

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»

**ЦЕМЕНТНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ
СПЕЦИАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

ФЕДЮК Роман Сергеевич, д.т.н., профессор
roman44@ya.ru

Владивосток -2026

Аномальные воздействия на среду обитания человека





Цель работы: *Разработка научно-технологических основ получения полиминеральных вяжущих и цементных композиционных материалов для специальных сооружений различного назначения.*

Задачи исследований:

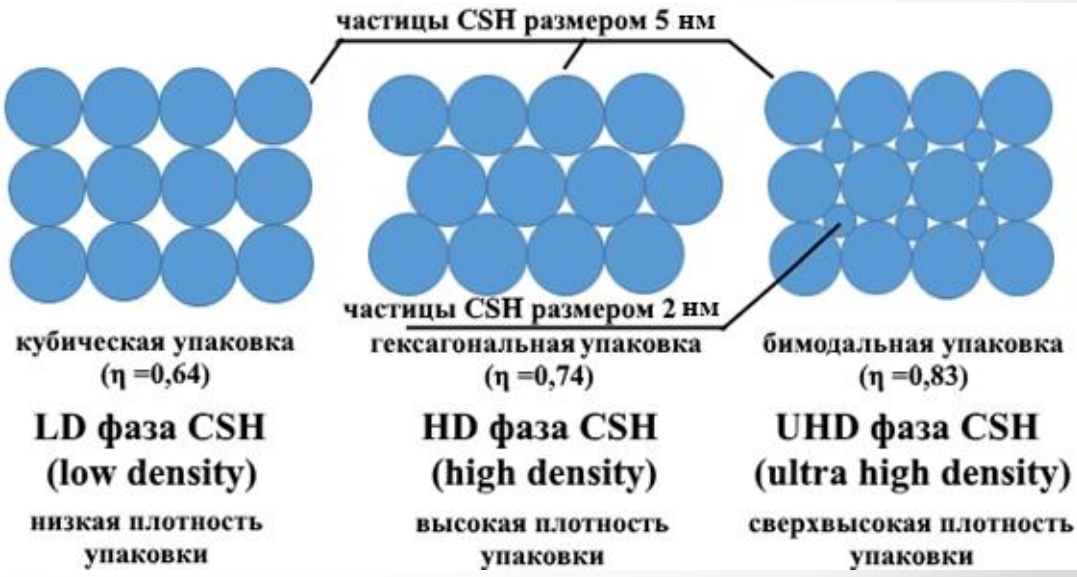
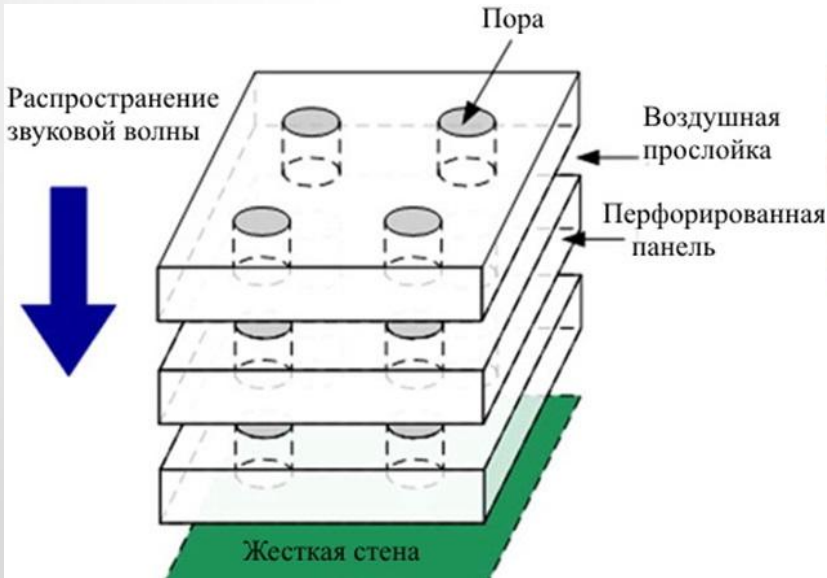
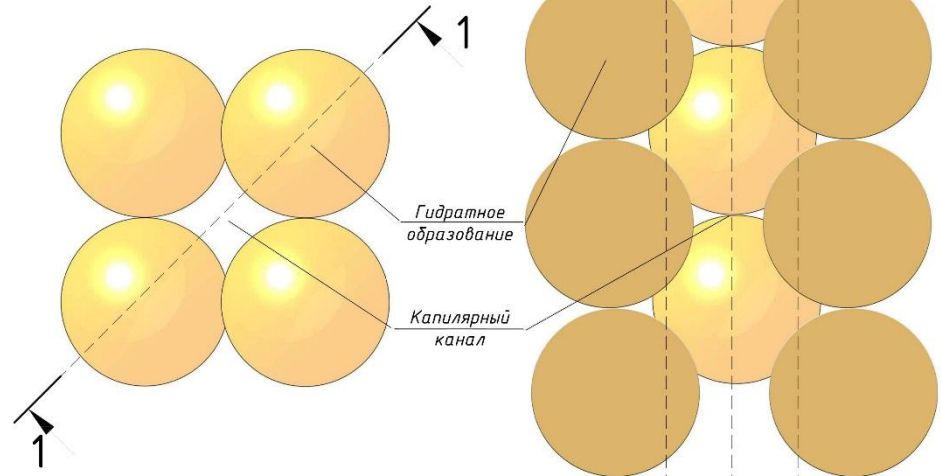
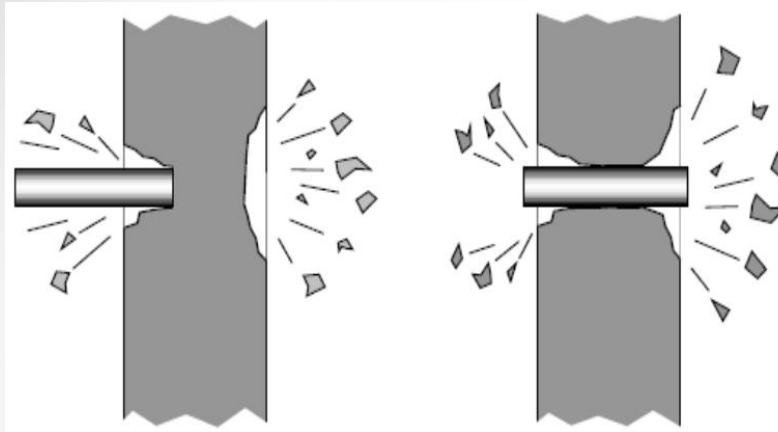
1. Изучение и классификация перспективных подходов по применению цементных композитов для строительства специальных сооружений различного назначения. Научно-методическое обоснование проектирования структуры и свойств цементных композитов.
2. Выявление взаимосвязей в системе «сырье – микроструктура – свойства» цементного композита, на основе смеси активированного сырья полиминерального состава, а также механизмов его структурообразования.
3. Разработка и получение активных добавок силикатного и алюмосиликатного состава из некондиционного техногенного сырья.
4. Совершенствование научных представлений о модифицировании структуры строительных материалов, полученных на основе композиционных вяжущих с использованием сырья различного генезиса.



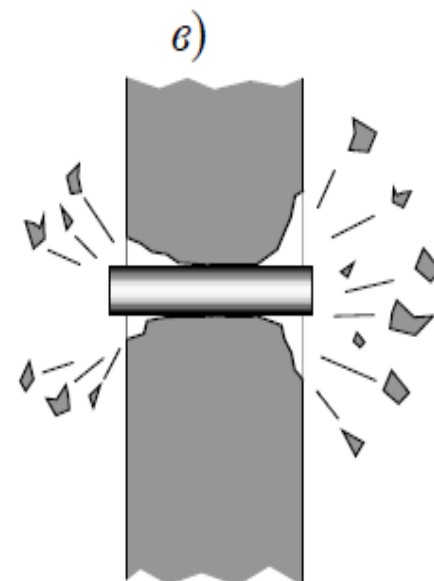
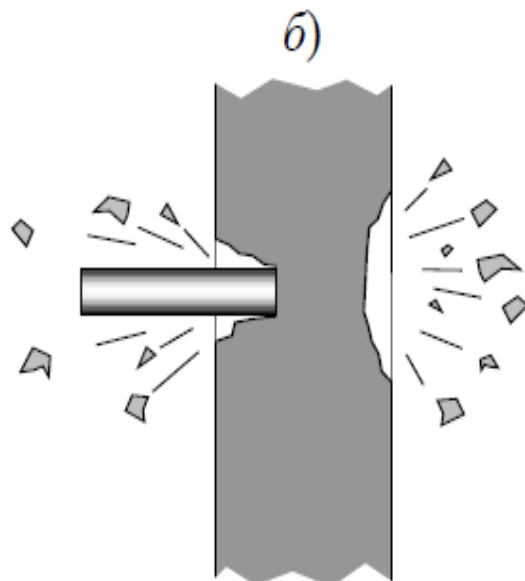
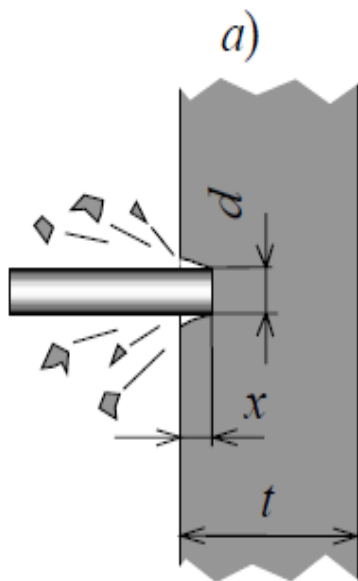
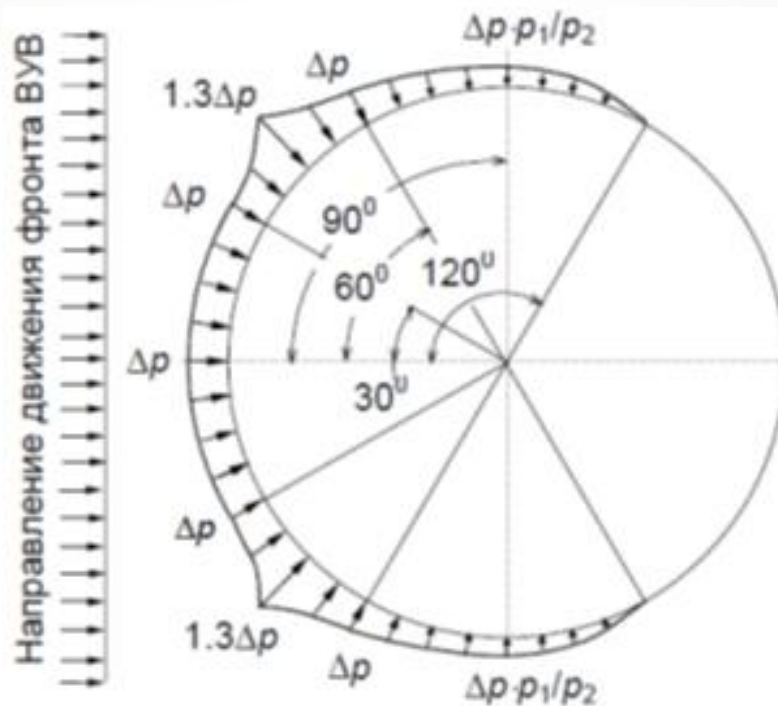
Целевые характеристики для расчета специальных сооружений

<i>Гидротехнические сооружения</i>	<i>Защитные сооружения</i>	<i>Покрытия космодромов и ВПП</i>	<i>Звукозащитные преграды</i>
Водонепроницаемость	Ударная вязкость	Истираемость	Звукопоглощение
Паронепроницаемость	Газонепроницаемость	Морозостойкость	Звукоотражение
Газонепроницаемость	Огнестойкость	Ударная вязкость	Звукоизоляция
Истираемость	Паронепроницаемость	Химическая стойкость	Морозостойкость
Коррозия	Химическая стойкость	Огнестойкость	Водопоглощение

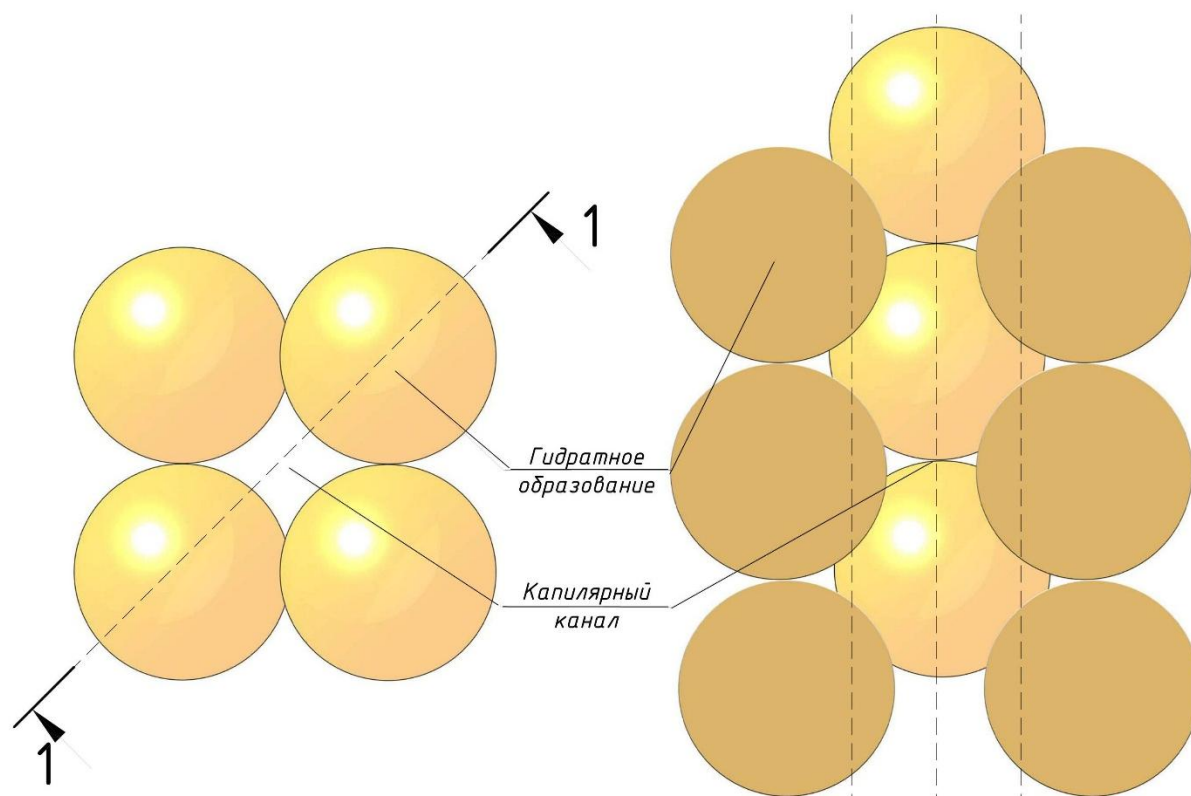
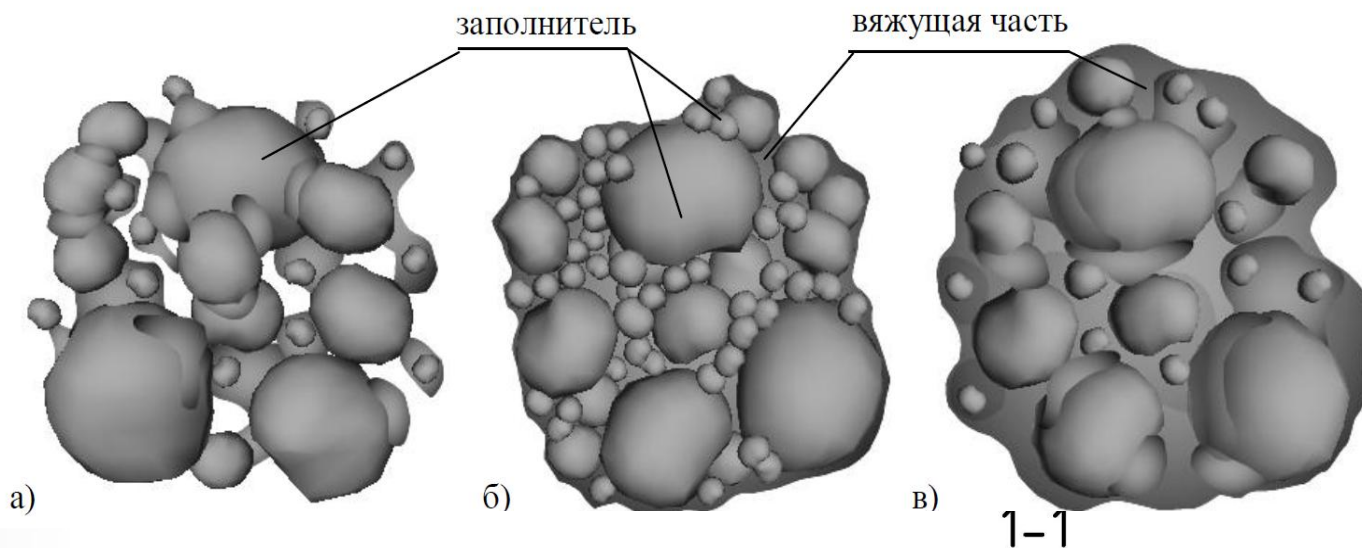
Применяемые модели



