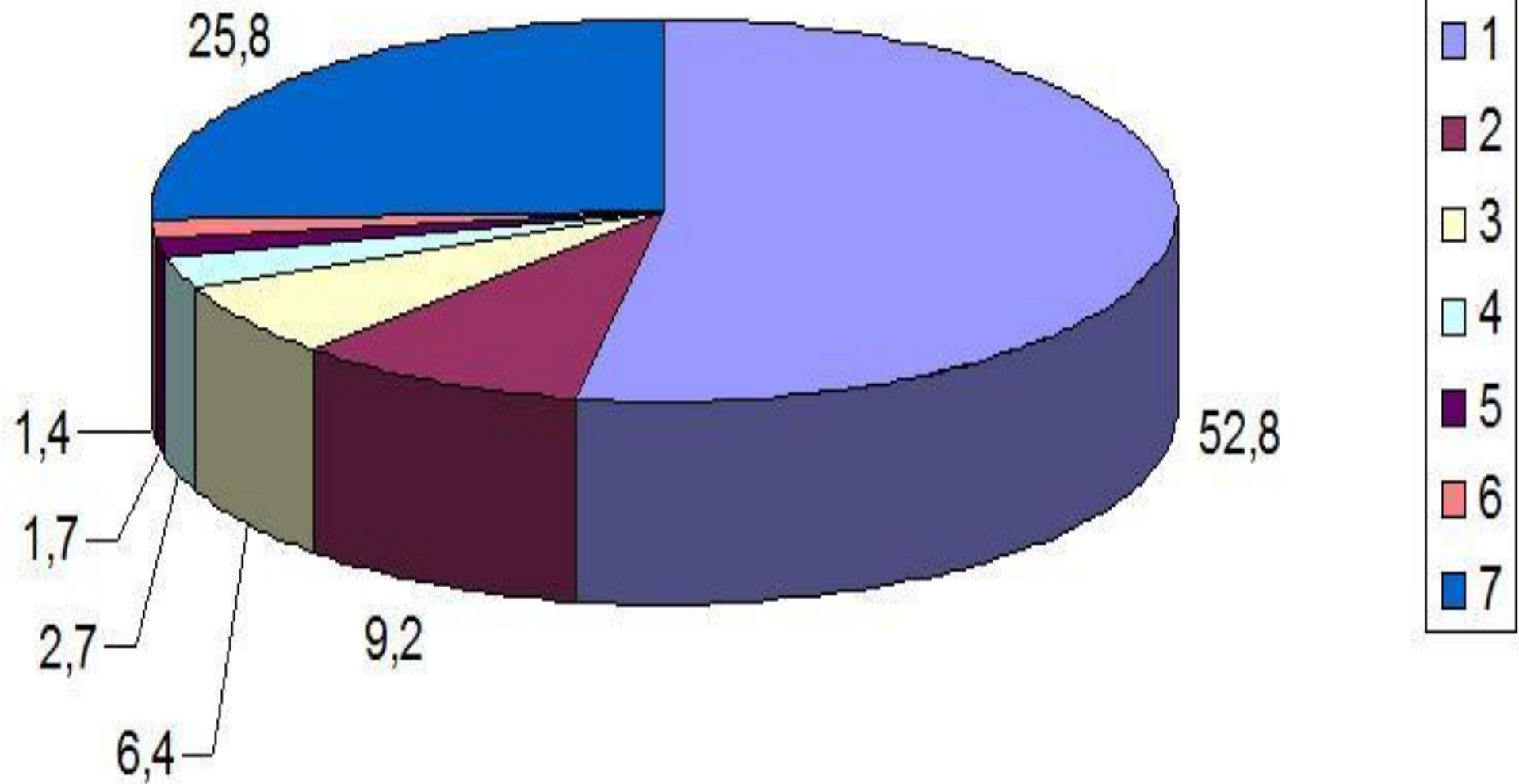
Производство бетона в мире за последние несколько лет достигло объемов, сопоставимых со строительным бумом периода начала массового использования бетонных смесей в капитальном строительстве. Аналитики рынка строительных материалов связывают возросшую потребность в бетоне с выходом мировой экономики из периода стагнации, который терзал крупнейшие мировые державы во время последнего экономического кризиса.

Поскольку одним из показателей оздоровления экономики является состояние дел в строительной отрасли, то беспрецедентные объемы потребления бетонных смесей красноречиво говорят о развитии не только строительной отрасли, а и всей мировой экономики в целом. Мировым лидером по производству бетона по-прежнему остается Китай, еще в 2006 г. объем производства составлял [430 млн. м³](#), и с тех пор

год не уступает. Второе место у Соединенных Штатов Америки.

Объем производства бетона, млн. м³

Государство	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Комментарии
США	315	270	243	197	203	225	230	падение объема на 30% за 3 года (345 млн. м ³ в 2006), постепенное восстановление показателей
Япония	-	101	96	85	88	92	99	
Турция	74,4	69,6	66,4	79,7	90	93	102	благодаря высоким темпам роста производство в Турции превысило производство в Японии
Италия	75,2	73,2	58,8	54,4	51,8	39,9	31,7	падение более чем в 2 раза за 5 лет
Испания	95,3	69	49	39,1	30,8	21,6	16,3	падение в 6 раз за 6 лет
Россия*	38	52	45	40	40	42	44	самый большой рост в 2008
Германия	40,8	41	37,7	42	48	46	45,6	рост 2010-11 гг. сменился падением в 2012-13 гг.
Франция	45	44,1	37	37,4	41,3	38,9	38,6	небольшое падение в 2012-2013 гг.



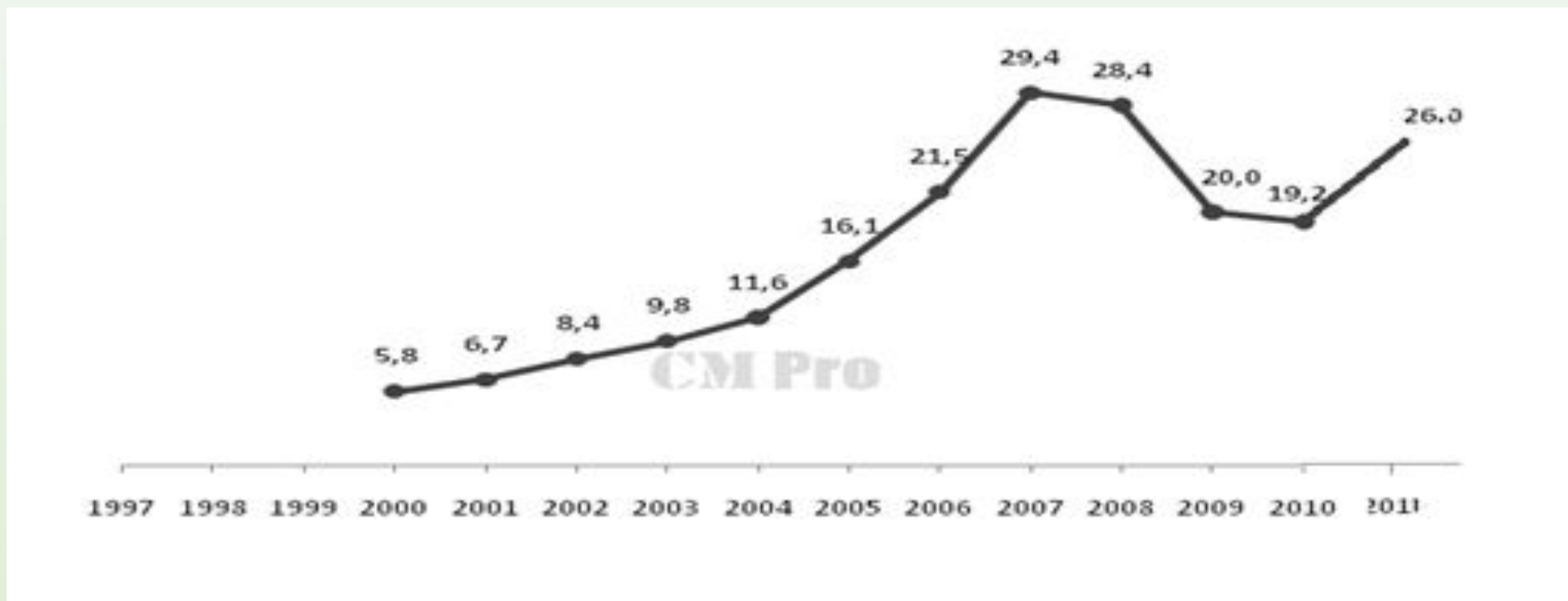
1 – Китай, 2 – Западная Европа, 3 – Индия, 4 – США, 5 – Бразилия, 6 – Россия, 7 – прочие производители.

1988 году выпускалось 153 млн
м³

"Союз производителей бетона" Директор НП Бублиевский
А. Г.

В 2009-2010 г. бетонная отрасль прошла первый пик экономического кризиса, впереди ждет еще более суровый спад деловой активности.

Производство товарного бетона в России (2006 - 2011 г.) млн м3



Производство конструкций и деталей сборных железобетонных в 1997-2010 гг,
млн. м3



1988 году выпускалось 153 млн м³

Наименование

Январь-декабрь

12 мес. 2004 г.

к 12 мес. 2003 г.

2004 г.

2003 г.

В %%

СБОРНЫЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОН, тыс.куб.м всего по России

22 030,5

21 122,3

104,3

В т.ч.