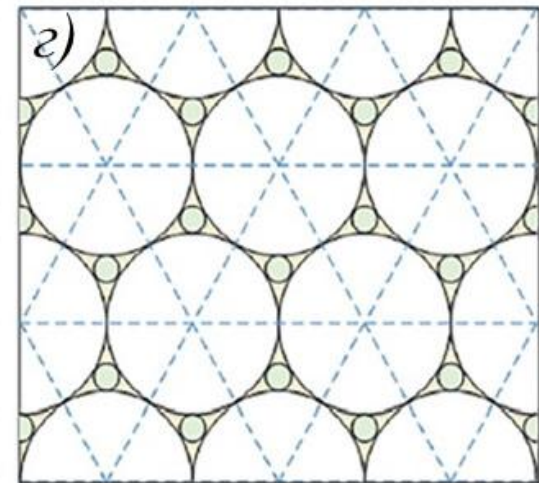
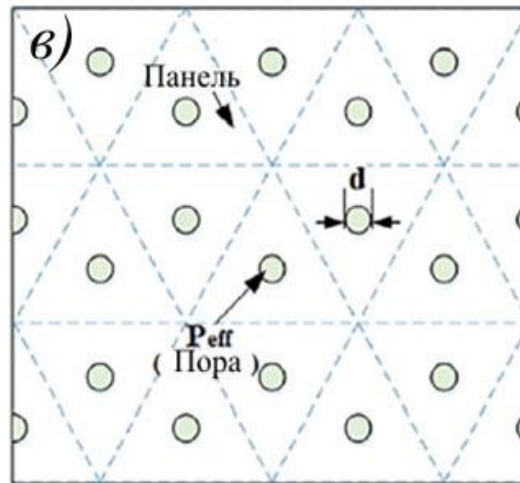
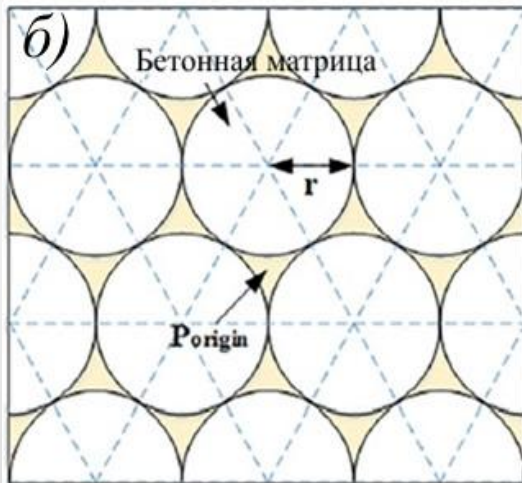
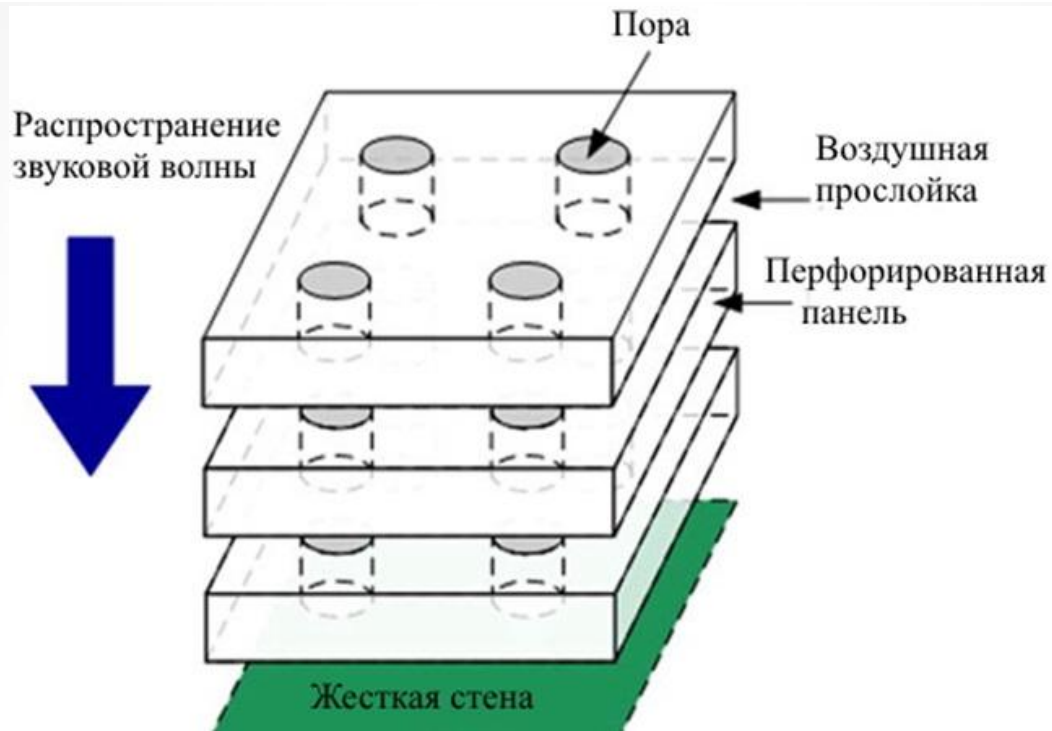
Моделирование ударных воздействий на сооружения



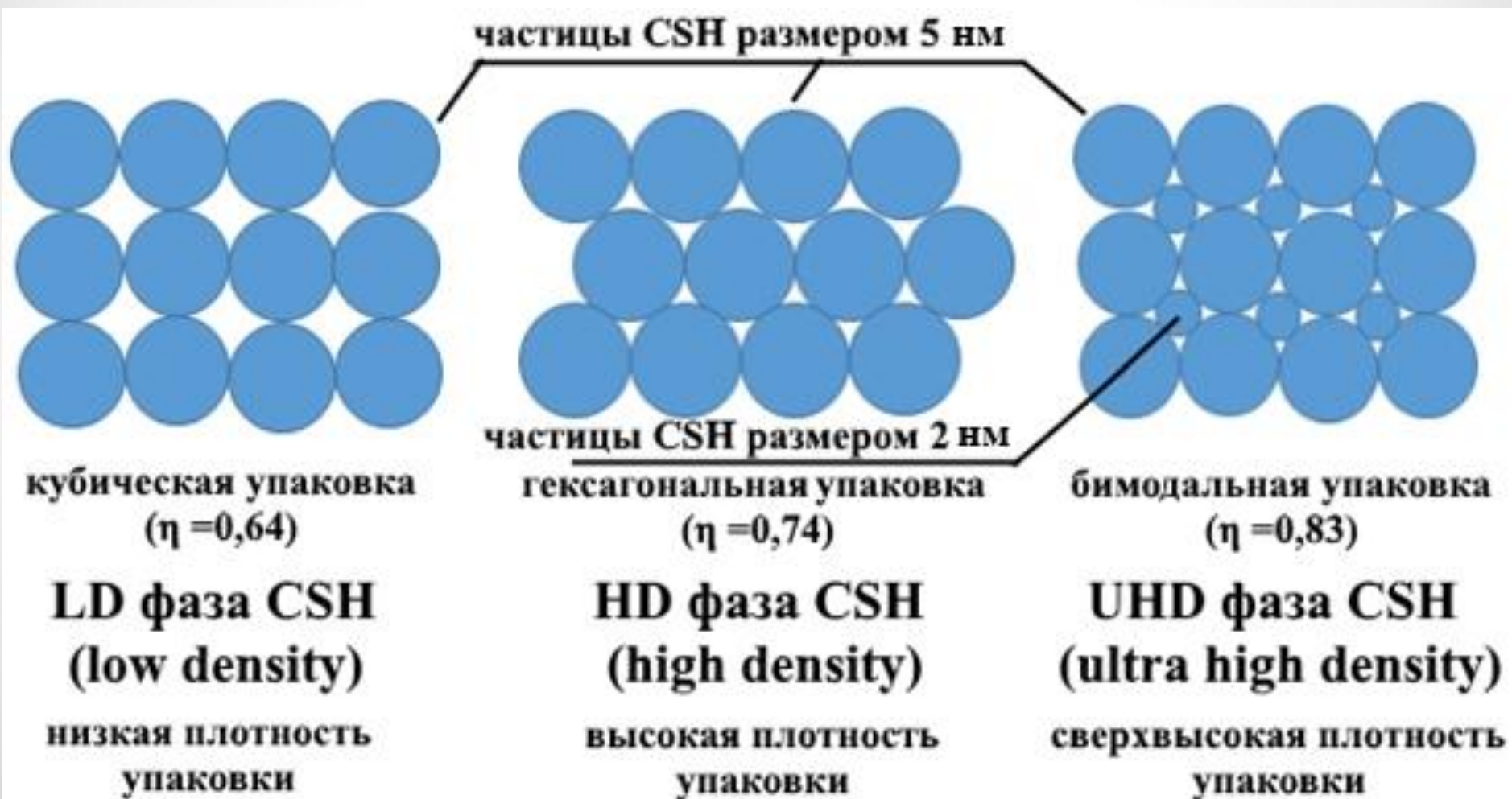
Моделирование малопроницаемого цементного композита



Модель ячеистого композита



Упаковка частиц гидросиликатов кальция с позиции микромеханики композиционных сред



Запроектированные составы и свойства КВ повышенной непроницаемости

Цемент, % Зола-уноса, % Известняк, % Прочность при сжатии, МПа



Владивостокская ТЭЦ Артемовская ТЭЦ

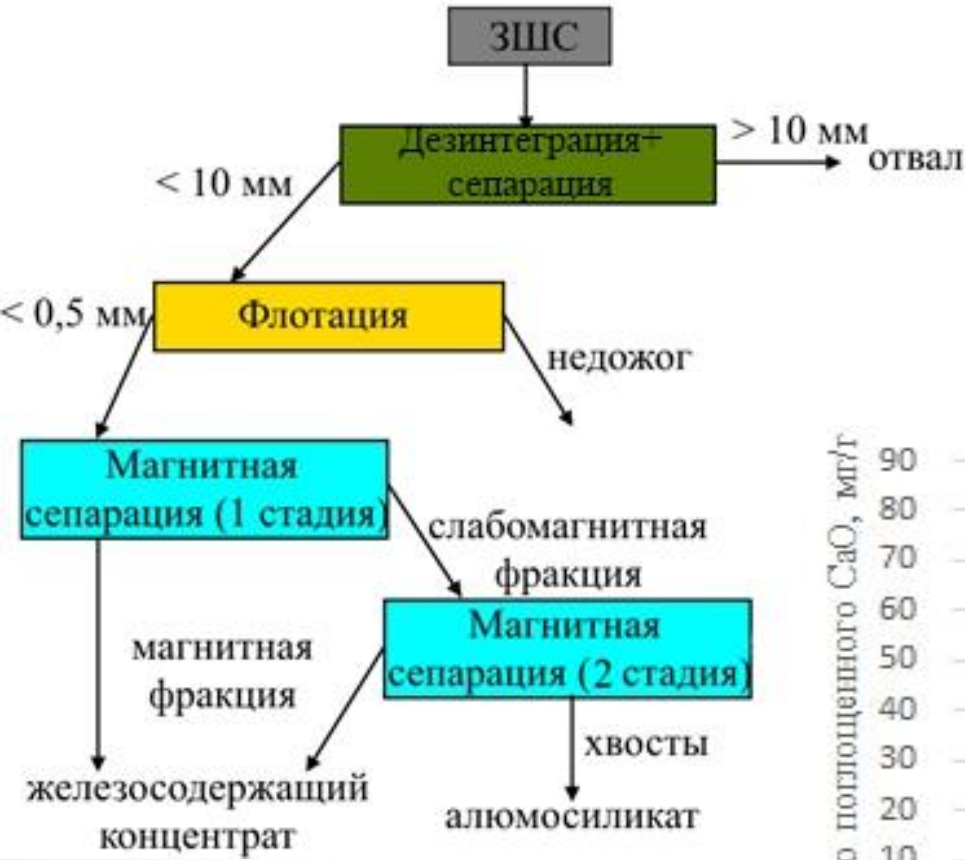
3 сут 7 сут 28 сут

Состав

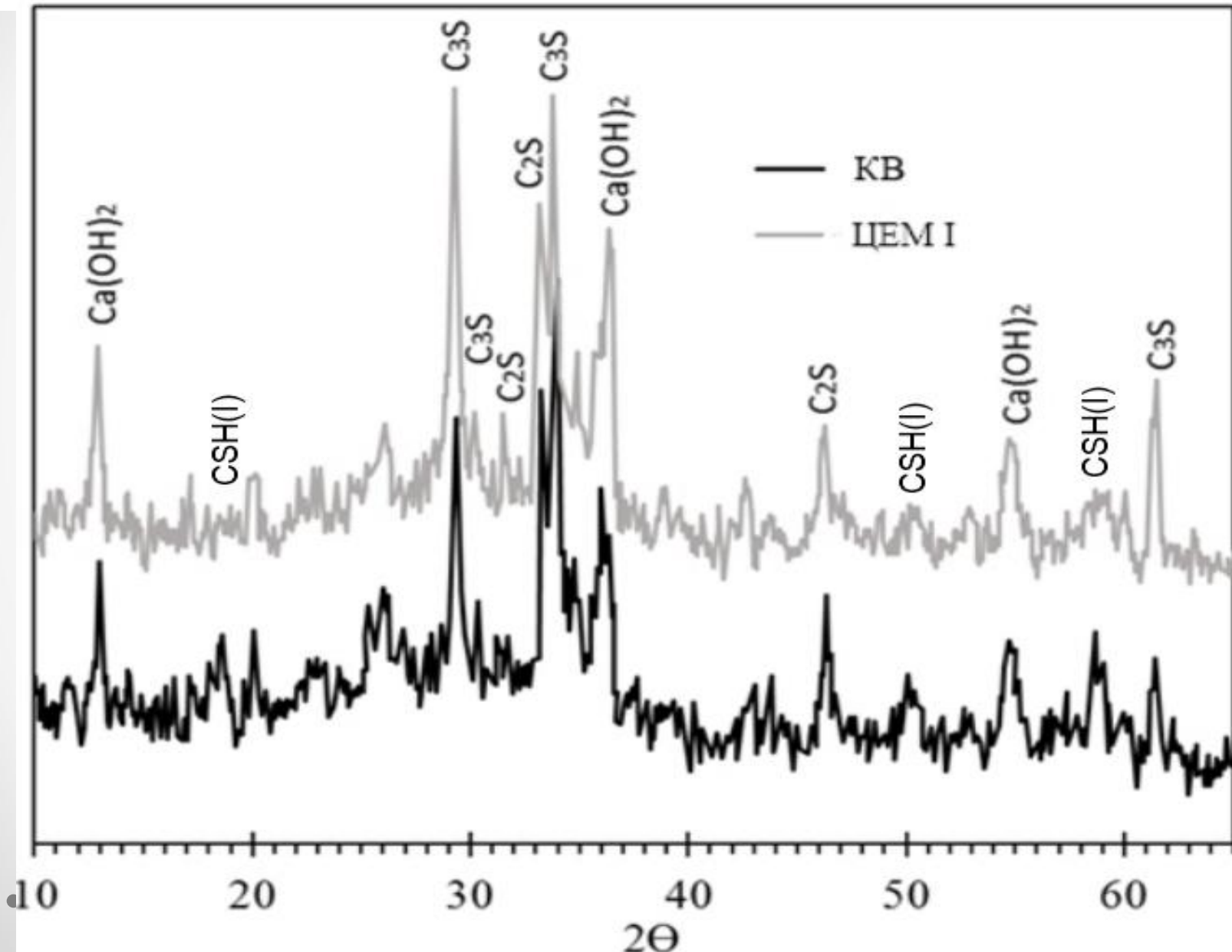
Помол до удельной поверхности 600 м²/кг

1	100			17,0	32,5	47,5
2	30	50	20	30,2	40,1	50,4
3	35	45	20	34,2	43,1	53,2
4	40	45	15	36,6	48,2	56,6
5	45	45	10	39,2	50,1	59,2
6	50	40	10	45,1	54,9	65,8
7	55	40	5	47,2	54,1	70,2
8	100			60,3	81,0	103,2

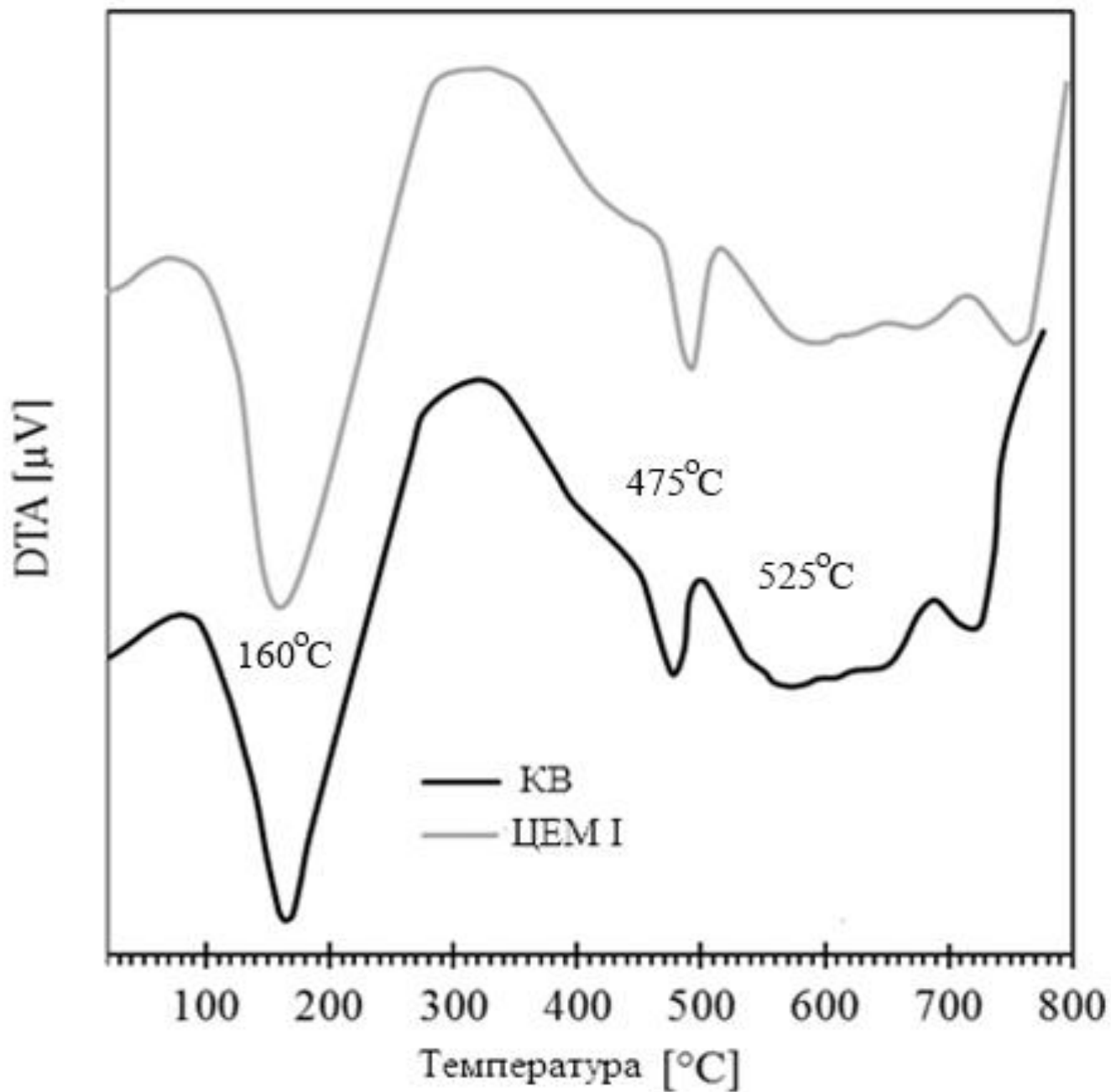
Многостадийная комплексная активация компонентов при получении композиционного вяжущего



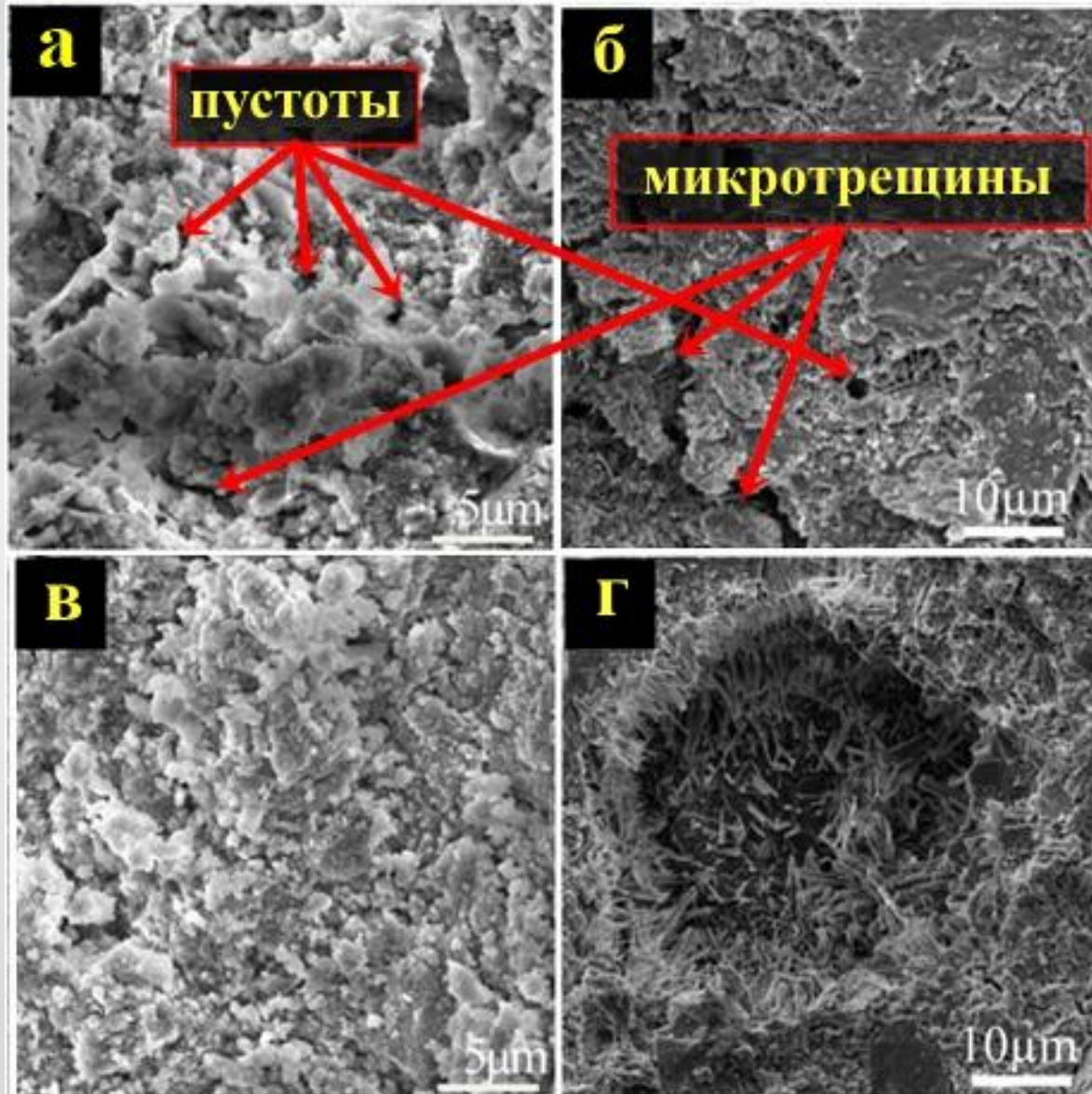
РФА новообразований в зависимости от состава вяжущего



ДТА образцов в зависимости от состава вяжущего



Микроструктура новообразований в возрасте 28 суток



на ЦЕМ I 42,5 Н

на КОМПОЗИЦИОННОМ
ВЯЖУЩЕМ

Механизм формирования кластеров «цемент-наполнитель»



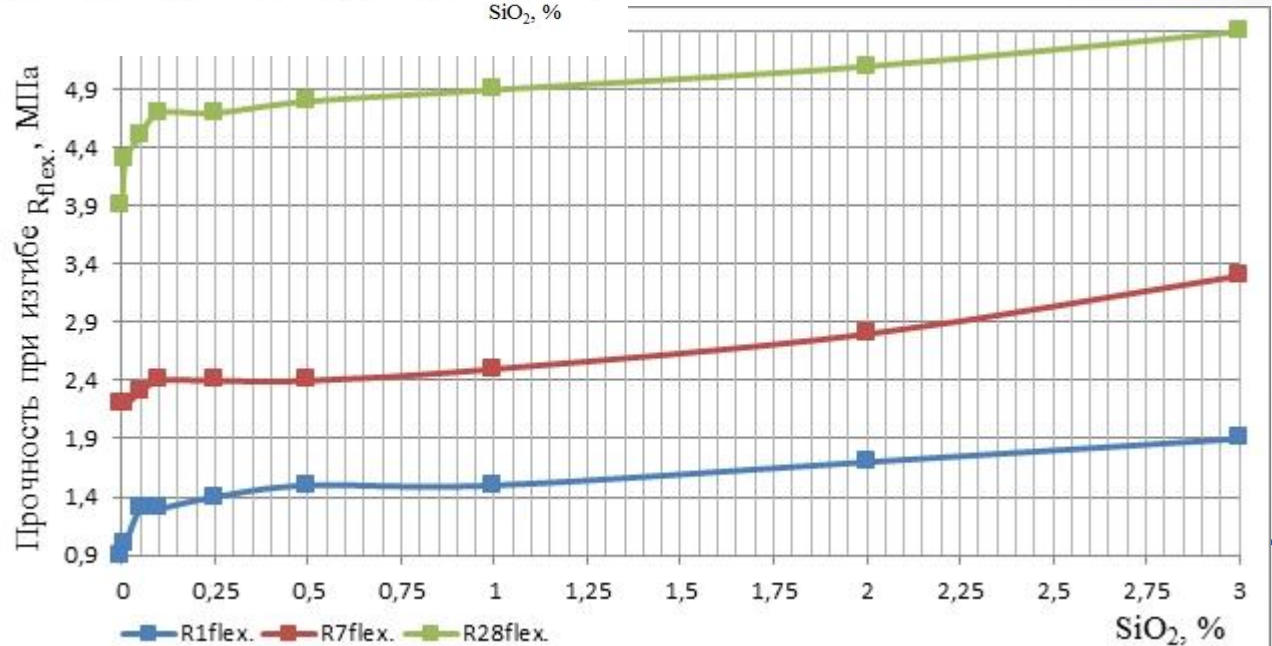
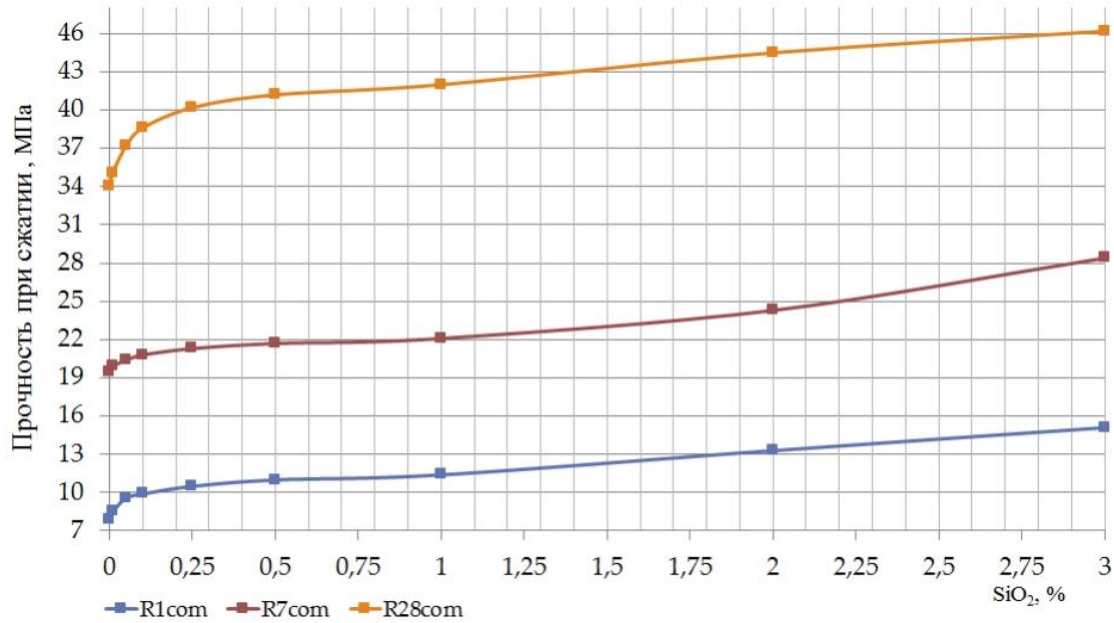
Свойства КВ в зависимости от состава