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ

8 854,9

8 457,4

104,7

СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ

1 791,0

1 833,2

97,7

ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ

2 133,0

1 960,5

108,8

ПРИВОЛЖСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ

3 996,7

3 762,7

106,2

УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ

2 363,8

2 414,3

97,9

СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ

2 271,9

2 148,4

105,7

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ

619,2

545,8

113,4

В т.ч. ПАНЕЛИ И ДРУГИЕ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ

КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ, тыс.кв.м

всего по России

6 219,8

5 657,4

109,9

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ

2 811,7

2 453,5

114,6

СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ

446,8

590,5

75,7

ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ

637,4

554,1

115,0

ПРИВОЛЖСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ

856,1

714,4

119,8

УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ

789,8

786,1

100,5

СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ

521,5

435,8

119,7

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ

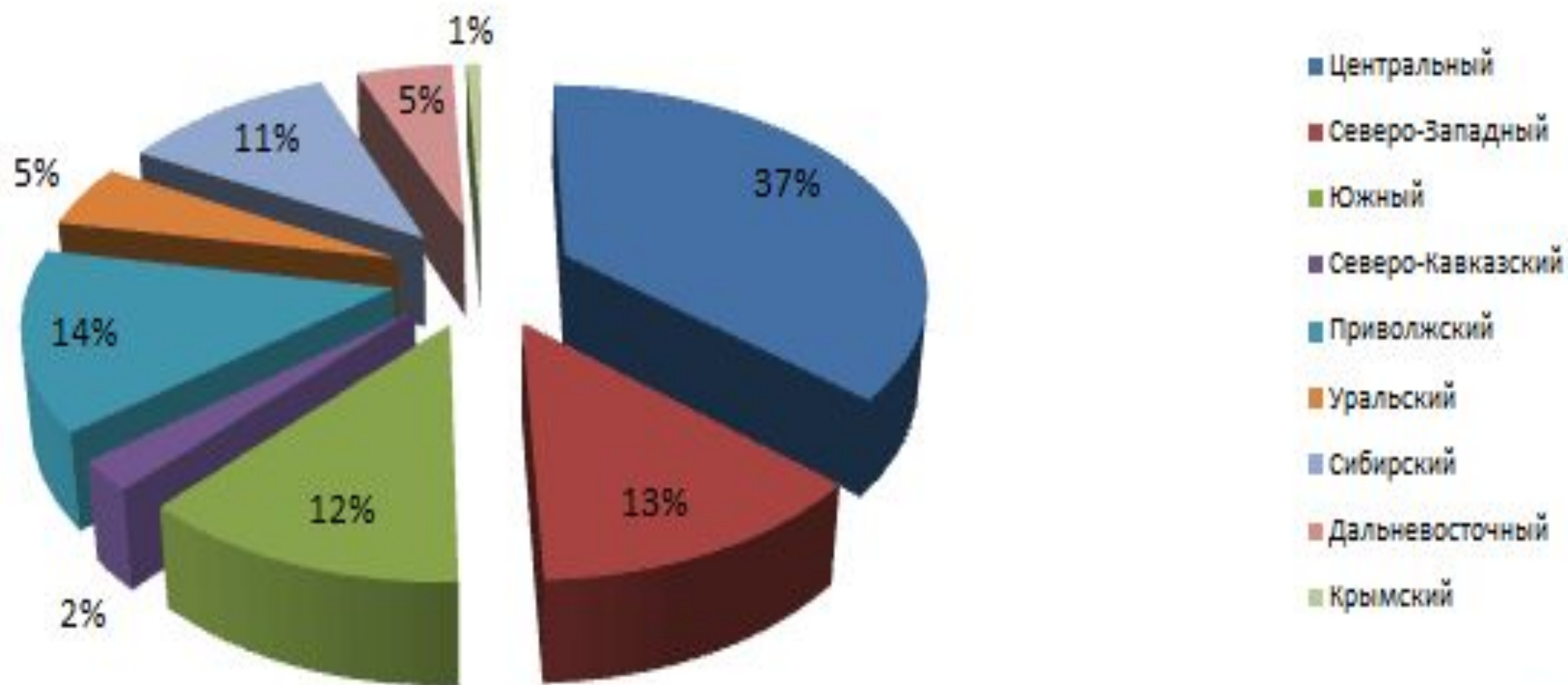
156,5

123,0

127,2

	2005	2006	2007	2008	2009
Московская область	2 176,9	2 787,4	6 141,9	3 230,0	4 793,5
Москва	226,3	3 261,8	4 601,8	4 809,7	3 043,9
Краснодарский край	465,7	645,8	1 343,7	1 649,6	1 290,8
Санкт-Петербург	1 258,0	1 775,6	2 403,7	2 203,5	1 238,2
Ленинградская область	308,4	416,8	442,1	552,6	897,9
Татарстан, Республика	1 033,0	846,8	1 041,7	1 097,0	786,0
Красноярский край	90,6	223,9	201,4	538,7	478,0
Свердловская область	390,1	927,3	1 095,6	986,8	428,6
Белгородская область	389,3	483,6	611,1	674,7	355,7
Ростовская область	902,7	382,1	564,2	684,2	340,6
Новосибирская область	160,9	222,2	334,5	411,8	316,0
Тюменская область	184,9	458,8	645,5	798,2	304,0
Ставропольский край	37,8	180,7	256,5	350,8	270,8
Кемеровская область	219,9	327,0	472,0	546,3	264,7
Иркутская область	153,1	304,1	463,2	571,7	210,5

Производство бетона в Российской Федерации в разрезе федеральных округов (июль 2015 года)



Применение бетонов марок выше М800 (класс В60)



11% Норвегия



8% США



≈0,01% Россия



Немецкие ученые работают над превращением нового сверхпрочного бетона в стандартный материал для массового строительства. Координатором программы, на реализацию которой Немецкий фонд научных исследований выделил 9 млн. евро, выступает Университет Касселя, участвовавший в разработке инновационного бетона.

Михаэль Шмидт (проф. Университет Касселя) - бетон ультравысоких технологий (UHPC, Ultra High Performance Concrete). Отличается тем, что предел его прочности при сжатии разнится с традиционным бетоном в 7—10 раз и примерно равен тому, что имеет сталь, поэтому для него требуется значительно меньше стальной арматуры.

В конструкциях с одинаковой нагрузочной способностью UHPC необходимо в два раза меньше, чем обычного бетона.

Франц-Йозеф Ульм (проф. Массачусетского технологического института (США)), говорит, что для производства бетона UHPC нужно в три раза больше цемента, чем для обычного.

По мнению Шмидта, применение “UHPC не обязательно дороже, поскольку уменьшаются общие затраты на строительство, не говоря уже о балансе расходов из расчета всего срока службы. Т.к. UHPC абсолютно непроницаем для газов и воды; влажность, соль и агрессивные газы практически не проникают в его капилляры. Такая структура защищает UHPC от разрушения временем, а арматурную сталь — от коррозии. Высокая плотность и твердость последней модификации UHPC объясняется прежде всего оптимальным распределением частиц цемента, молотого кварцевого песка, сверхмелкой летучей золы из фильтров электростанций, гранулированного доменного шлака и синтетического диоксида кремния, подобного кварцу.

Его возможности доказаны постройкой моста в Кентукки, в котором толщина несущего бетонного слоя составляет лишь 7,5 см вместо обычных 25 см. С применением UHPC уже построены здания в Айове и Виргинии (США), Квебеке (Канада) и во Франции. В Германии первый мост из UHPC длиной 140 м и шириной 5 м, получивший название Гертнерплац, построен в 2007 г. в Касселе.

Применение UHPC невозможно без высочайшей культуры производства начиная от изготовления до укладки на стройплощадке, а это требует подготовленного персонала и соответствующего технологического обеспечения.

Сложности связаны не только с тем, что, по мнению специалистов Технологического университета в Грэнце (Австрия), UHPC

О новых бетонах

В современном строительстве применяется более тысячи различных видов бетона, и технологии производства продолжают совершенствоваться. Появились и получили широкое распространение эффективные вяжущие, модификаторы для бетонов, активные минеральные добавки и наполнители, армирующие волокна, новые технологические приемы и методы получения строительных композитов. Все это позволило не только создать и освоить производство новых видов бетона, но и значительно расширить номенклатуру применяемых в строительстве материалов: от суперлегких теплоизоляционных (менее 100 кг/м³) до высокопрочных конструкционных (с прочностью на сжатие свыше 200 МПа).

Разработка специальных цементов для особо высокопрочных бетонов и новые технологии позволяют значительно увеличивать прочность конструкций. Получены так называемые DSP-композиты (уплотненные системы, содержащие гомогенно распределенные ультрамалые частицы). Они включают специально подготовленные цементы, микрокремнезем, заполнители и микроволокна, которые за счет специальных технологических приемов при В/Ц=0,12-0,22 позволяют достичь прочности 270 МПа при высокой стойкости к коррозионным воздействиям и истиранию.

Современный уровень технологии позволяет представить концепцию развития бетонов:

- Высокие физико-технические характеристики бетонов: класс по прочности В40...В80, низкая проницаемость (эквивалентная маркам W12...W20), низкая усадка и ползучесть, повышенная коррозионная стойкость и долговечность, т.е. характеристики, сочетание которых или преобладание одной из которых обеспечивает высокую надежность конструкций в зависимости от условий эксплуатации;
- Доступная технология производства бетонных смесей и бетонов с вышеуказанными характеристиками, основанная на использовании традиционных материалов и сложившейся производственной базы

Основной путь реализации концепции:

- Внедрение различных приемов модифицирования бетонов с использованием более совершенных и технологичных материалов и модернизацией способов переработки.