Образец	Состав КВ, %*				СП, в % от КВ	Норм. густота, %	Предел прочности при сжатии, МПа
	ПЦ	КП	ОДИ	АКД			
ЦЕМ **	100	-	-	-	-	25,9	43,89
1-1	70	2,5	2,5	25	1,0	22,3	60,36
1-2	64	2,5	2,5	31	1,3	21,6	61,96
1-3	58	2,5	2,5	37	1,6	20,3	62,21
2-1	65	5	5	25	1,0	22,7	65,36
2-2	59	5	5	31	1,3	21,5	71,21
2-3	63	-	-	37	1,6	20,8	64,39
3-1	60	7,5	7,5	25	1,0	23,0	61,36
3-2	69	-	-	31	1,6	22,1	62,65
3-3	63	-	-	37	1,3	22,6	60,11

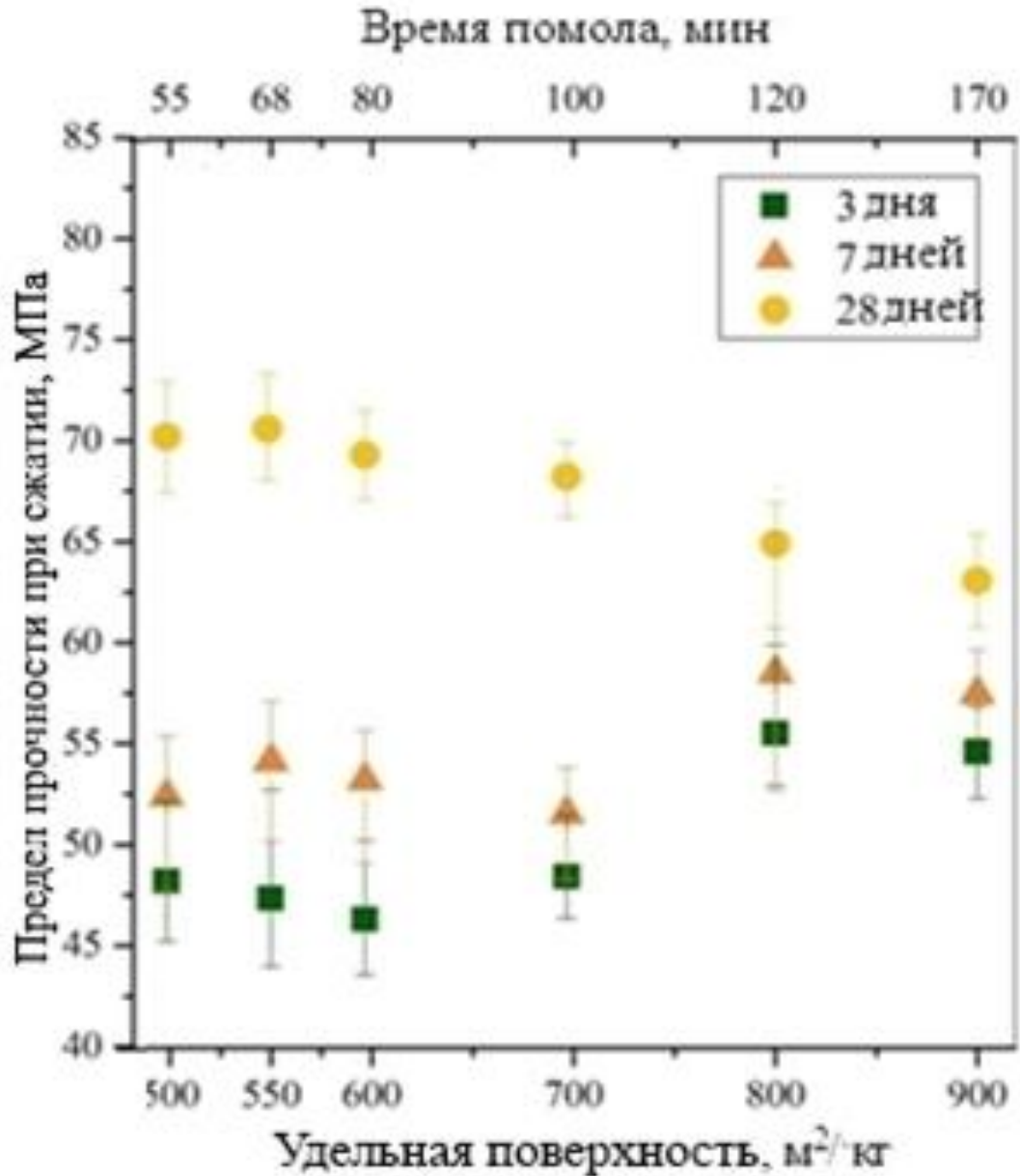
* - ПЦ – портландцемент, КП – кварцевый песок, ОДИ – отсев дробления известняка, АКД – активная кремнеземсодержащая добавка.

** - состав не подвергался механоактивации, в отличие от других составов, измельченных до 550 м²/кг

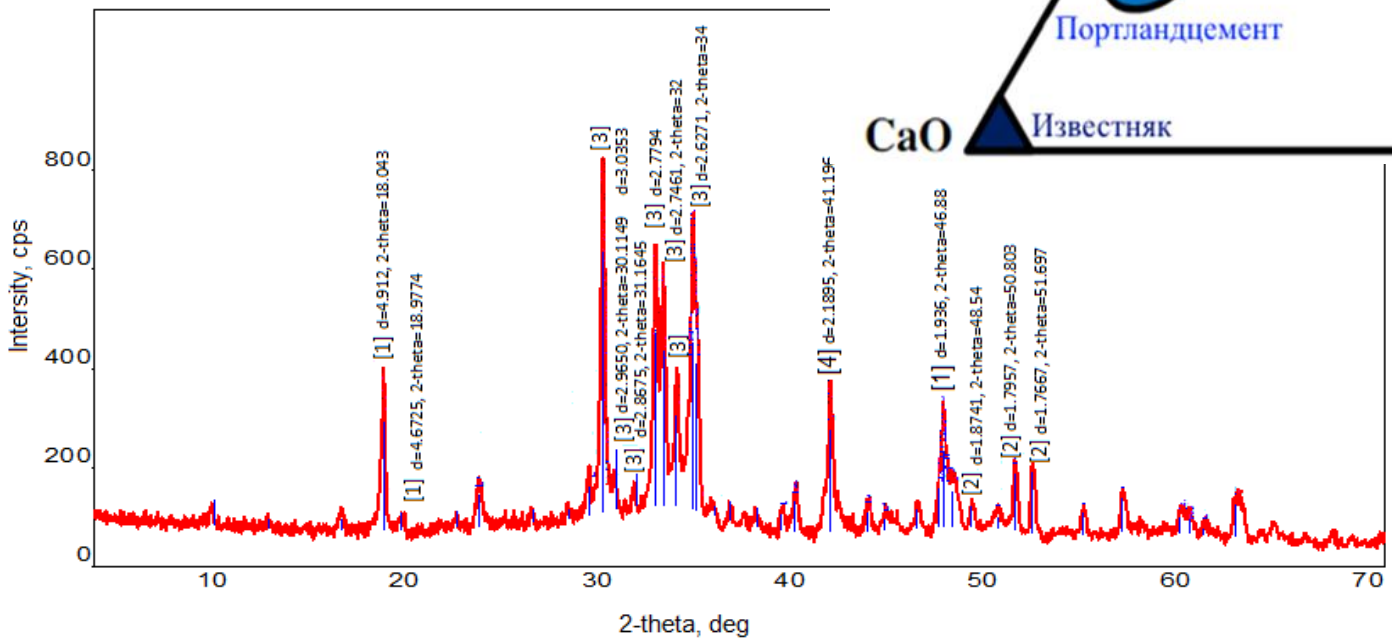
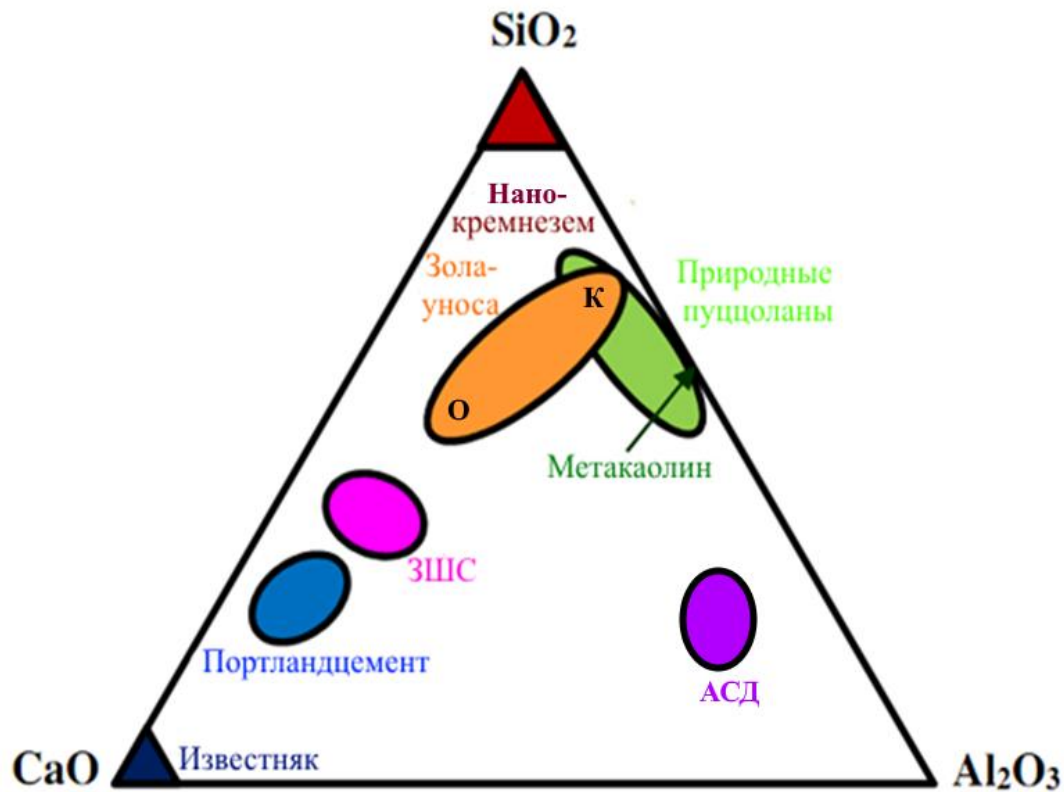
Зависимость прочности цементных композитов от процента введенного золя SiO_2



Зависимость между активностью и удельной поверхностью композиционного вяжущего для ячеистых композитов



Управление структурообразованием композиционных вяжущих



Составы и свойства композитов повышенной непроницаемости

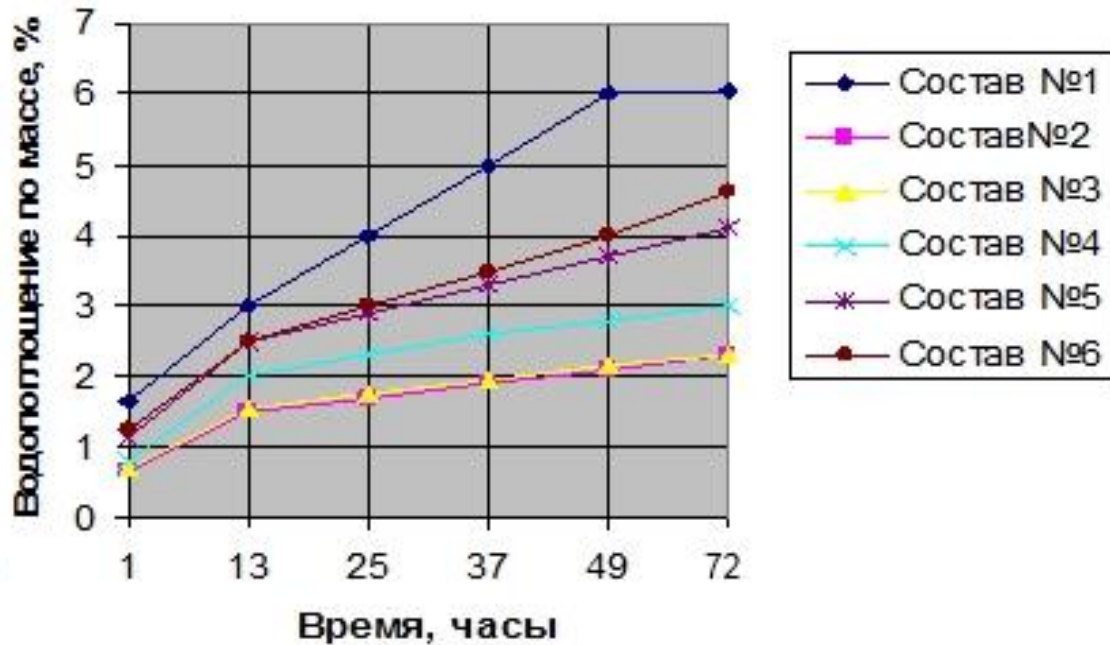
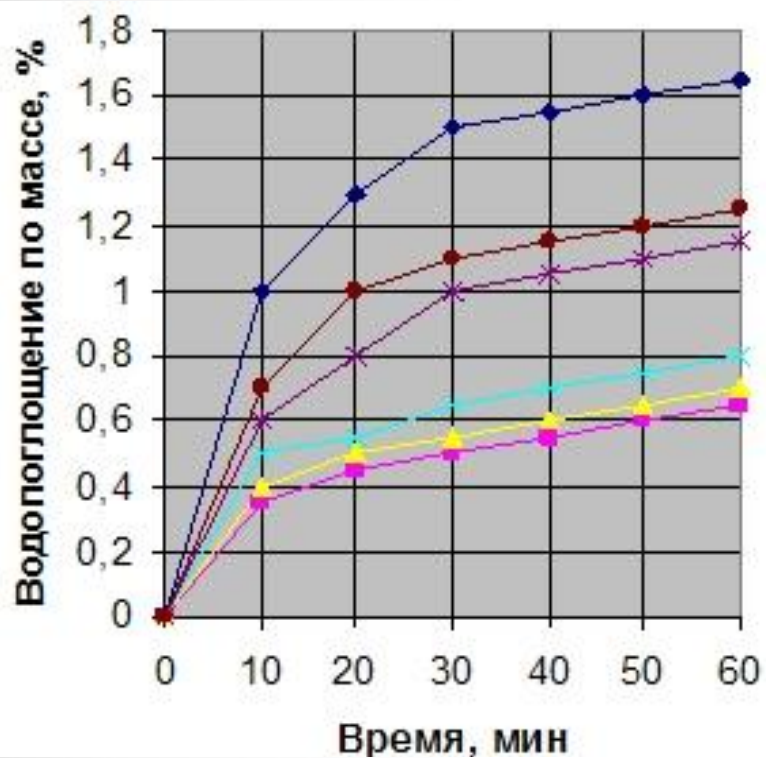
№ состава	Расход материалов на 1 м ³ , кг				Арми- рование, об. %	R _{сж'} МПа	R _{изг'} МПа
	Вяжущее	Вода	Запол- нитель	Фибра			
3-1С	550	240	1623	-	0	84,2	9,0
3-2С	550	240	1623	43	1	86,2	11,2
3-3С	550	240	1623	52	1,2	87,3	12,3
3-4С	550	240	1623	61	1,4	96,1	13,4
3-5С	550	240	1623	69	1,6	100,9	14,5
3-6С	550	240	1623	78	1,8	95,5	13,4
3-7С	550	240	1623	86	2	89,6	12,4

Влияние состава на воздухо- и водопроницаемость КОМПОЗИТОВ

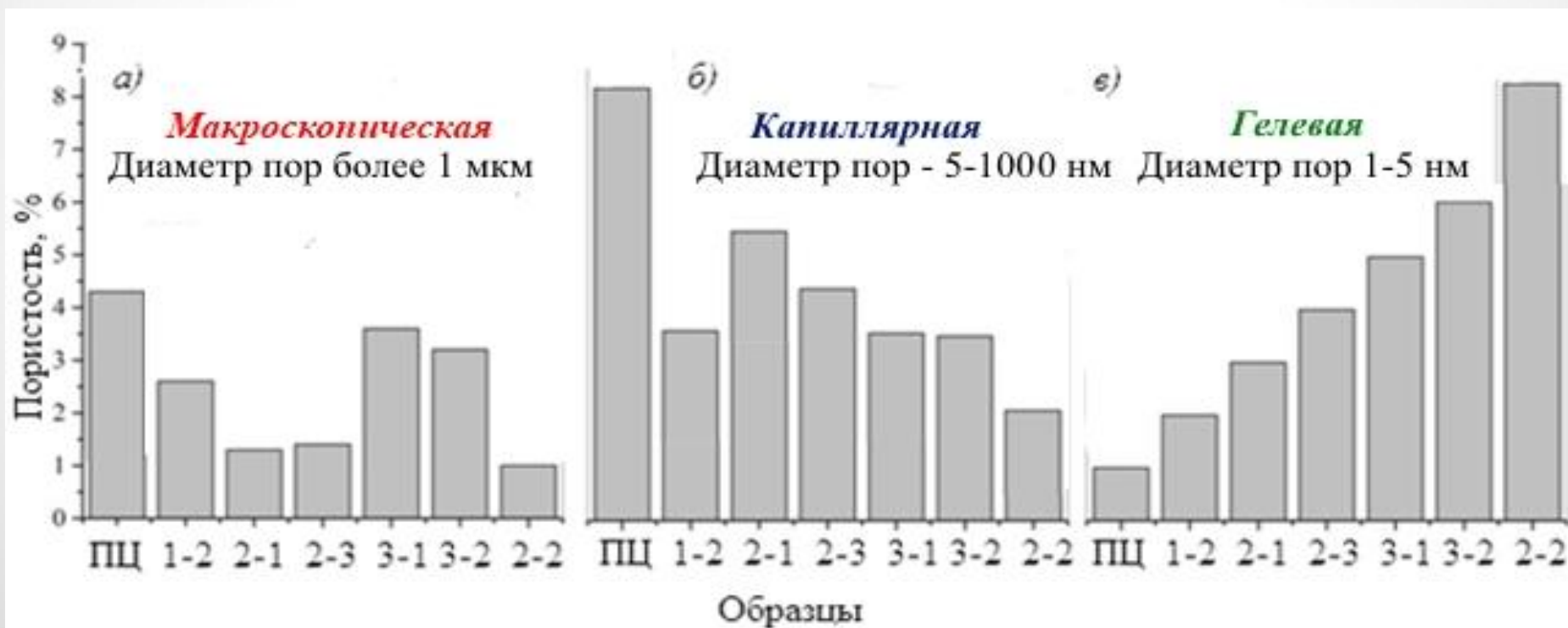
Разработанные составы	Компоненты (на 1 м ³), кг							Осадка конуса, см	Параметр воздухопроницаемости бетона a_c , см ³ /с	Марка по водонепроницаемости W	
	КВ			СП	Гранитный отсев	Кварцевый песок	Вода				Стальная фибра
	Цемент	Зола-уноса	Известняк								
1	550	-	-	1,2	1000	623	220	69	10-12	0,0565	W10
2	288	235	27				240	69		0,0253 (в 2,2 раза)	W14
3	275	246	29				241	69		0,0289 (в 2,0 раза)	W14
4	257	257	36				242	69		0,0402 (в 1,4 раза)	W12
5	244	268	38				243	69		0,0465 (в 1,2 раза)	W12
6 ●	230	278	42				244	69		0,0423 (в 1,3 раза)	W12 22

Кинетика водопоглощения композитов:

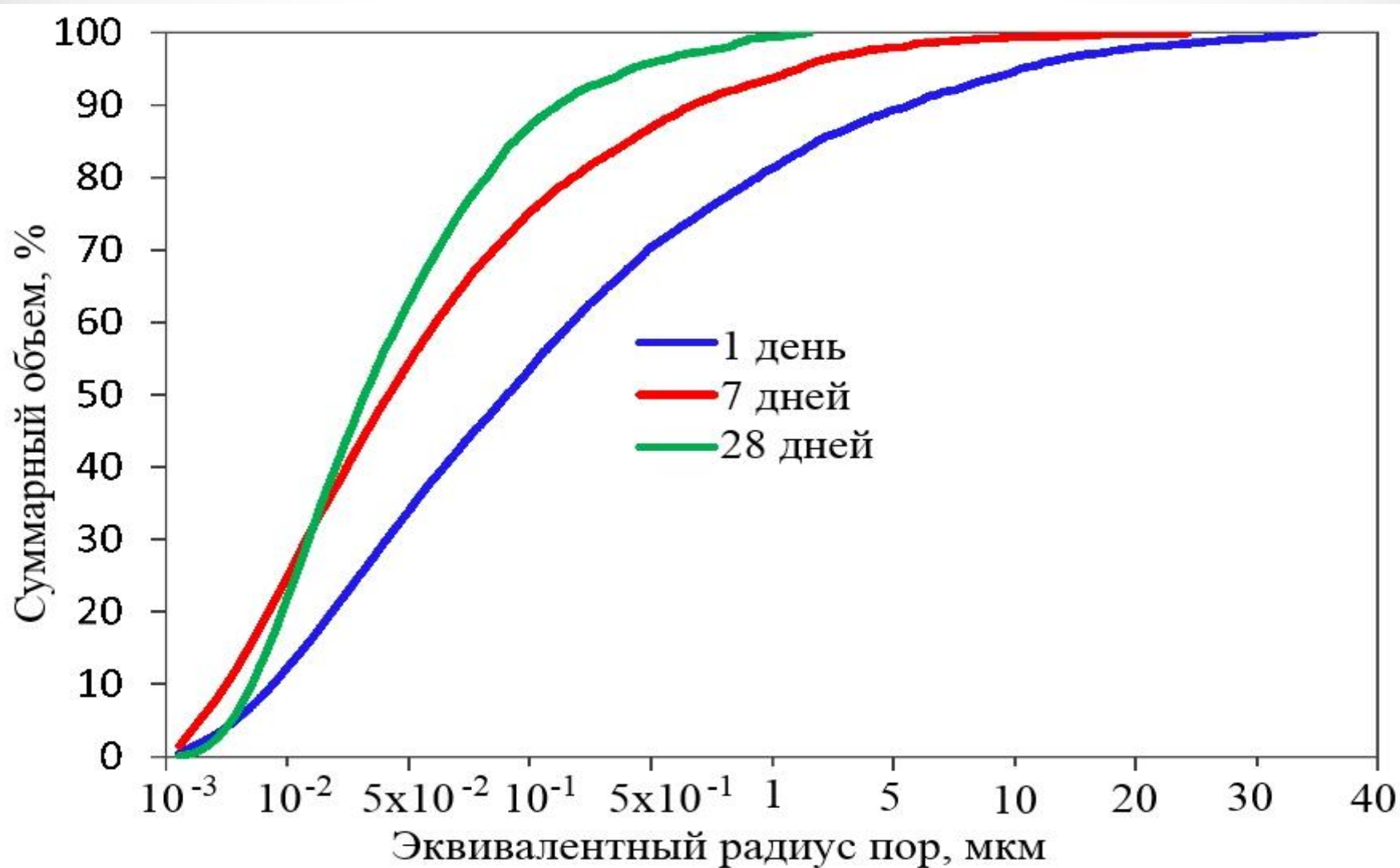
а) за 1 час, б) за 3 суток



Влияние КВ на пористость композитов



Динамика изменения пористости цементного композита



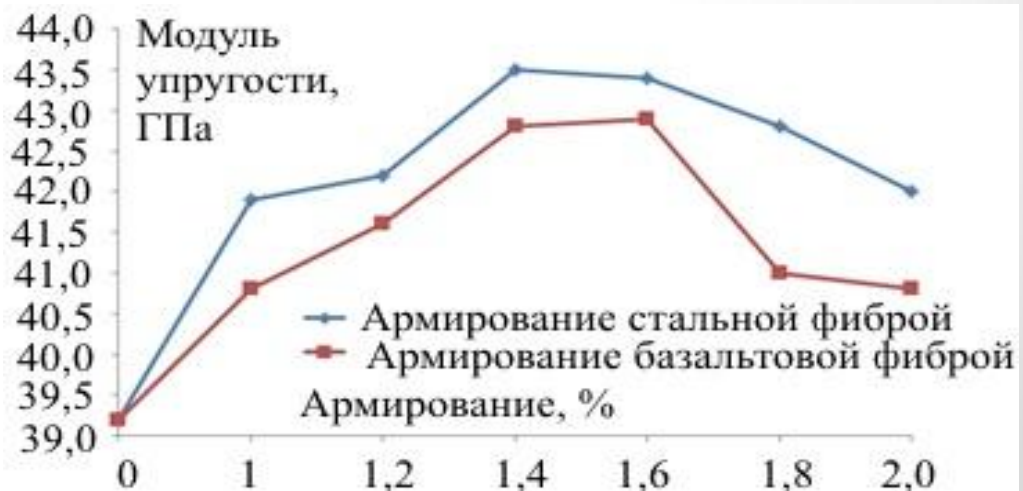
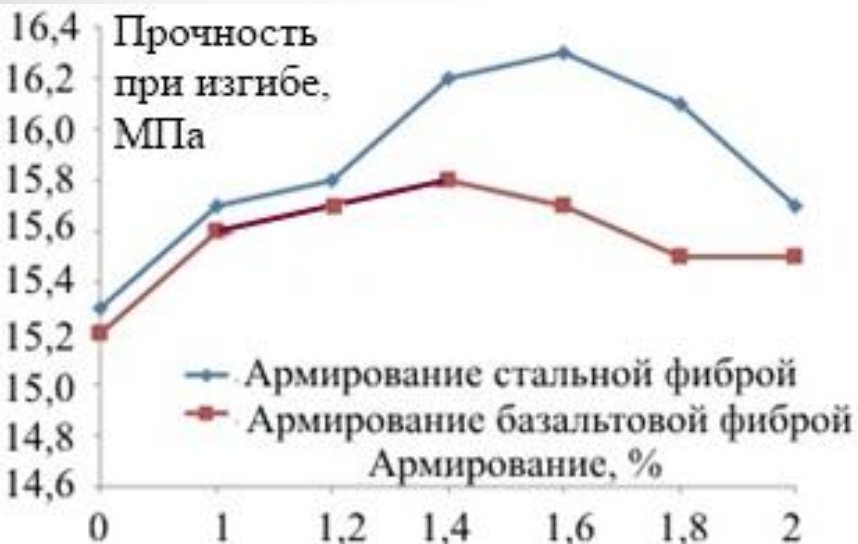
Зависимость паропроницаемости композита от состава

№ соста ва	Количество на 1 м ³							ОК, см	Паропроницаемость, мг/(м-ч-Па)		
	Вяжущее, кг				Отсев дробления гранитного щебня, кг	Песок, кг	Вода, л		Стальная фибра, кг	для сухого климата	для влажного климата
	Цемент	Зола-уноса	Известняк	СП							
1	550	-	-	1,2	1000	623	220	69	10-12	0,032	0,030
2	288	235	27				240	69		0,022	0,021
3	275	246	29				241	69		0,026	0,025
4	257	257	36				242	69		0,027	0,026
5	244	268	38				243	69		0,030	0,029
6	230	278	42				244	69		0,032	0,030