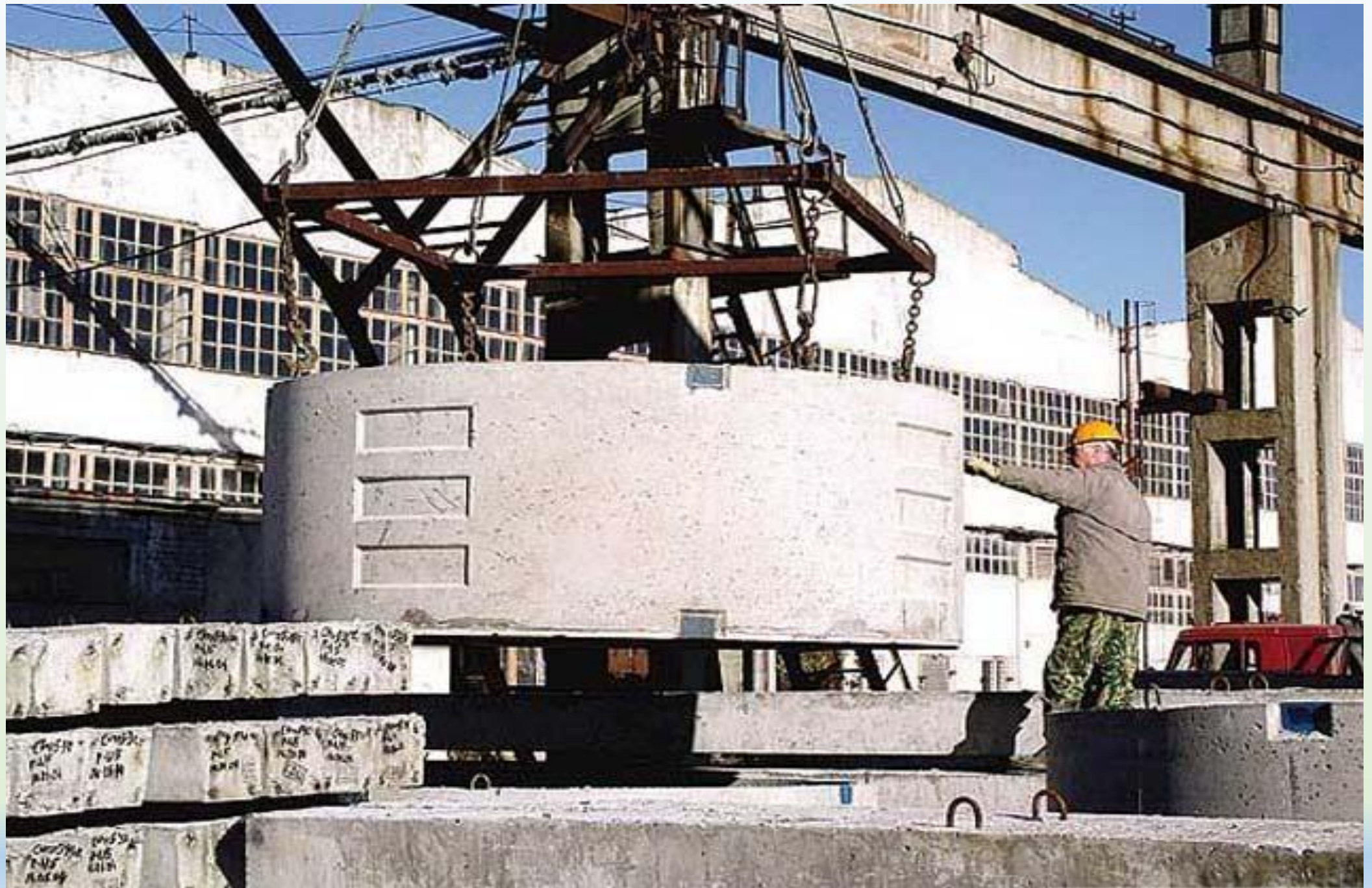
В качестве модификаторов должны быть использованы смесевые композиции из традиционных добавок в новых отпускных формах или специально синтезированные органические продукты.

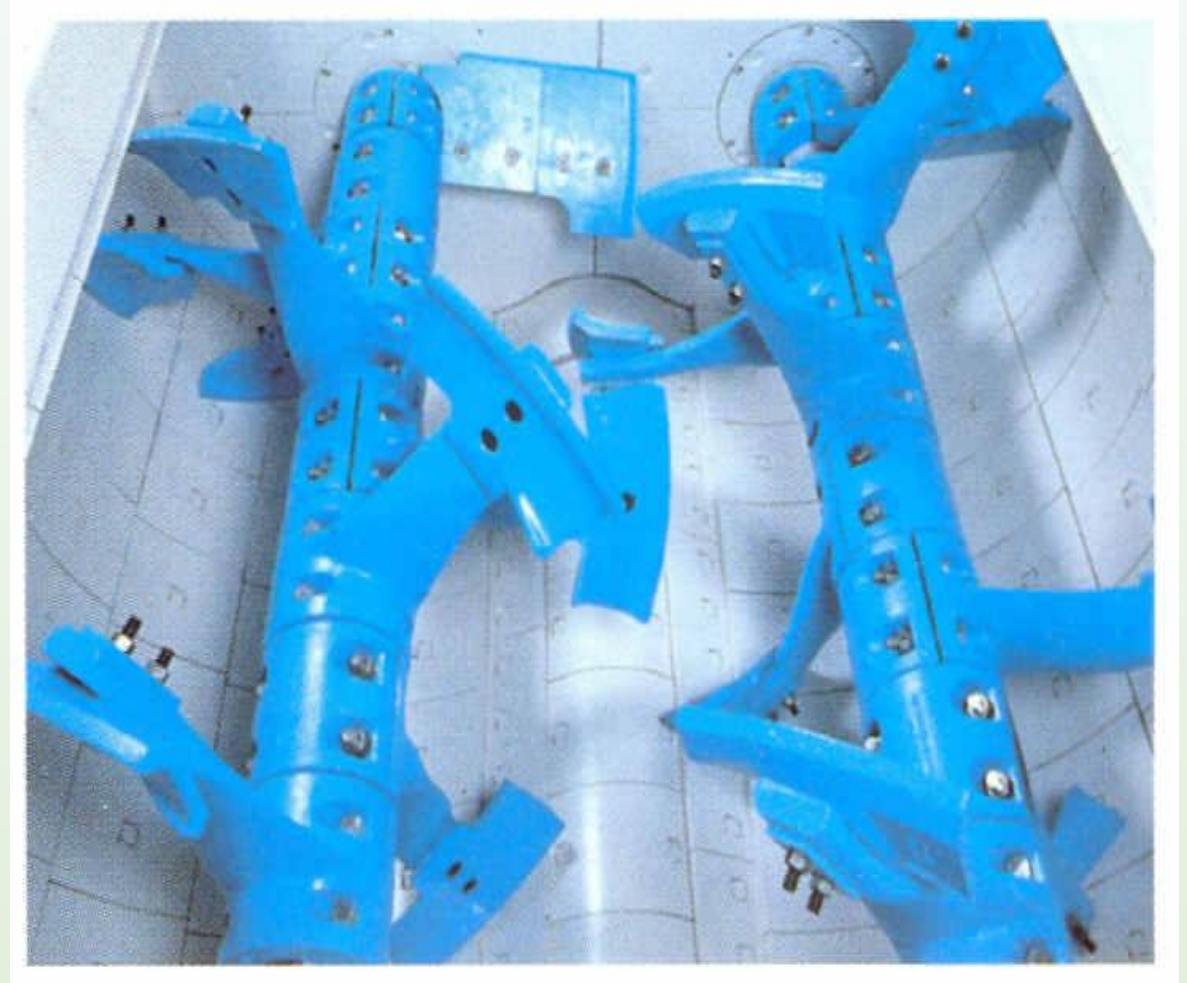
- Применение цементов оптимального гранулометрического состава.
- Внедрение приемов гидромеханохимической активации бетонных смесей.

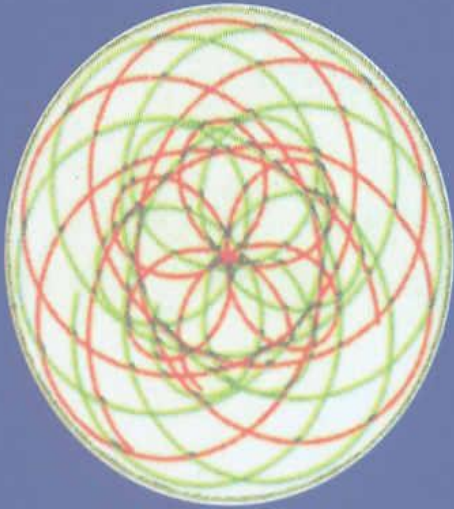




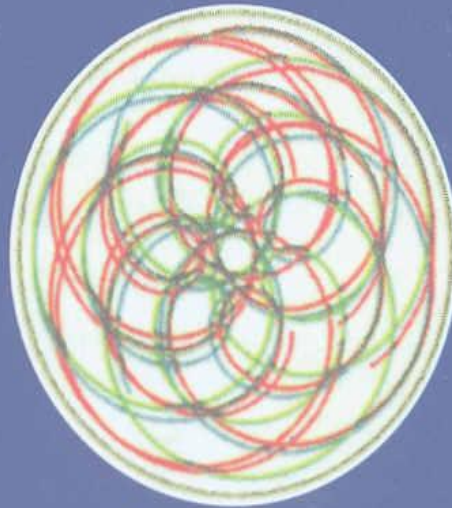




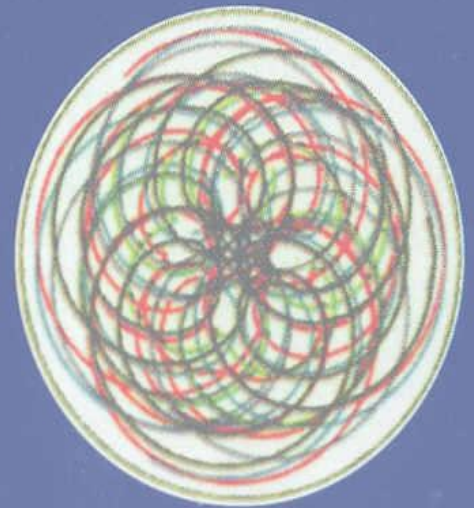




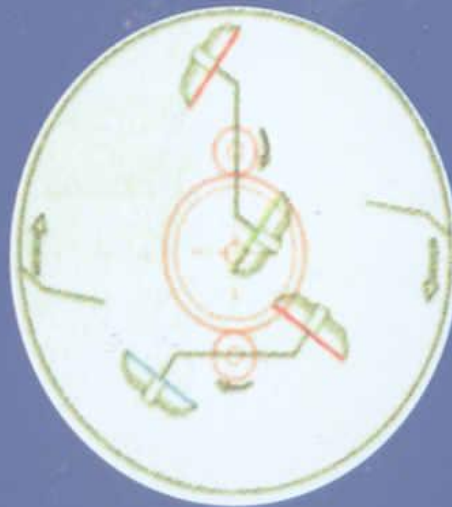
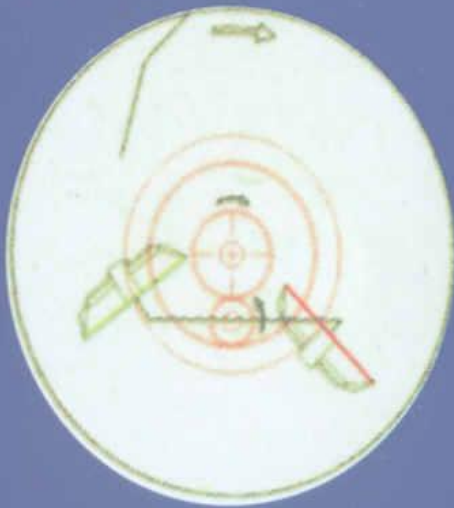
HPGM 375-1125 L