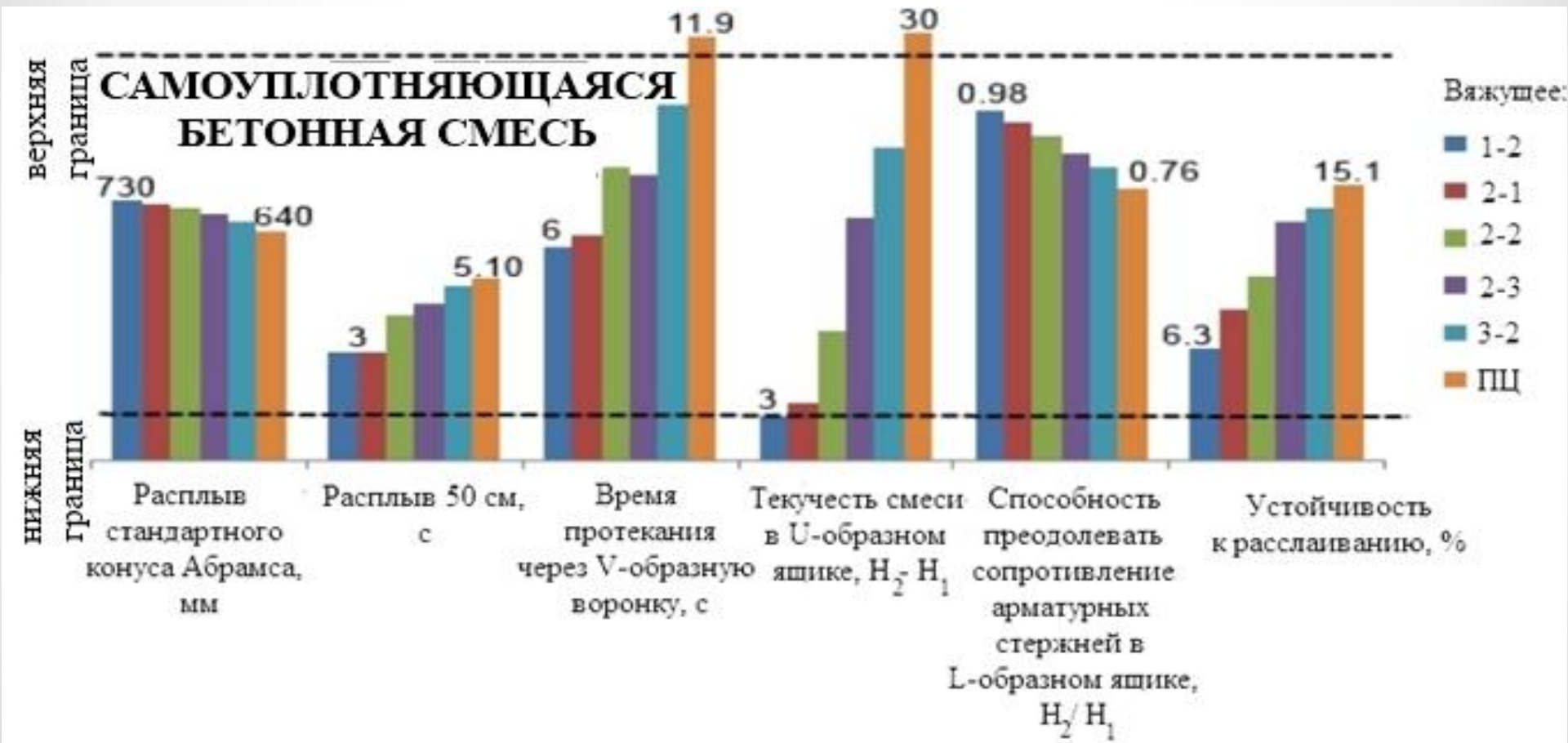
Физико-механические свойства и эксплуатационные характеристики композита в зависимости от состава вяжущего

№ серии	Материалы на 1 м ³ бетона						Призменная прочность, МПа	Прочность при сжатии, Мпа	Эффективный коэффициент диффузии, см ² /с	Водопоглощение по массе, %	Марка по водонепроницаемости	Воздухопроницаемость, см ³ /с	Паропроницаемость для влажного климата, мг/(м·ч·Па)
	Вяжущее, кг			Отсев + песок, кг	Вода, л	Фибра, кг							
	цемент	зола-уноса	известняк										
1	550	-	-	1623	220	69	66,3	90,5	1,56·10 ⁻⁴	6,1	W10	0,0565	0,030
2	288	235	27	1623	240	69	69,5	98,9	1,34·10 ⁻⁴	2,5	W14	0,0253	0,021
3	275	246	29	1623	241	69	70,3	100,9	1,39·10 ⁻⁴	2,6	W14	0,0289	0,025
4	257	257	36	1623	242	69	65,2	96,3	1,64·10 ⁻⁴	3,2	W12	0,0402	0,026
5	244	268	38	1623	243	69	60,0	90,2	1,79·10 ⁻⁴	4,5	W12	0,0465	0,029
6	230	278	42	1623	244	69	54,9	85,0	1,82·10 ⁻⁴	5,1	W12	0,0423	0,030

Зависимость физико-механических свойств фибробетона от объемного содержания различных видов фибры



Характеристики самоуплотняющихся бетонных смесей в зависимости от состава



Трещинообразование при разрушении образцов в зависимости от состава

Состав	Раскрытие первой трещины, мм	Раскрытие трещины перед разрушением образца, мм	Количество вторичных трещин
1-2*	0,132	1,789	13
2-2*	0,095	1,876	18
3-2*	0,187	1,843	14
ПЦ**	0,234	1,112	4
ПЦ+31% АКД*	0,187	1,160	6
ПЦ+1,3% СП*	0,197	1,324	7

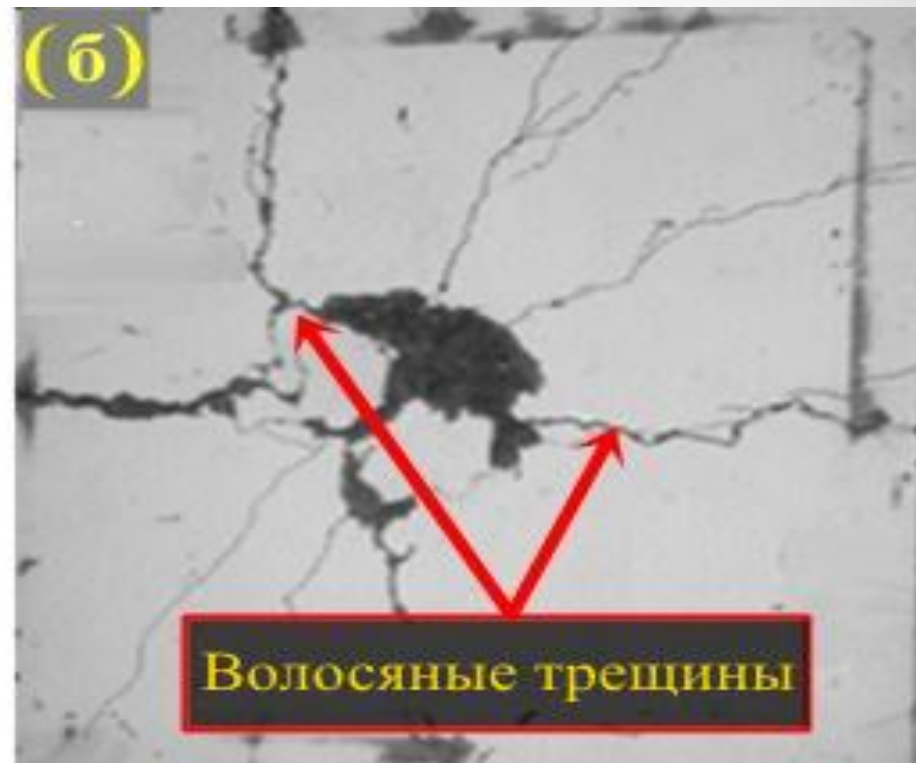
Влияние состава на ударную выносливость фибробетона

Образцы	Количество ударов до начала трещинообразования	Ударная энергия (начало трещинообразования), Дж	Кол-во ударов до разрушения	Ударная энергия (разрушение), Дж	Коэффициент ударной вязкости, μ	$R_p / R_{сж}$
1-2*	30	1770	990	58410	33	0,15
2-2*	45	2655	1210	71390	27	0,21
3-2*	40	2360	960	56640	24	0,14
ПЦ**	5	295	25	1475	5	0,09
ПЦ+31% АКД*	5	295	75	4425	15	0,11
ПЦ+1,3% СП*	5	295	85	5015	17	0,14

*- все составы включают 1,5 об. % стальной фибры

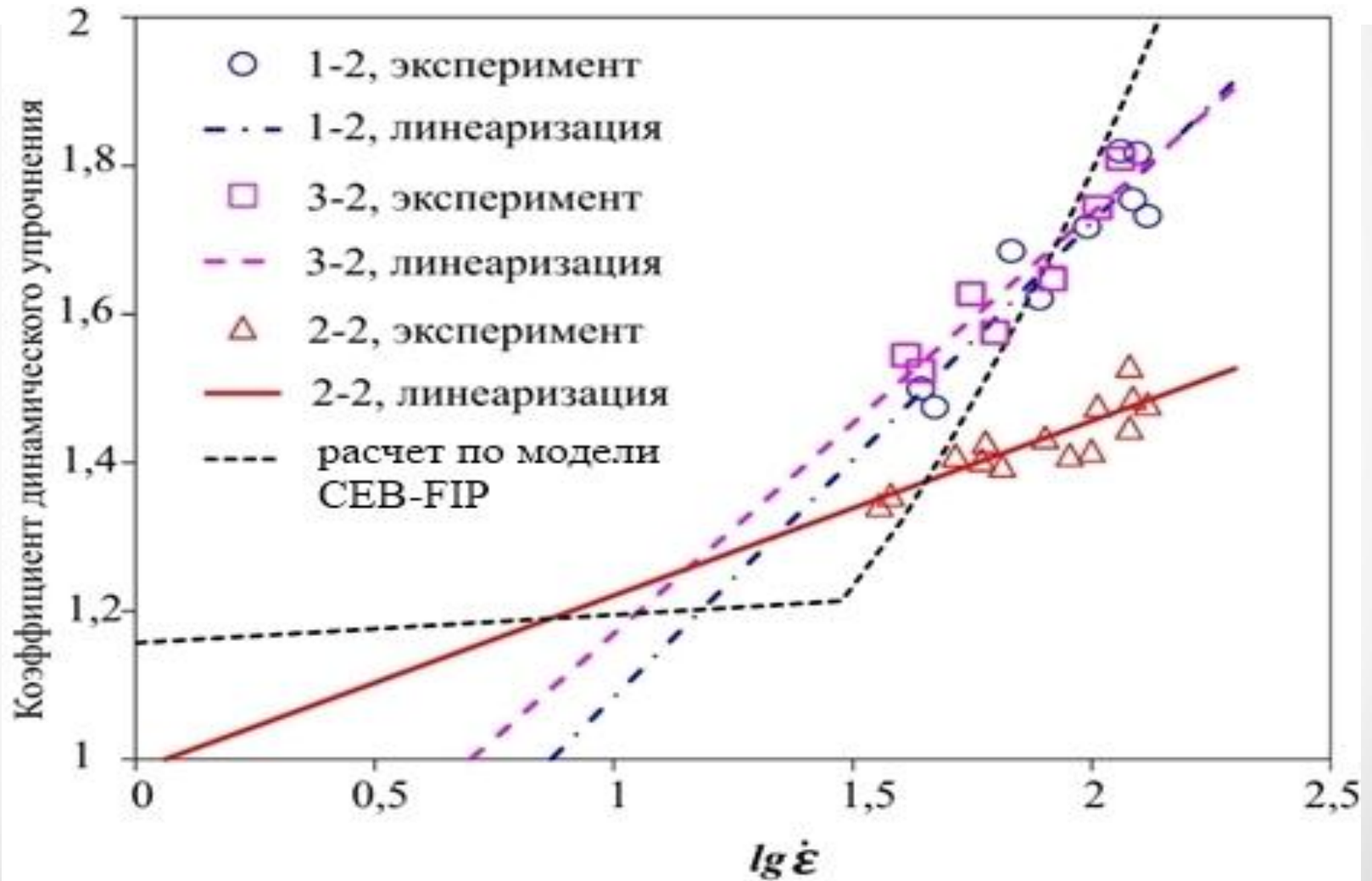
** - контрольный состав без измельчения и фибры, в отличие от остальных, механоактивированных с достижением удельной поверхности 550 м²/кг

Влияние фибры на разрушение образцов



Влияние фибры на разрушение образцов без фибры (а) и с фиброй (б)

Зависимость коэффициента динамического упрочнения от состава на разработанных фибробетонов



Предложенная формула коэффициента динамического упрочнения

$$K_{ДУ} = \begin{cases} (\dot{\varepsilon}/\dot{\varepsilon}_0)^{0,01}, & \text{при } \dot{\varepsilon} \leq \dot{\varepsilon}_{TR} \\ A \cdot \lg(\dot{\varepsilon}/\dot{\varepsilon}_0) + B, & \text{при } \dot{\varepsilon} > \dot{\varepsilon}_{TR} \end{cases}$$

где $\dot{\varepsilon}_0 = 30 \times 10^{-6} \text{ с}^{-1}$, $\dot{\varepsilon}_{TR}$ - скорости деформации перехода, А и В – экспериментально установленные константы. Значения А, В и $\dot{\varepsilon}_{TR}$ приведены в таблице.

Экспериментально установленные константы для расчета коэффициента динамического упрочнения

Состав фибробетона	А	В	$\dot{\varepsilon}_{TR}, \text{ с}^{-1}$
1-2	0,7394	-2,9830	15
2-2	0,9872	-0,8409	7
3-2	0,1209	-2,1270	11

Эксплуатационные характеристики фибробетона в зависимости от состава

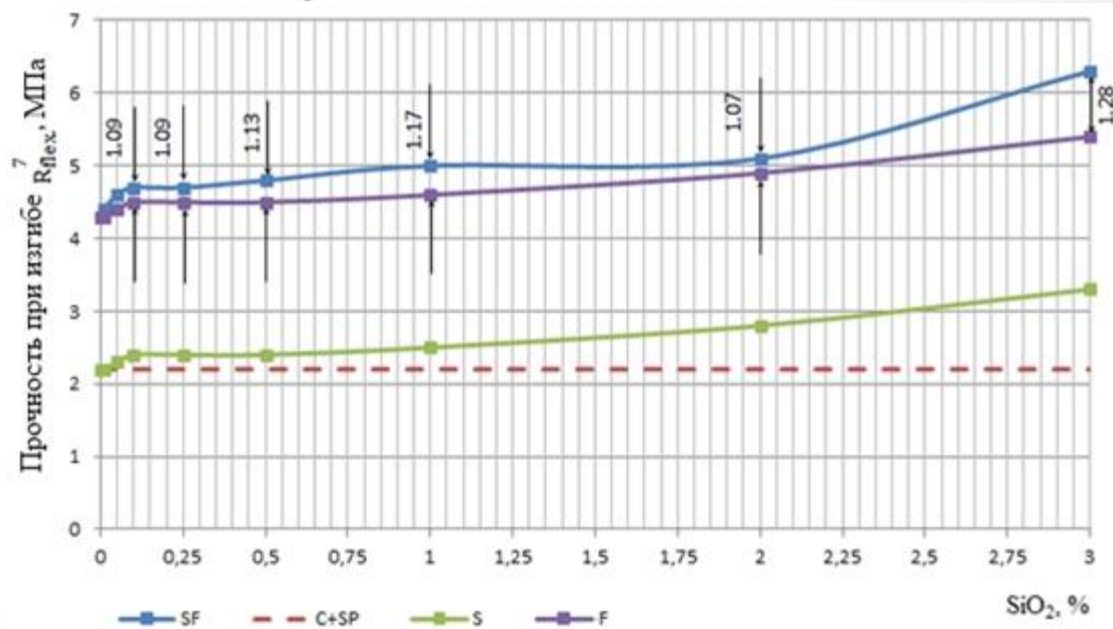
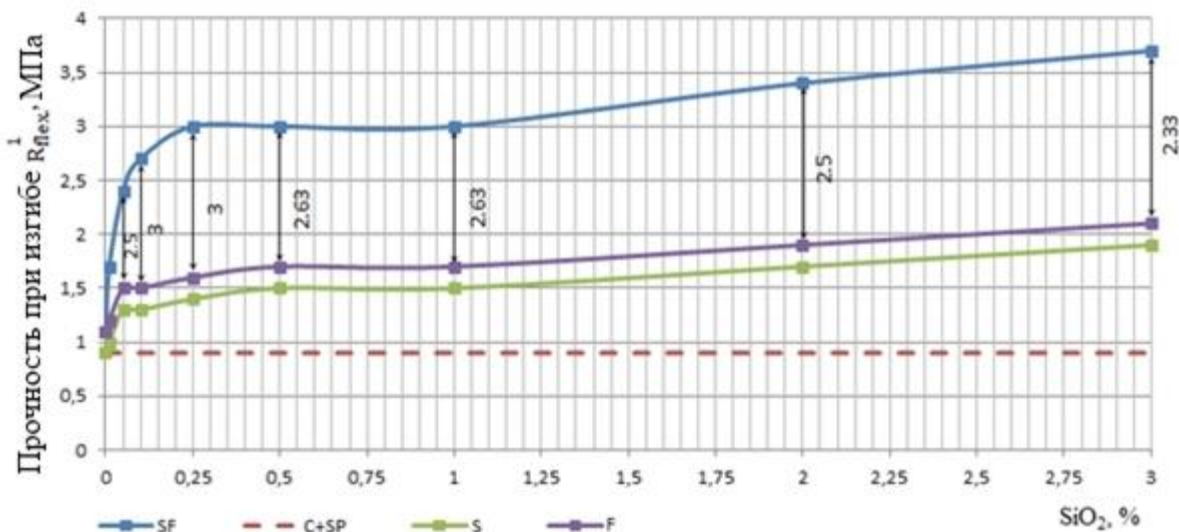
№ состава	Расход материалов на 1 м ³						Расплав конуса, мм	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Модуль упругости, ГПа	Предел динамической прочности на сжатие, при скорости нагружения 110 с ⁻¹ МПа	Коэффициент динамического упрочнения	Коэффициент ударной вязкости, μ	Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па)	Эффективный коэффициент диффузии, 10 ⁻⁴ см ² /с	Морозостойкость
	Вяжущее, кг		Суперпластификатор, кг	Песок, кг	Вода, л	Фибра, кг										
	Цемент	Наполнители КВ														
1-1	702	452	11	1020	235	138	700	72,3	14,0	40,1	119,2	1,65	29	0,027	0,09	F200
1-2	646	508	15	1020	223	138	730	75,8	14,5	41,0	125,1	1,65	33	0,025	0,05	F300
1-3	582	572	18	1020	201	138	750	78,3	15,0	41,9	122,0	1,56	25	0,028	0,10	F200
2-1	652	502	11	1020	253	138	720	81,0	15,4	42,2	125,3	1,55	26	0,026	0,08	F200
2-2	606	548	15	1020	231	138	710	84,6	16,2	43,3	123,1	1,46	27	0,021	0,03	F300
2-3	631	523	18	1020	203	138	690	84,0	15,8	43,0	117,1	1,39	26	0,024	0,04	F300
3-1	601	553	11	1020	251	138	680	80,5	15,2	42,3	123,1	1,53	23	0,026	0,08	F200
3-2	695	459	18	1020	196	138	680	77,3	14,9	41,8	128,9	1,68	24	0,025	0,05	F300
3-3	631	523	15	1020	221	138	700	80,8	15,1	42,0	122,2	1,51	20	0,024	0,04	F300
ЦЕМ I 42,5 Н	545	-	-	1634	218	-	340	52,9	7,3	35,2	64,3	1,22	5	0,030	0,25	F200
ПЦ+31 % АКД	545	169	-	1465	241	-	310	51,2	6,9	34,0	63,2	1,23	15	0,031	0,19	F200
ПЦ+1,3 % СП	545	-	15	1601	182	-	670	55,3	7,4	41,2	66,0	1,19	17	0,030	0,21	F200



Экспериментальные составы модифицированных базальтофибробетонов, кг

№ состава	Цемент	АСД	SiO ₂	Вода	СП	Песок	Фибра
Ref-1-2	460	-	-	184	5	1380	7
Ref 1-3	460	-	-	184	-	1380	7
Ref-3	322	128	-	184	5	1380	7
001SAF	322	128	0,03	184	1,5	1380	7
1SAF	318	128	3,2	184	5	1380	7
2SAF	316	128	6,4	184	5,5	1380	7
3SAF	312	128	9,6	184	10	1380	7
2SACF	316	128	6,4	184	5,5	1380	7
3SACF	312	128	9,6	184	10	1380	7
001PAF	322	128	0,03	184	1,5	1380	7
1PAF	319	128	3,2	184	5	1380	7
2PAF	316	128	6,4	184	5,5	1380	7
3PAF	312	128	9,6	184	10	1380	7
2PACF	316	128	6,4	184	5,5	1380	7
3PACF	312	128	9,6	184	10	1380	7
1LCF	363	-	0,03	184	5	1380	7
2LCF	359	-	3,2	184	5	1380	7
3LCF	354	-	6,4	184	5,5	1380	7
4LCF	313	-	9,6	184	10	1380	7

Зависимость прочности при изгибе базальтофибробетонов от дозировки золя частиц SiO_2



*SF (золе+фибра),
C+SP (комплексное введение
золя и суперпластификатора);
S (только золе);
F (только фибра)*

Характер разрушения нано- модифицированных панелей:

а) цемент без фибры;

б) 0,01% золя SiO_2 ,

без фибры;

в) 0,05% нано-
порошка SiO_2 , без
фибры;

г) 0,05% золя SiO_2 с
фиброй



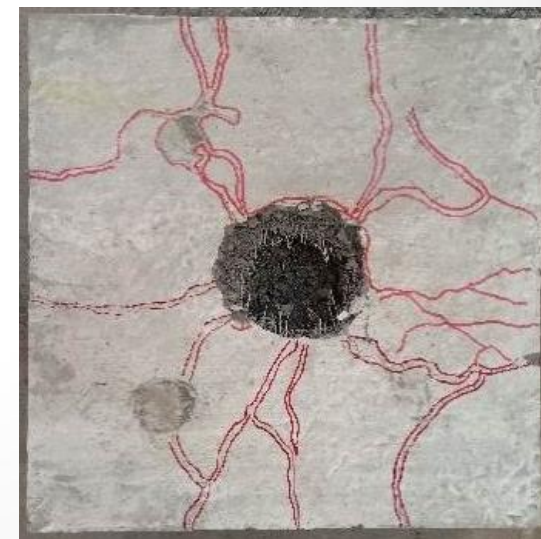
а)



б)

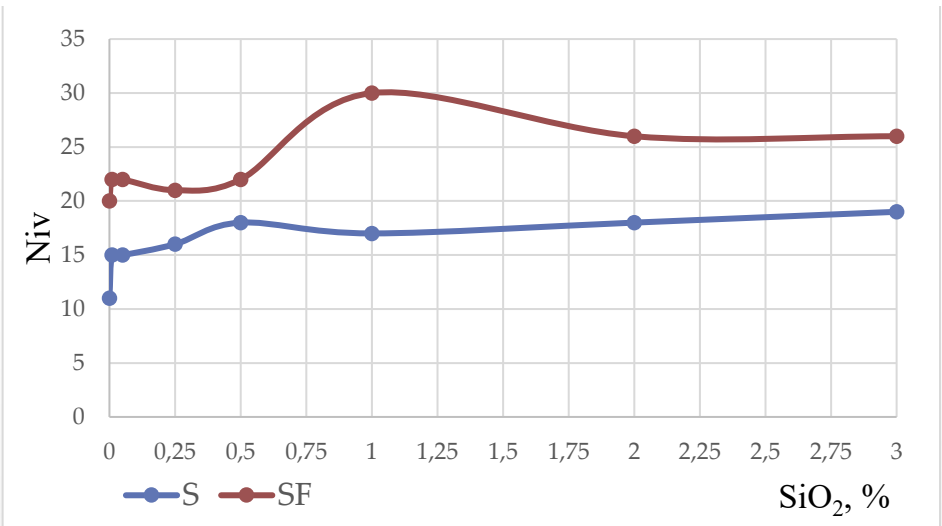
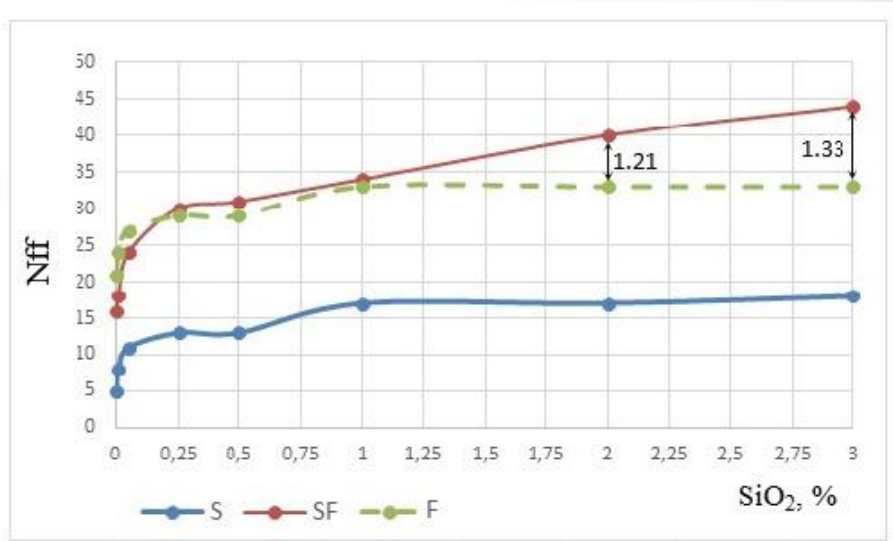
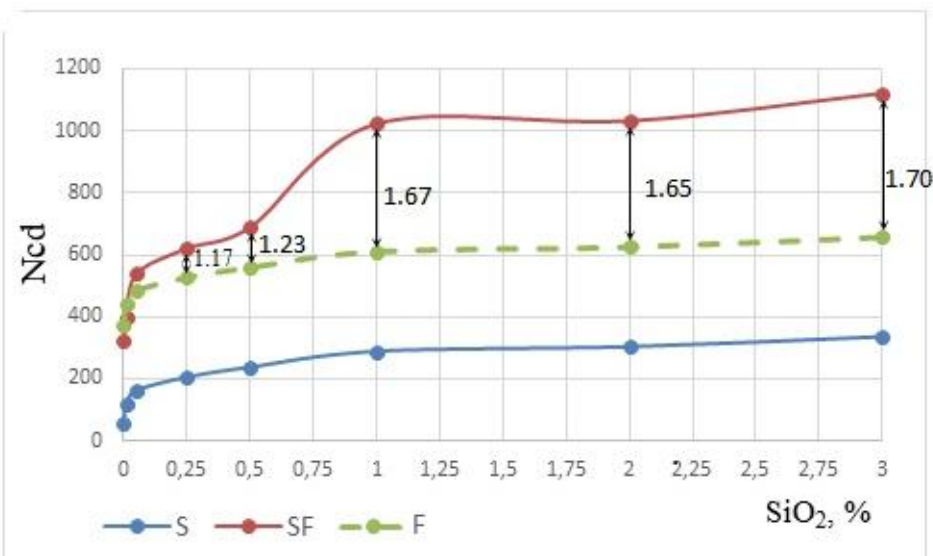


в)

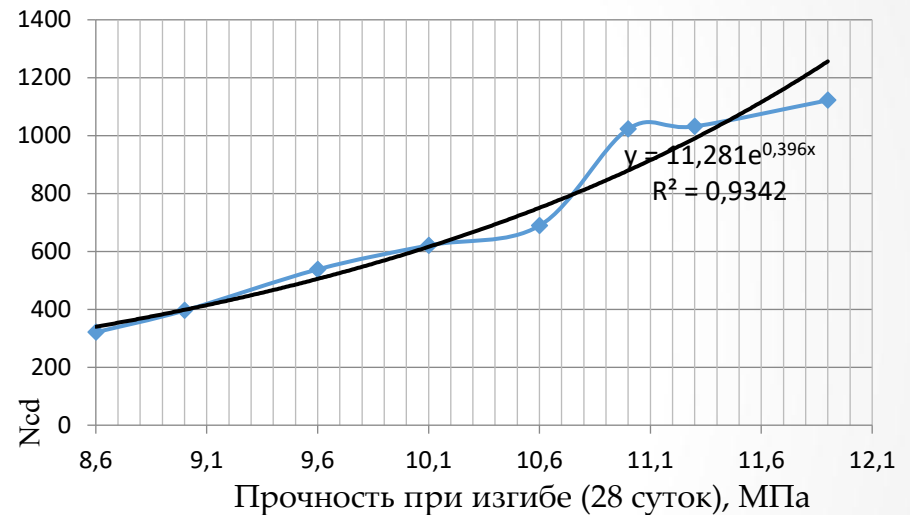
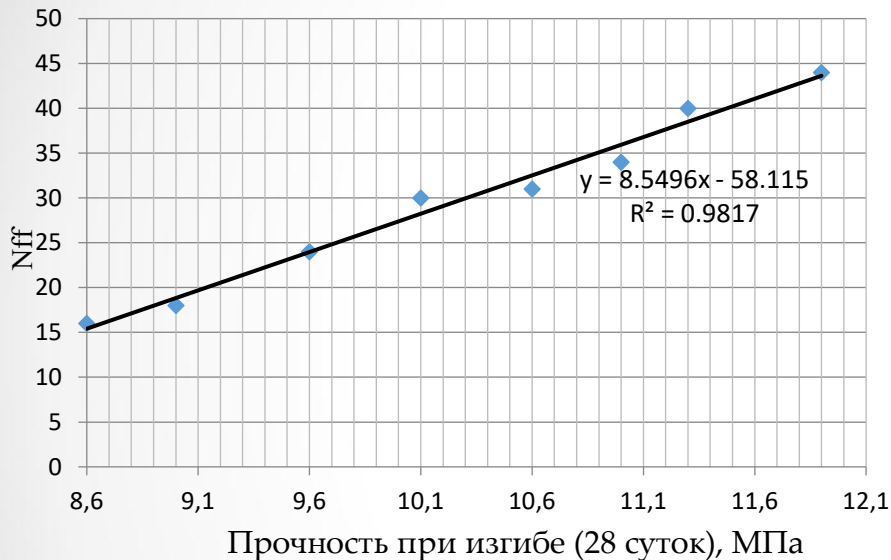


г)

Показатели ударной выносливости цементных композитов для составов, модифицированных золом и фиброй (SF) и только золом (S) и только фиброй (F): а) N_{ff} , б) N_{cd} , в) N_{cd}/N_{ff} .