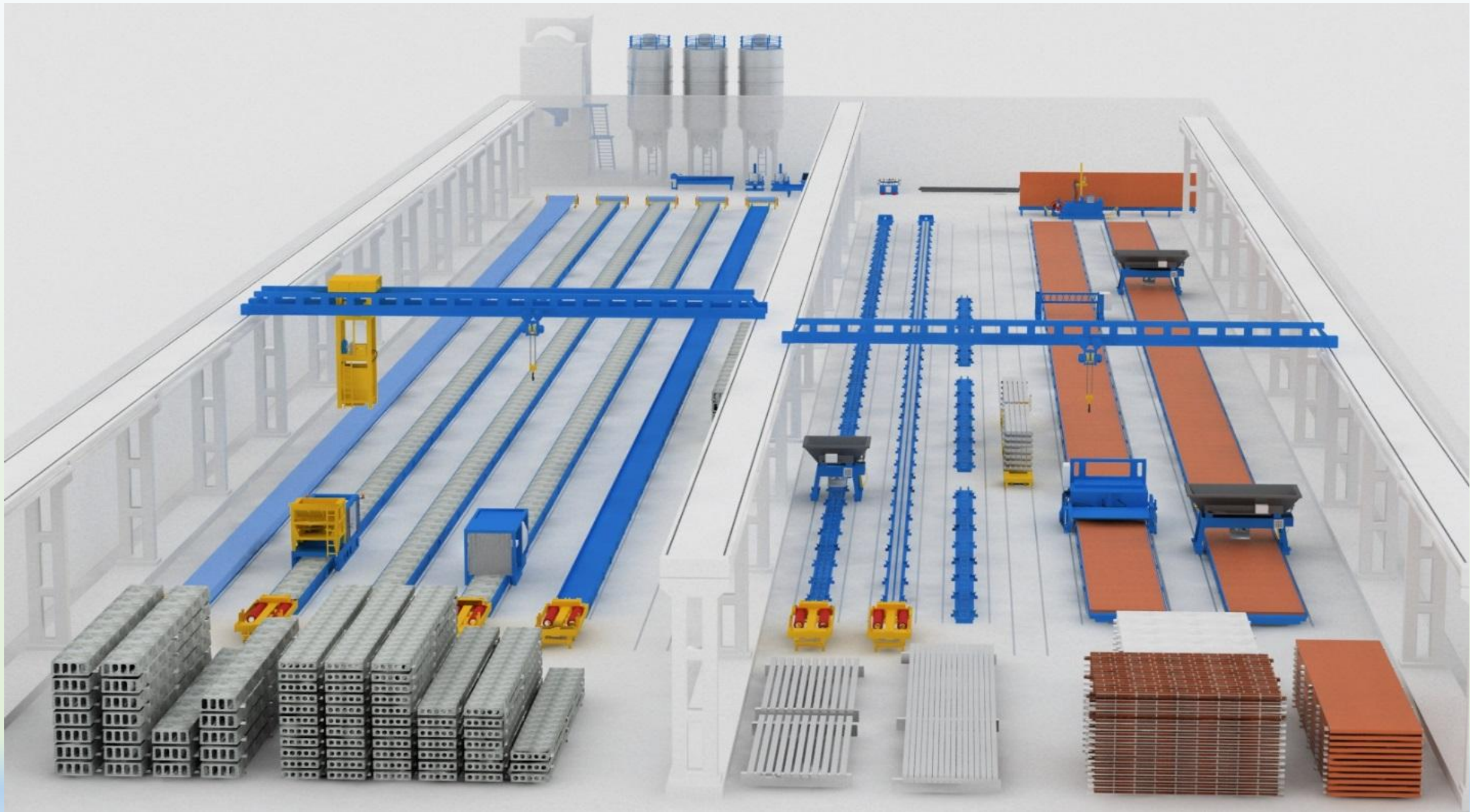


HPGM 1500-2250 L



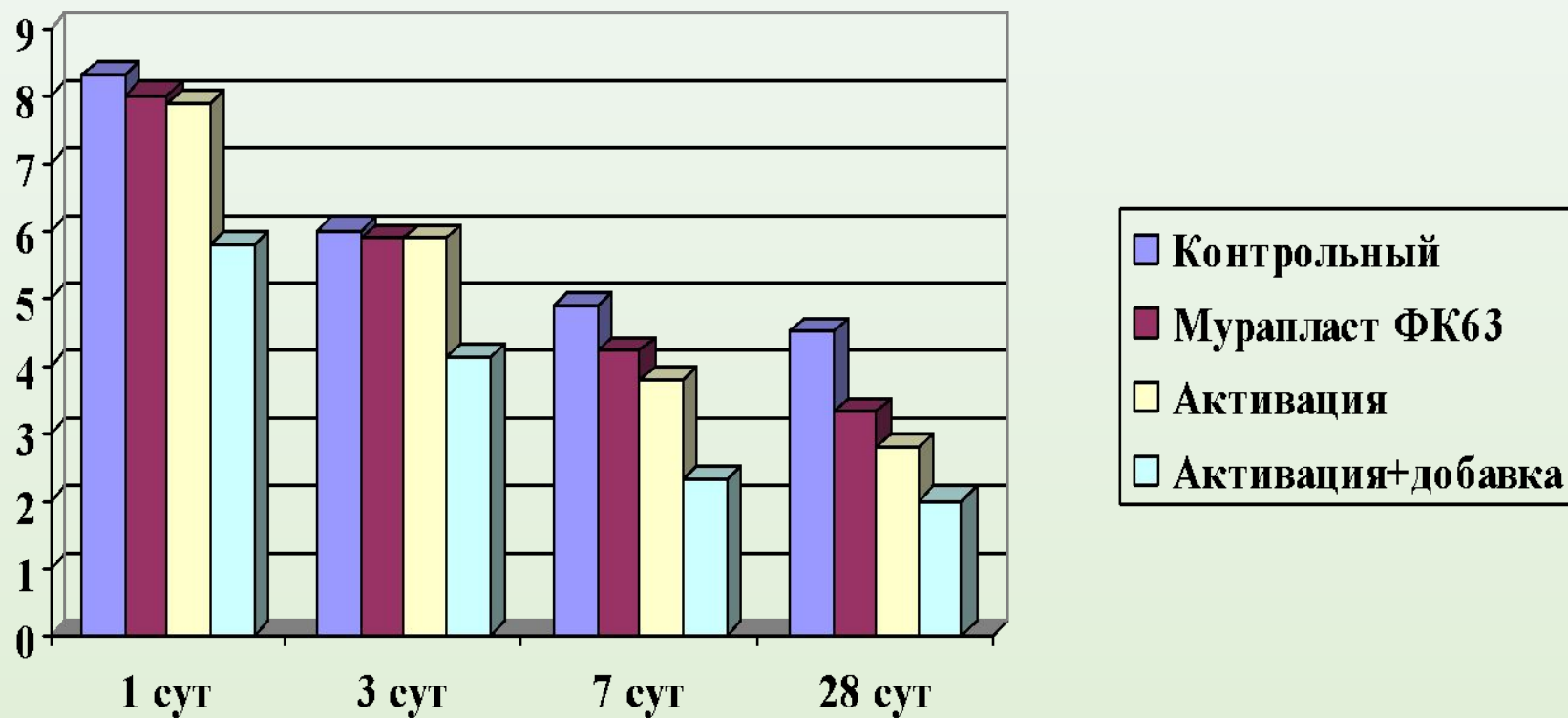
HPGM 3000-4500 L







Влияние активации на капиллярную пористость



Макро- и микрокапиллярная пористость:

$$P = W_c / (P_k + P_{м.з.})$$

где, W_c - сорбционная влажность, P_k - открытая капиллярная пористость,
 $P_{м.з.}$ - относительный объем межзерновых пустот (открытых некапиллярных пор)

Интегральная
пористость:

$$P_o = \frac{\rho(B/C - 0,42\alpha)}{1 + \rho \cdot B/C}$$

$$P_k = \rho(B/C - 0,23\alpha) / 1 + \rho \cdot B/C$$

$$P_r = 0,2 \cdot \alpha \cdot C$$

где, P_o - общая пористость цементного камня; P_k - капиллярная пористость;
 P_r - объем пор геля; ρ - плотность цемента; α - степень гидратации.

Микрокремнезем (МК) - порошок, состоящий из твердых сфер диаметром в среднем 0.1 мкм

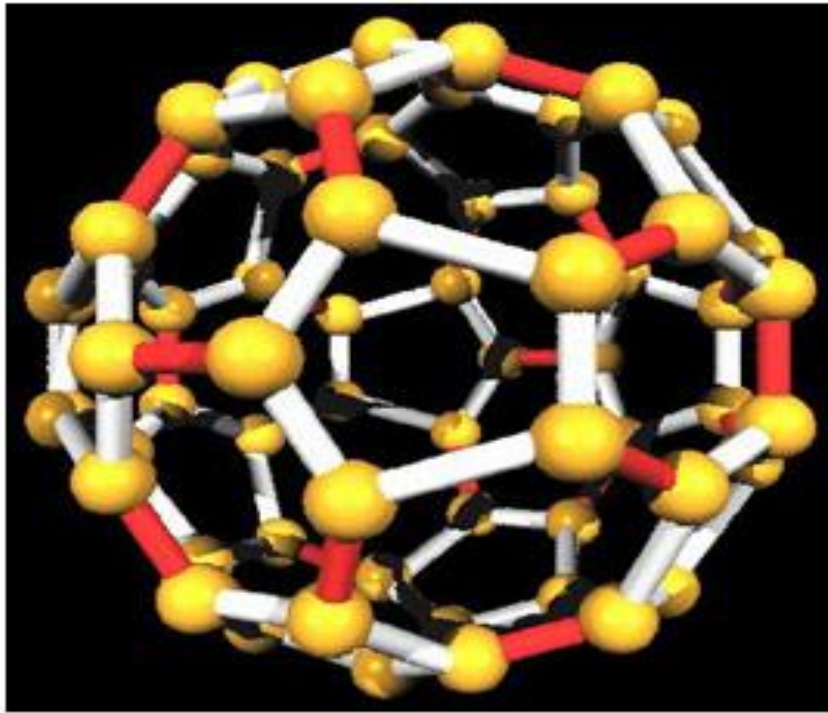
Сравнение удельной поверхности микрокремнезема с портландцементом:

- микрокремнезем 140000-300000 см²/г*
- портландцемент 3000-4000 см²/г*

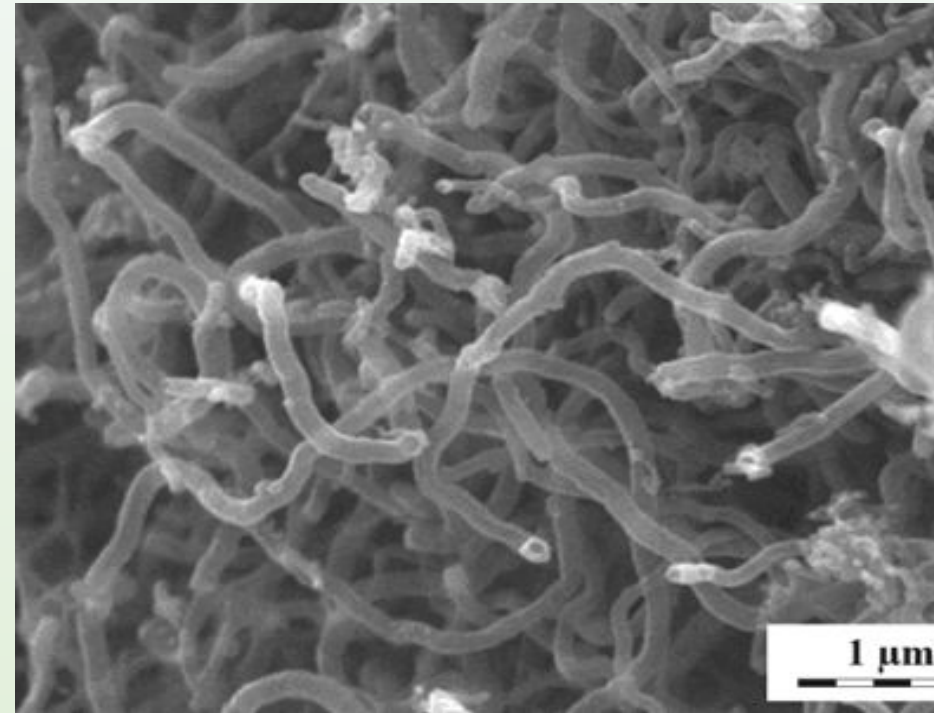
Влияние МК на свойства цементного теста и камня

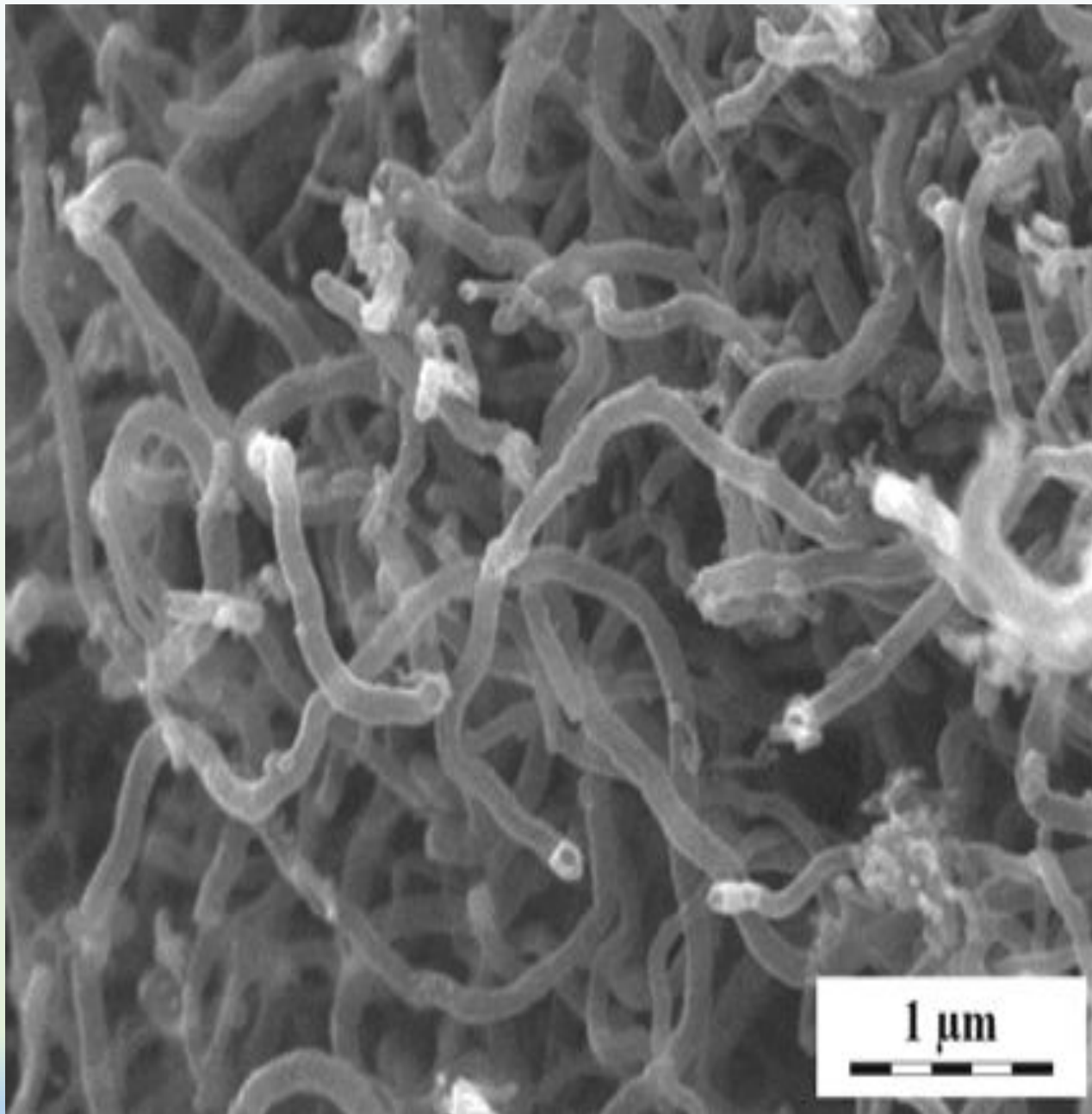
Доля МК, %	Плотность кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при изгибе, МПа	В/Ц, %
0 (контрольный образец)	2170	38	7.03	28
2.5	2110	40.6	6.56	28

Фуллерен
C₆₀



Электронно-микроскопический
снимок
углеродных нанотрубок

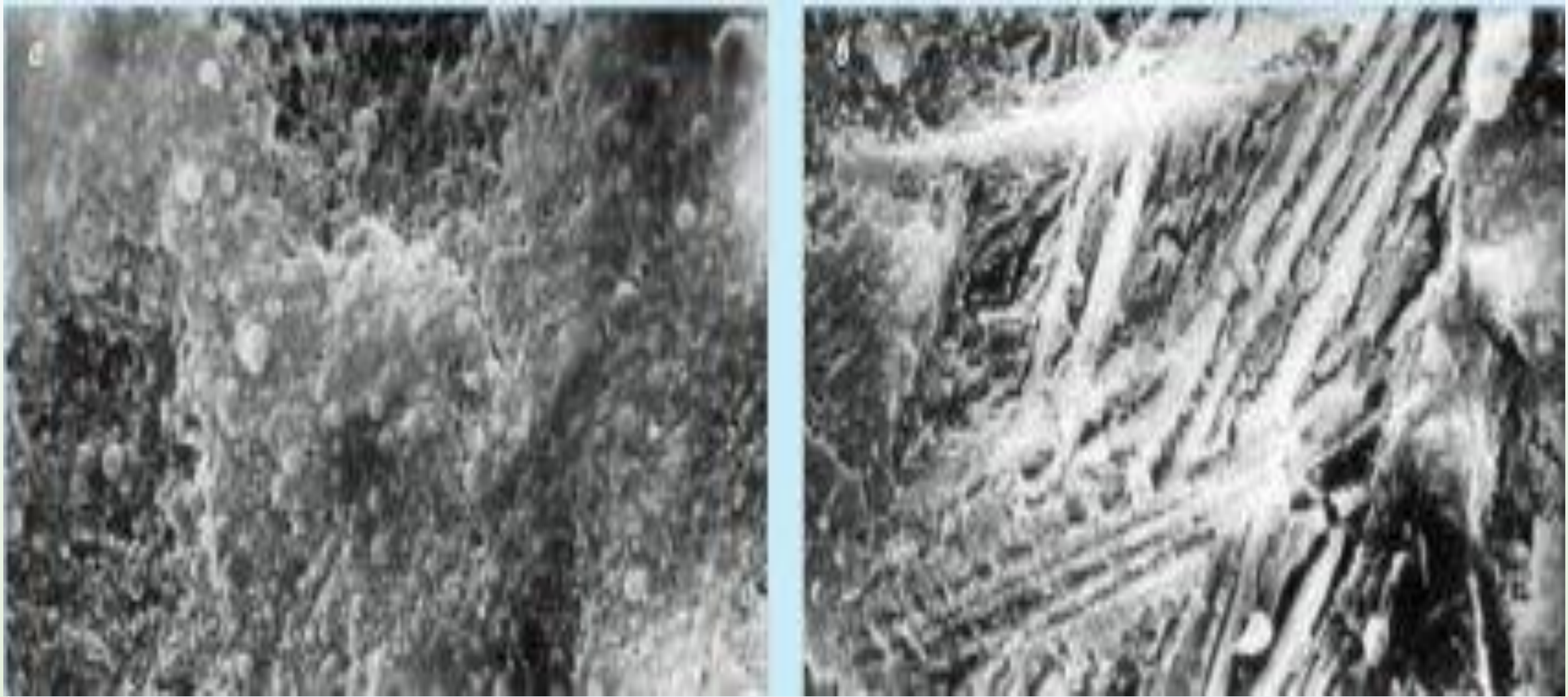




Низкотемпературный каталитический метод получения нового материала - углеродных нанотрубок (УНТ).

Метод основан на превращении углеродсодержащих газовых выбросов (метан, пропан, бутан, оксид и диоксид углерода) в новые композиционные материалы – нанотрубки.

В зависимости от условий проведения процесса диаметр полых углеродных волокон составляет 20-200 нм. Длина дискретных углеродных волокон на несколько порядков превышает их диаметр и составляет 1-7 мкм. Диаметр и длина трубок может варьироваться изменением условий получения. Поверхность образцов нового материала составляет 90-120 м²/г.



**Электронно-микроскопическое изображение цементного камня при увеличении 6000х:
а — обычный цементный камень; б — цементный камень после введения нанотрубки**

Бетонная СМЕСЬ

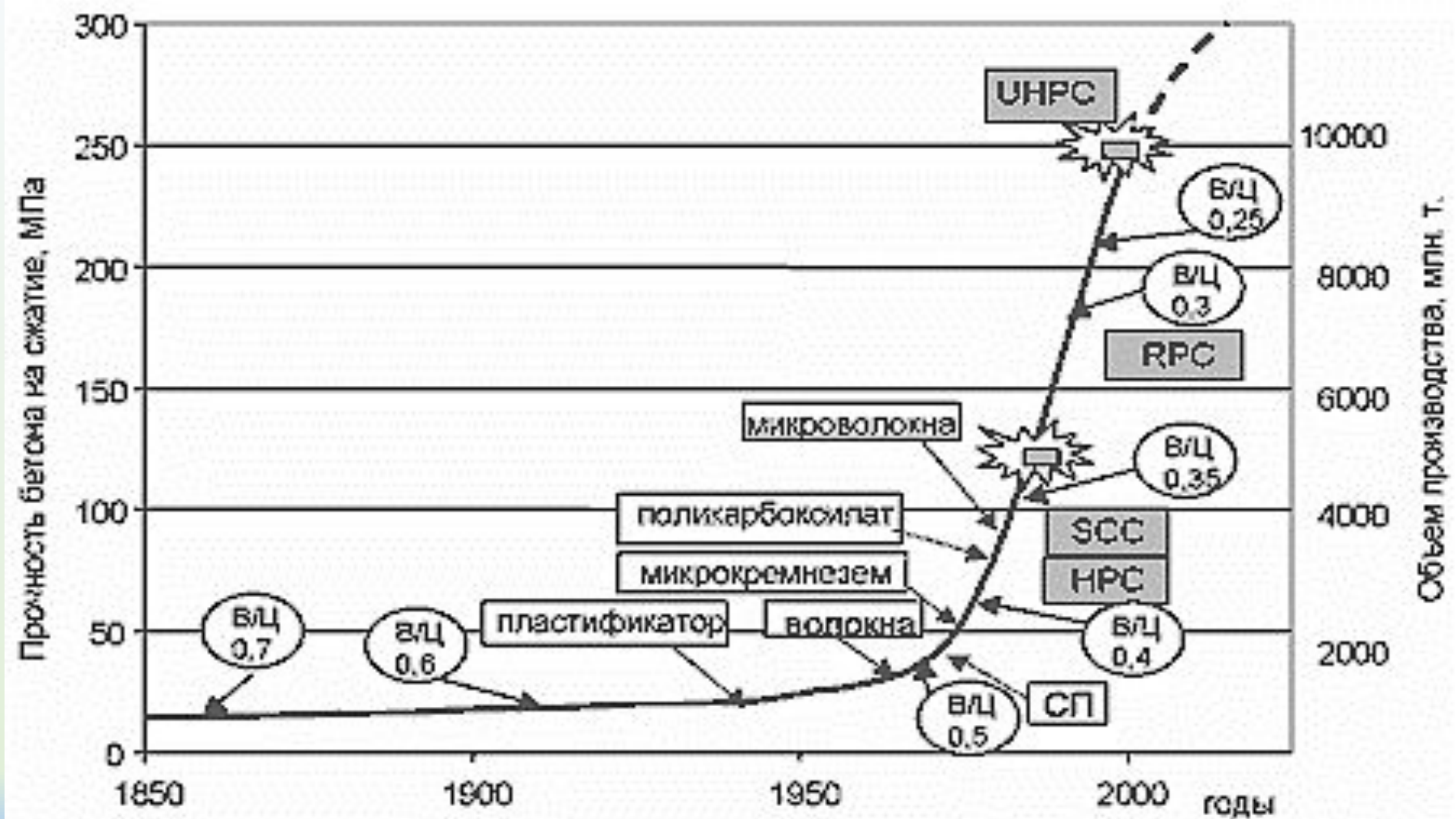
Класс	ОК, мм
S1	10 ...40
S2	50...90
S3	100 ...150
S4	160 ...210
S5	>220

Марка	Степень уплотнения
CO	>1,46
C1	1,45 ...1,26
C2	1,25 ...1,11
C3	1,10... 1,04

Класс	Жесткость по Вебе, сек
VO	> 31
VI	30...21
V2	20 ...11
V3	10. ..6
V4	5...3

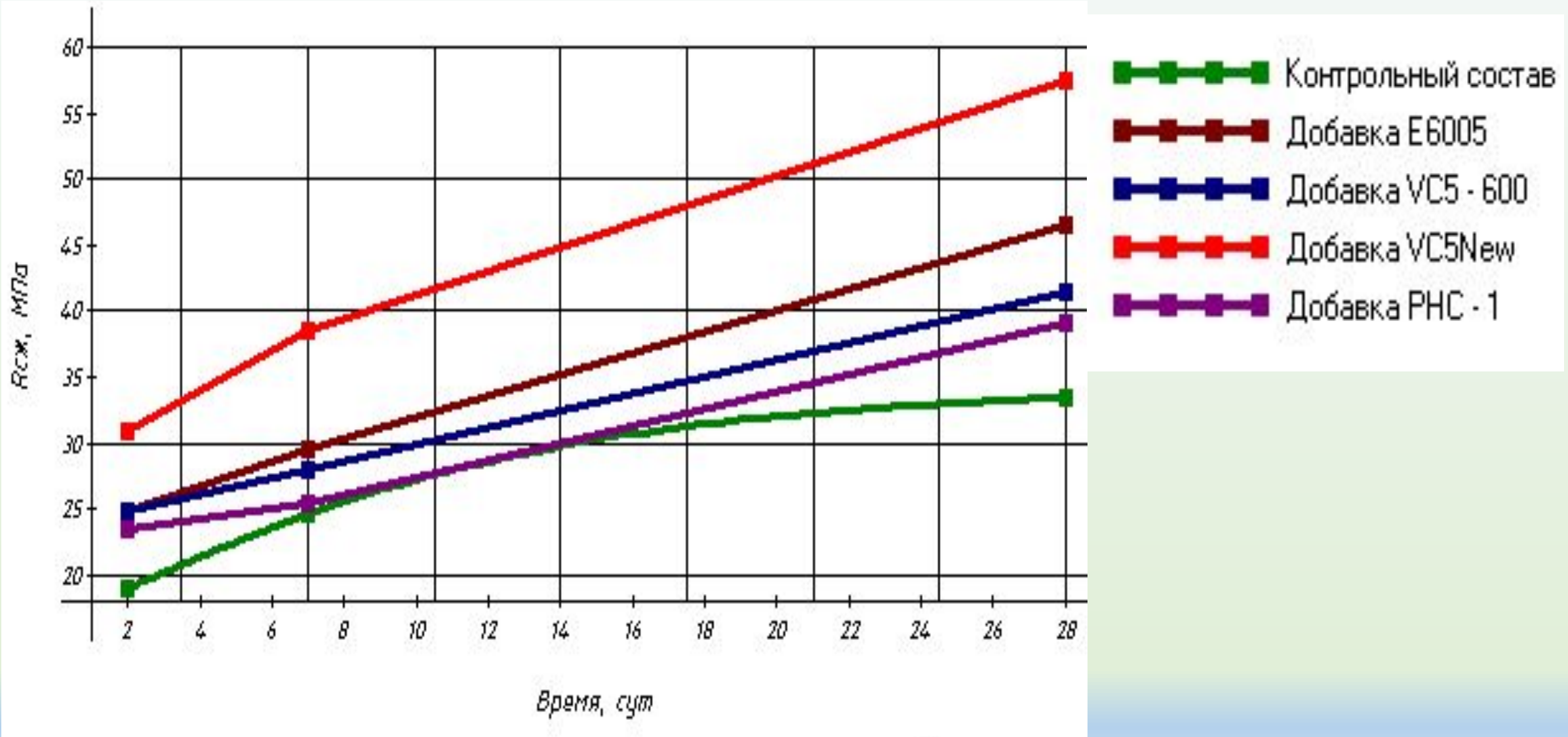
Марка	Распływ, диаметр, мм
F1	>340
F2	350 ...410
F3	420 ...480
F4	490...550
F5	560. ..620
F6	>620

Марка бетона	Прочность, МПа	
	цилиндры	кубы
С 8/10	8	10
С 12/15	12	15
С 16/20	16	20
С 20/25	20	25
С 25/30	25	30
С 30/37	30	37
С 35/45	35	45
С 40/50	40	50
С 45/55	45	55
С 50/60	50	60
С 55/67	55	67
С 60/75	60	75
С 70/85	70	85
С 80/95	80	95
С 90/1 05	90	105
С 100/1 15	100	115



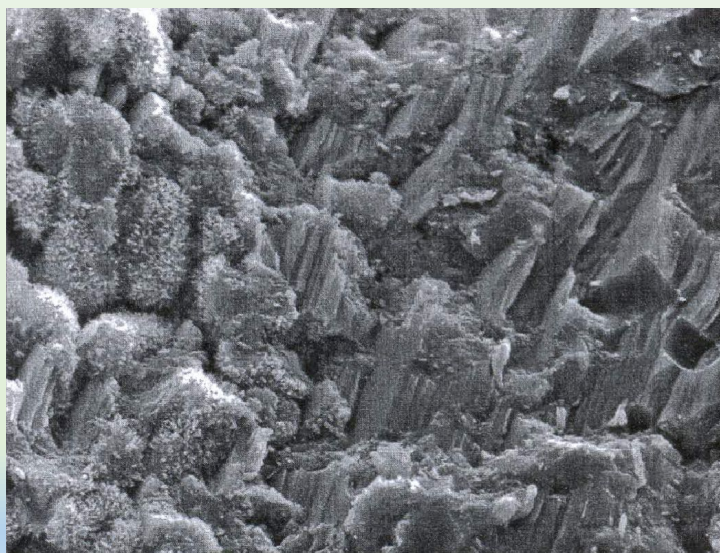
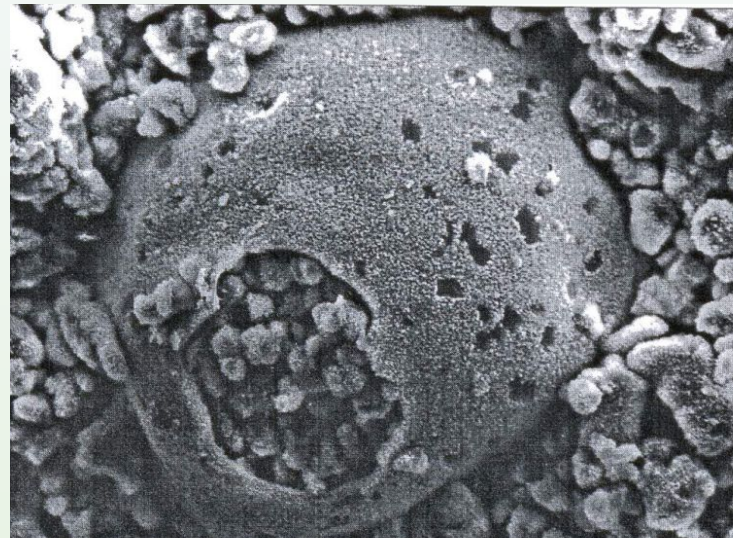
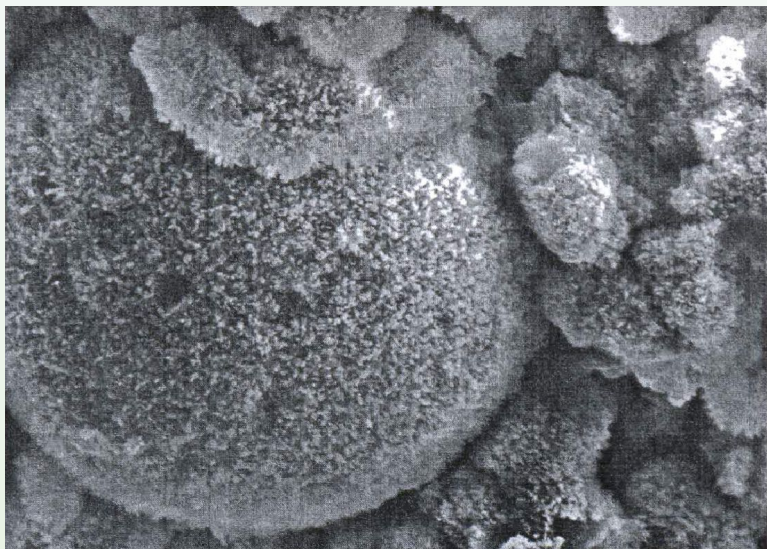
№ п/п	Добавка	Расход добавки, %	В/Ц	Плотность кг/м ³	Прочность на растяжение при изгибе, R _{изг'} , МПа	$\Delta R_{изг'}$, %	Прочность при сжатии, R _{сж'} , МПа	$\Delta R_{сж'}$, %
1	Контрольн.	-	0,44	2360	8,8		39,2	0
2	39P22	0,9	0,36	2280	10,1	14,8	40,8	4,1
3	BV82CF	0,4	0,366	2430	10,1	14,8	38,0	-3,1
4	E6000	0,6	0,37	2410	10,7	21,6	39,6	1,0
5	E6005	0,9	0,37	2430	11,6	31,8	41,2	5,1
6	VC5-600	0,8	0,37	2420	10,9	23,9	48,0	22,5
7	VC5 New	0,8	0,36	2360	12,0	36,4	40,0	2,0
8	VC20HE	1,0	0,36	2360	10,5	19,3	34,4	-12,2
9	PHC-1	0,3	0,36	2420	11,1	26,1	44,0	12,2
10	VC20 Gold	1,0	0,36	2330	10,1	14,8	36,0	-8,2
11	VC 3088	1,0	0,36	2380	10,1	14,8	40,0	2,0

Снижение количества воды затворения в присутствии добавок приводит к росту прочности бетона в возрасте 2, 7 и 28 суток



	2585	32,2	52,3	61,7
	2558	32,5	52,8	57,1
	2580	39,0	63,4	64,3
	2675	58,0	94,2	78,3
	2660	52,0	84,5	83,0
	2640	59,0	95,8	83,6
	2630	52,0	84,5	83,0

Продукты гидратации на ЗМС



Состав и свойства бетона УНРС

Рецептура смеси	+ МК	«О»		Прочность, МПа (Т тверд = 20°C)	
				+ МК	«О»
Nanodur CEM II/B-S 52,5 R	-	832			
CEM I 52,5 R-HS/NA	832	-	Призма 7 сут	122,6	125,2
Микрокремнезем (МК)	135	-	Призма 28 сут	154,1	154,1
Кварцевый порошок	207	288	Куб 7 сут	116,3	125,1
Песок	975	1056	Куб 28 сут	160,5	158,1
Вода	166	179	Прочность на разрыв		
Водоцементное отношение	0,22	0,24	Призма 7	15,4	20,7
Содержание СП в вяжущем	4,2%	4,2%	Призма 28	21,2	21,5

Высокофункциональные бетоны (High Performance Concrete, HPC).

- **Достижения строительного материаловедения позволили объединить в единый комплекс положительные свойства разных групп бетонов. Так появился новый класс бетонов - высокофункциональные бетоны. Это многокомпонентные бетоны, в которых используются композиционные вяжущие вещества, химические модификаторы структуры, свойств и технологии, активные минеральные компоненты и расширяющие добавки. Многокомпонентность системы позволяет управлять структурообразованием на всех этапах технологии.**
- **Композиционные вяжущие представляют собой продукт механохимической активации портландцемента или другого вяжущего с химическими модификаторами, содержащими водопонижающий компонент, и минеральными добавками.**

НРС -бетоны и проблемы их производства

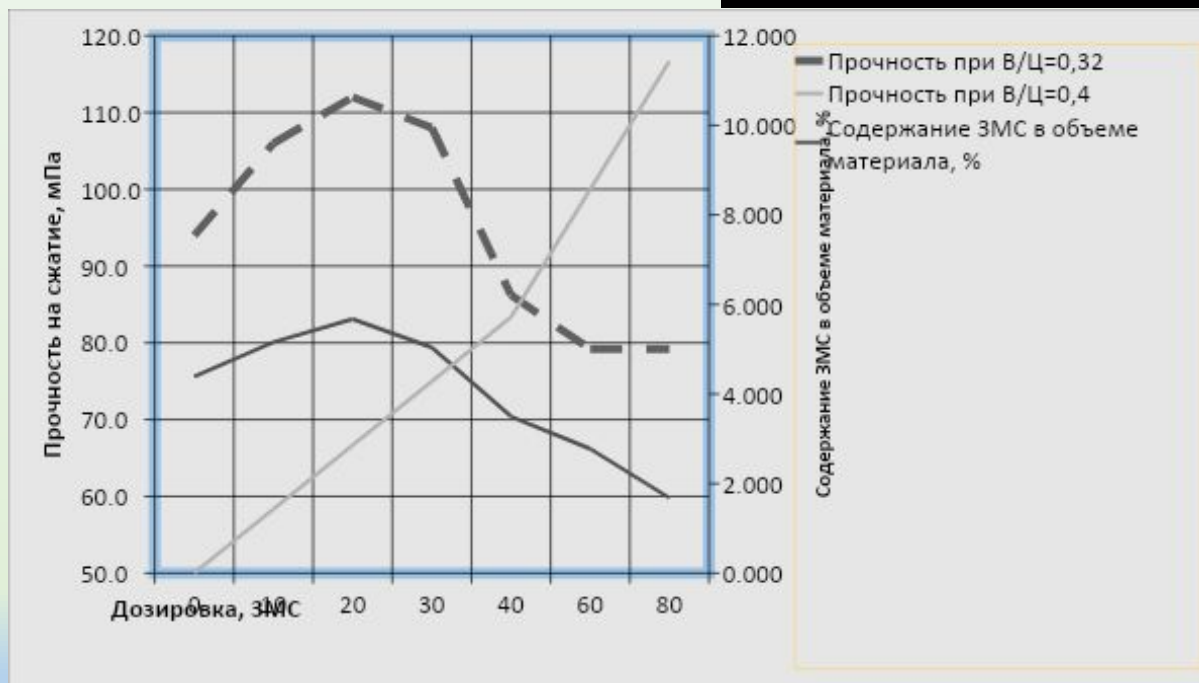
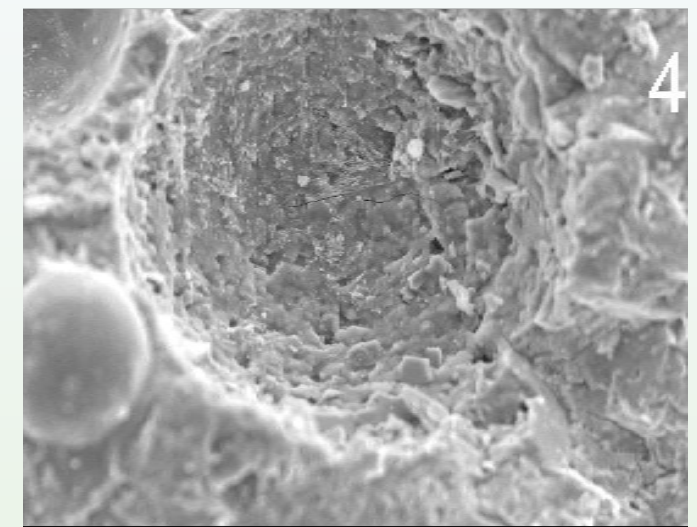
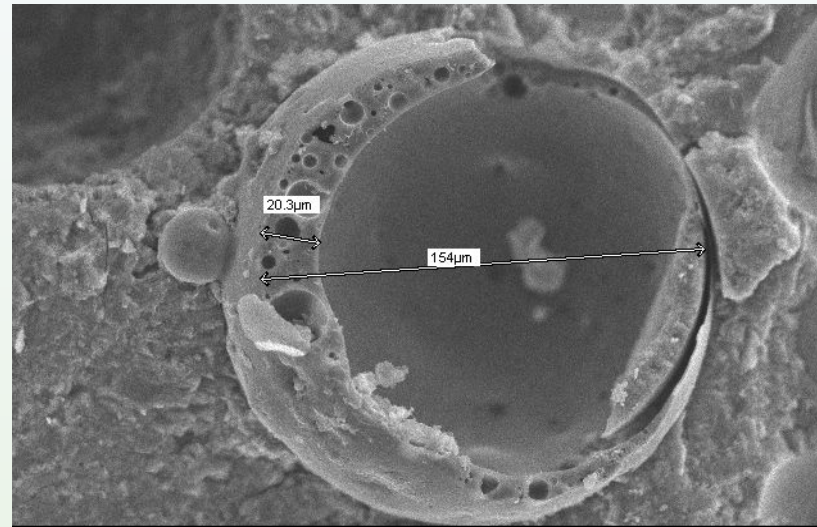
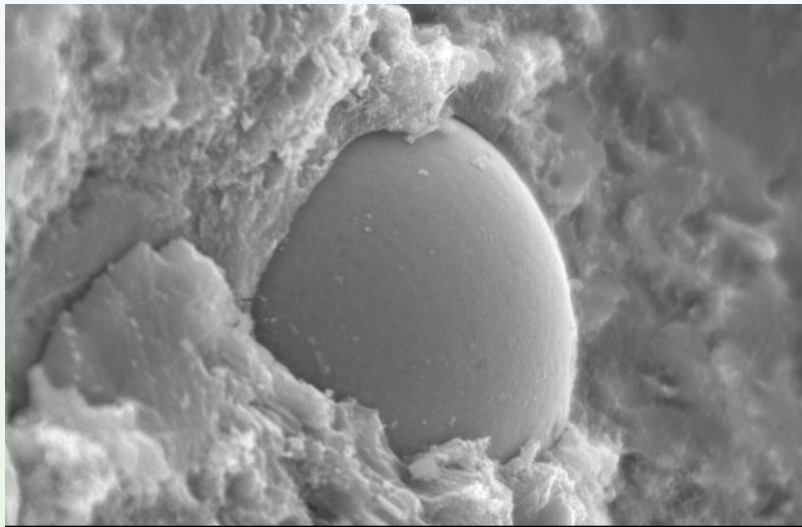
- **Достижения строительного материаловедения позволили объединить в единый комплекс положительные свойства разных групп бетонов. Так появился новый класс бетонов - высокофункциональные (НРС) бетоны. Это многокомпонентные бетоны, в которых используются композиционные вяжущие вещества, химические модификаторы структуры, свойств и технологии, активные минеральные компоненты и расширяющие добавки. Многокомпонентность системы позволяет управлять структурообразованием на всех этапах технологии.**
- **Имеющиеся на заводах стройиндустрии БСУ не позволяют организовать производство бетонных смесей с ультрадисперсными добавками, что могло бы позволить экономию до 20% вяжущего.**
- **Не решены вопросы изготовления бетонных смесей для производства работ в условиях низких отрицательных температур.**
- **Отсутствуют технологические участки для механоактивации вяжущего и смесей, а эффективность подобных приемов позволяет на 35-45% повышать прочность бетона без увеличения расхода вяжущего.**
- **Накопленный опыт по проектированию и производству наномодифицированных цементов и бетонов не может быть реализован по причине технической оснащенности бетонных узлов.**
- **Выпуск бетонов прочностью 40-50-60 МПа решается за счет увеличения расхода вяжущего, что не имеет**

Научная основа разработок

В качестве модификаторов и активных компонентов изучен ряд веществ и материалов, влияющих на реологию смеси, структуру и свойства материала, кинетику физико-химических процессов:

- **комплексы химических модификаторов различного назначения;**
- **ультрадисперсные наполнители-уплотнители и активизаторы;**
- **компоненты, управляющие объемными изменениями структуры;**
- **компоненты, позволяющие управлять физико-химическими процессами твердения в условиях отрицательных температур и гарантирующие долговечность бетона;**
- **компоненты, придающие бетону специальные свойства;**
- **компоненты, позволяющие совместно с химическими модификаторами управлять реологией бетонной смеси и процессами затвердевания;**
- **дисперсные волокнистые материалы**

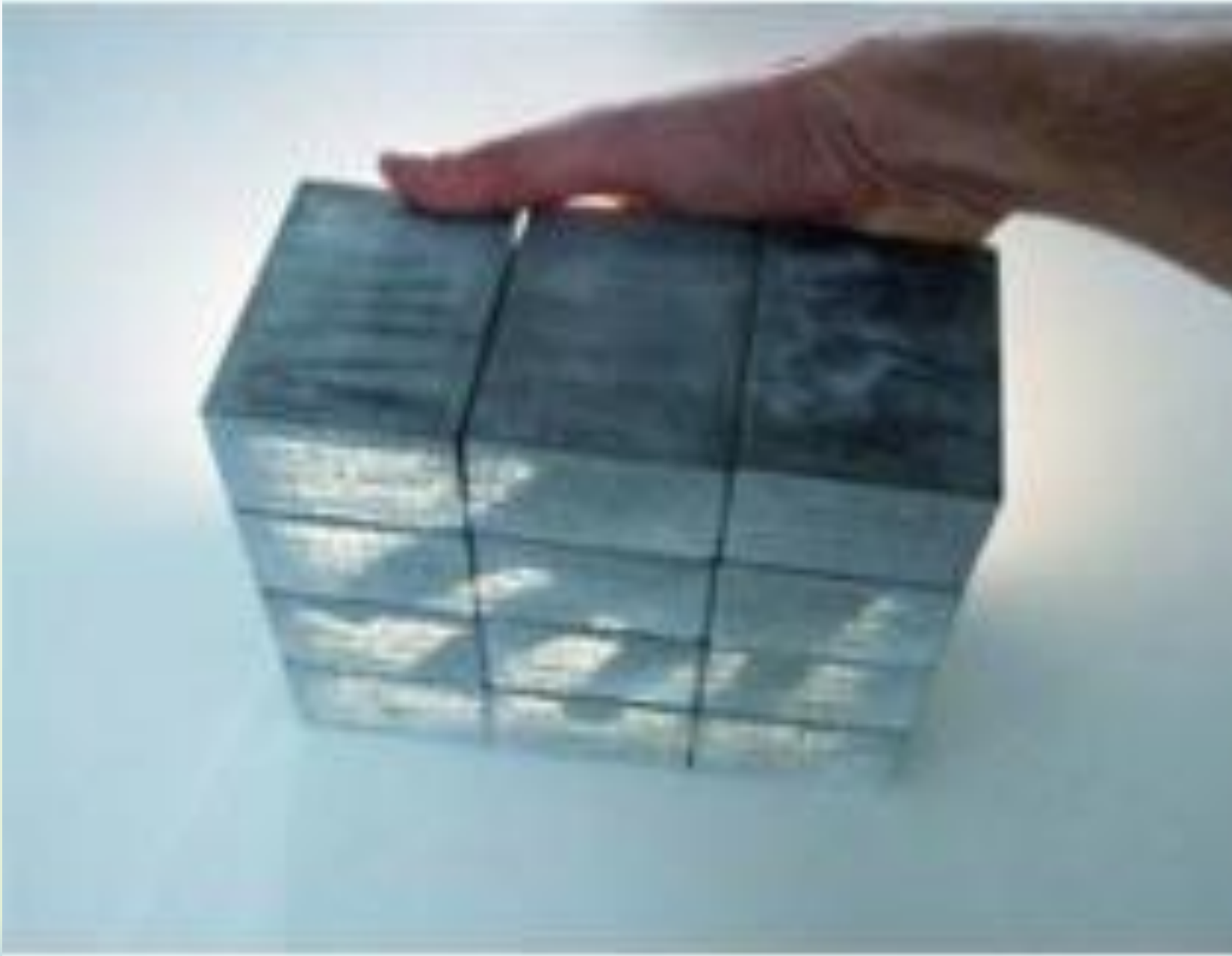
Бетоны с зольными микросферами



Результаты эксперимента позволили установить, что применение органоминеральной добавки ЗМС-МК-Д позволяет повышать прочностные характеристики бетона плотной структуры. Экспериментально подтверждена возможность получения бетона плотной структуры прочностью до 112 МПа.

Бетоны с ультрадисперсными кремнеземом

Характеристики материалов	Материалы			Обозначение состава	Прочность на сжатие, МПа (В/В=0,35)	
	ПЦ	МК	Нано-SiO ₂		В возрасте 7 сут.	В возрасте 28 сут.
Химический состав, %	22,0	95,0	99,9	О	38,26	44,64
SiO ₂	6,6	0,9	-	МК5	38,64	43,89
Al ₂ O ₃	2,8	0,6	-	МК 10	40,22	47,12
Fe ₂ O ₃	60,1	0,3	-	МК 15	41,61	50,47
CaO	3,3	0,9	-	S 3	38,87	47,85
MgO	2,1	0,5	-	S 6	40,19	50,67
SO ₃	2,6	2,1	0,1	S 9	43,76	51,37
Плотность	3,15	2,33	-	S 12	48,74	58,11
Средний размер частиц	43 мкм	0,1 мкм	40 нм			
удельная поверхность, м ² /г	0,38	20	50			



**Бетон, который
противостоит
проникновению ионов
соли.**

**Название нового
метода VERDiCT (Viscosity
Enhancers Reducing
Diffusion in Concrete
Technology), "технология
снижения диффузии в
бетоне при помощи
вязкостного агента".**