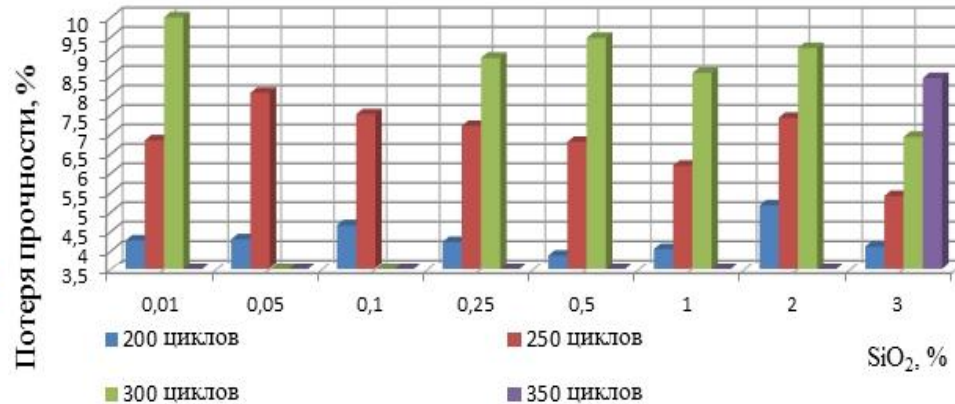
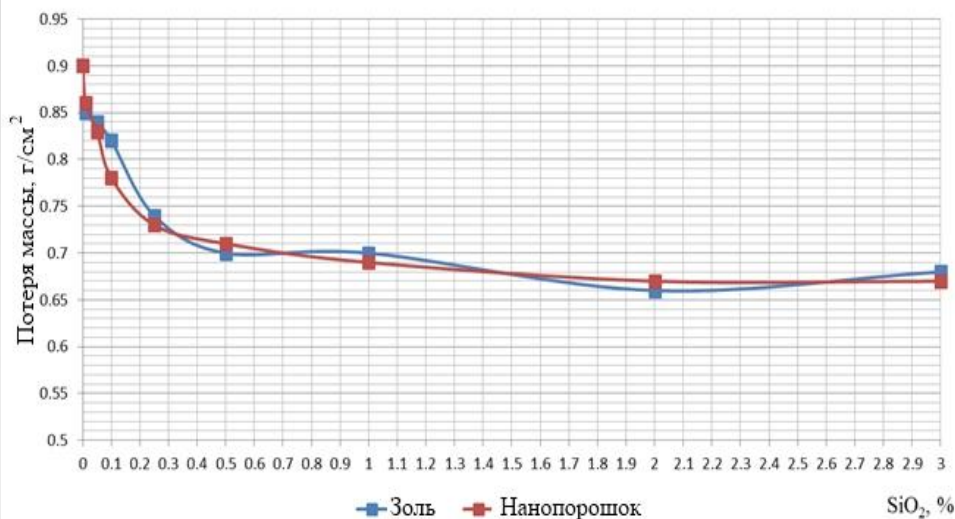
Корреляции (N_{cd} , N_{ff}) - (F_{flex}^{28}), аппроксимационные линии трендов и статистические показатели R^2 (модификация золем и фиброй)



$$N_{ff}(F_{flex}^{28}): y = 8,5496 \cdot x - 58,115, R^2 = 0,9817$$

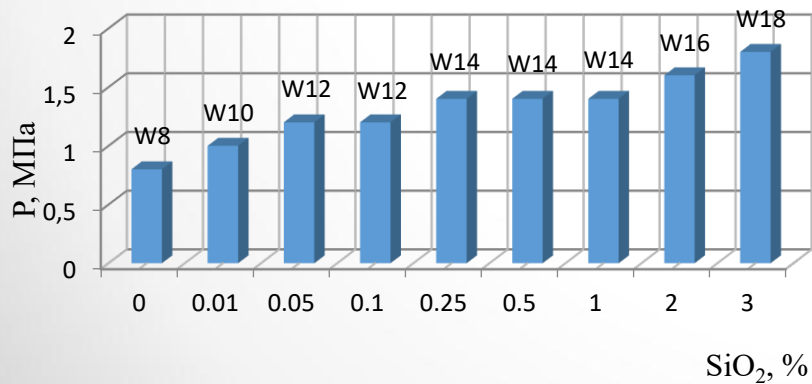
$$N_{cd}(F_{flex}^{28}): y = 11,281 \cdot e^{0,396 \cdot x}, (\ln y = 0,396 \cdot x + 2,4229), R^2 = 0,9654$$

Зависимость эксплуатационных характеристик модифицированных композитов от дозировки нанокремнезема



Количество теплосмен до разрушения образца

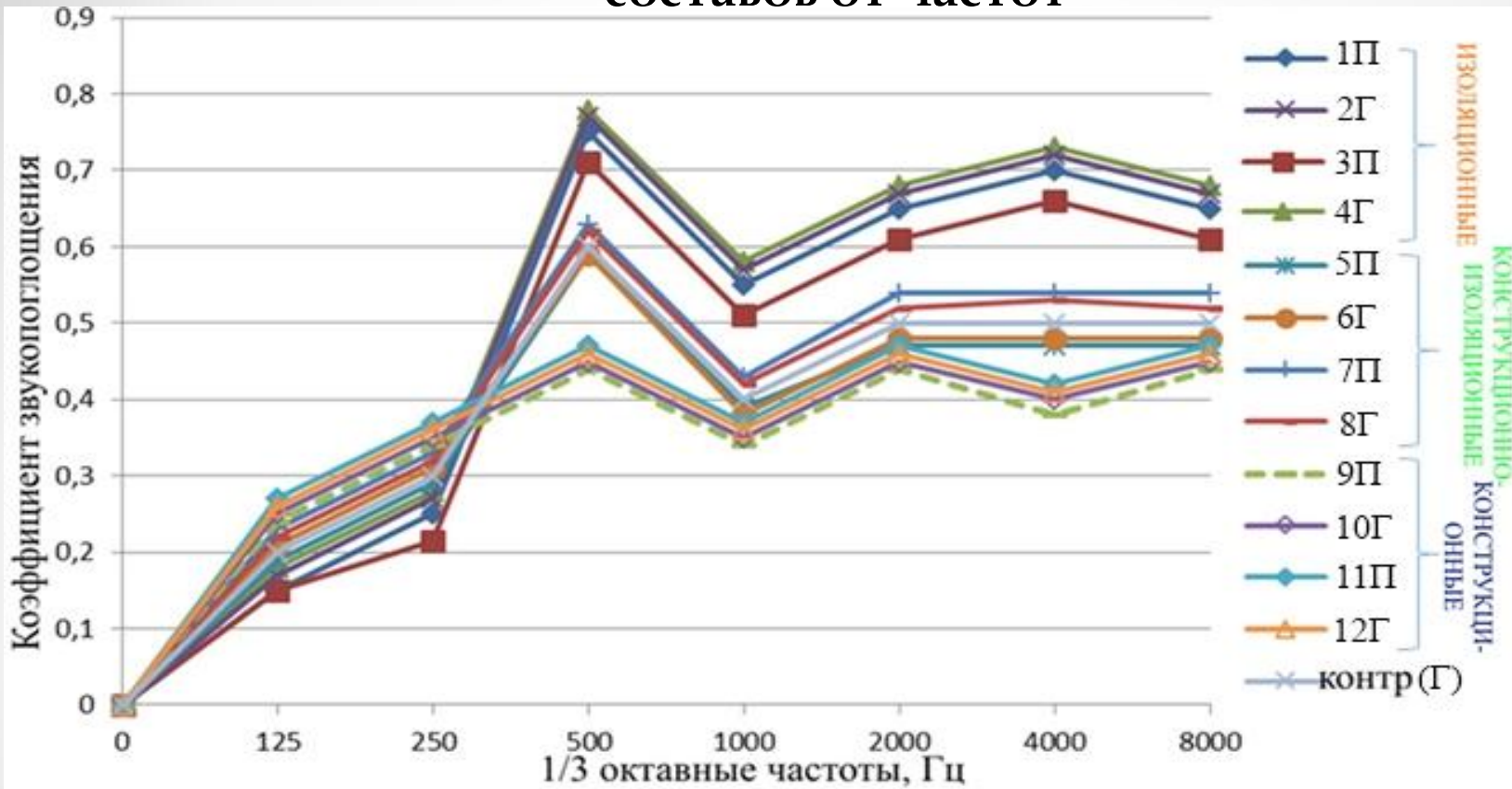
№ состава	700°C	900°C	1100°C
001SAF	5	5	1
1SAF	10	8	3
2SAF	12	9	5
3SAF	15	12	7
001PAF	6	4	2
1PAF	9	9	3
2PAF	13	9	4
3PAF	14	13	8
1LC	8	7	3
2LC	11	8	4
3LC	14	11	6
4LC	16	13	8
Ref-1	4	3	1
Ref-1-1	8	6	2
Ref-2	5	4	0
Ref-3	7	6	1



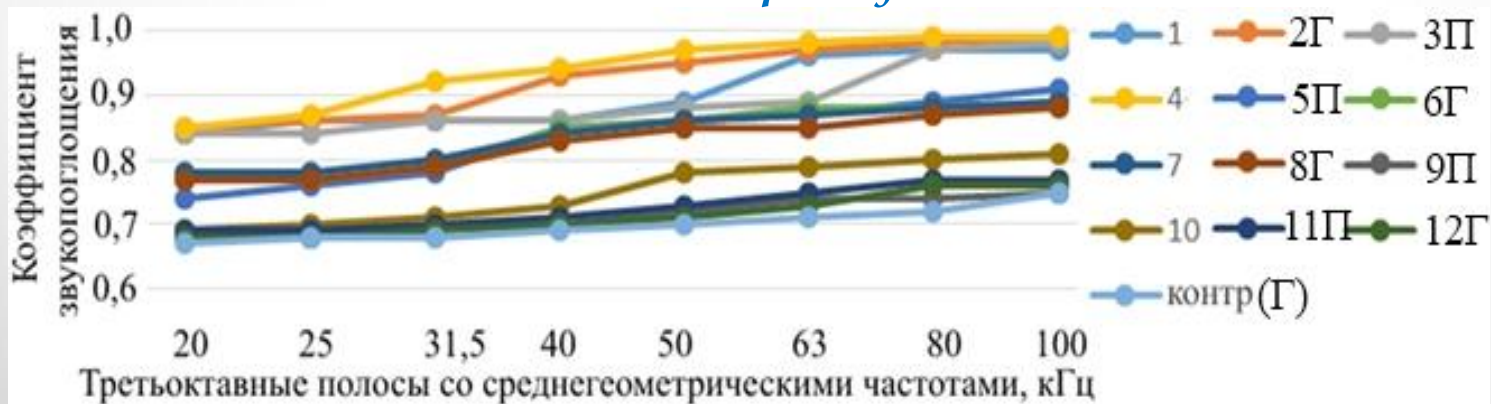
Номенклатура разработанных составов ячеистых КОМПОЗИТОВ

Компоненты, кг/м ³	Номер состава												контр. (Г)
	Изоляционные компози́ты				Конструкционно- изоляционные компози́ты				Конструкционные компози́ты				
	1П	2Г	3П	4Г	5П	6Г	7П	8Г	9П	10Г	11П	12Г	
Портландцемент	150	105	125	85	192	130	160	110	240	170	200	140	125
Известь	-	45	-	40	-	62	-	50	-	70	-	60	50
АСД	100	100	125	125	128	128	160	160	160	160	200	200	-
Вода	100	100	112,5	112,5	128	128	144	144	150	150	180	180	98
Протеиновый пенообразователь	0,8	-	0,8	-	1	-	1	-	1,2	-	1,2	-	-
Алюминиевая паста	-	0,5	-	0,5	-	0,5	-	0,5	-	0,5	-	0,5	0,5
Двуводный гипс	-	2,5	-	2,1	-	3,2	-	2,7	-	4	-	3,5	2,5
Хлористый кальций	-	1,5	-	1,3	-	2	-	1,7	-	2,5	-	2,2	1,5
Супер- пластификатор Pantarhit PC 160	1,1	1,1	1,1	1,1	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2	-
Гидрофобизатор АМСР-3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,32	0,32	0,32	0,32	0,4	0,4	0,4	0,4	-
Вспученный вермикулит	35	35	35	35	20	20	20	20	-	-	-	-	-
Кварцевый песок	-	-	-	-	180	180	180	180	335	335	335	335	120
Полипропиленовая фибра	-	-	12	12	-	-	12	12	-	-	12	12	-
Водотвердое отношение	0,4	0,4	0,45	0,45	0,4	0,4	0,45	0,45	0,4	0,4	0,45	0,45	0,56

Зависимость коэффициентов звукопоглощения разработанных составов от частот

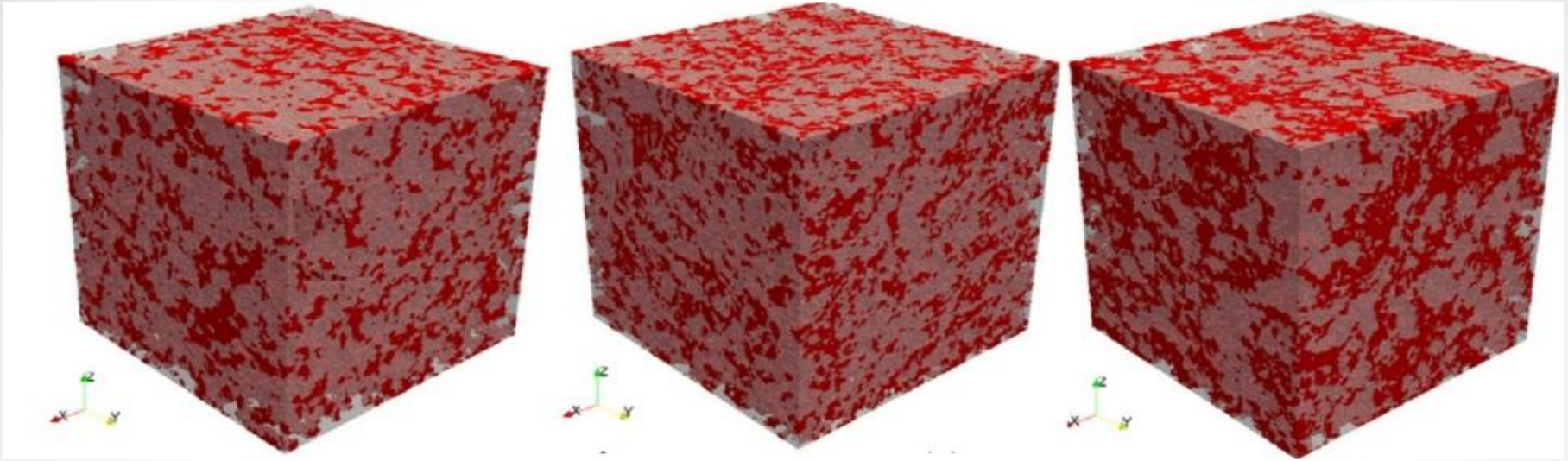


Ультразвук



Зависимость поровой структуры ячеистого композита от его состава

(красный цвет показывает поры)



газобетон
ПЛОТНОСТЬЮ
834 кг / м³;

общая пористость –
63,3 %

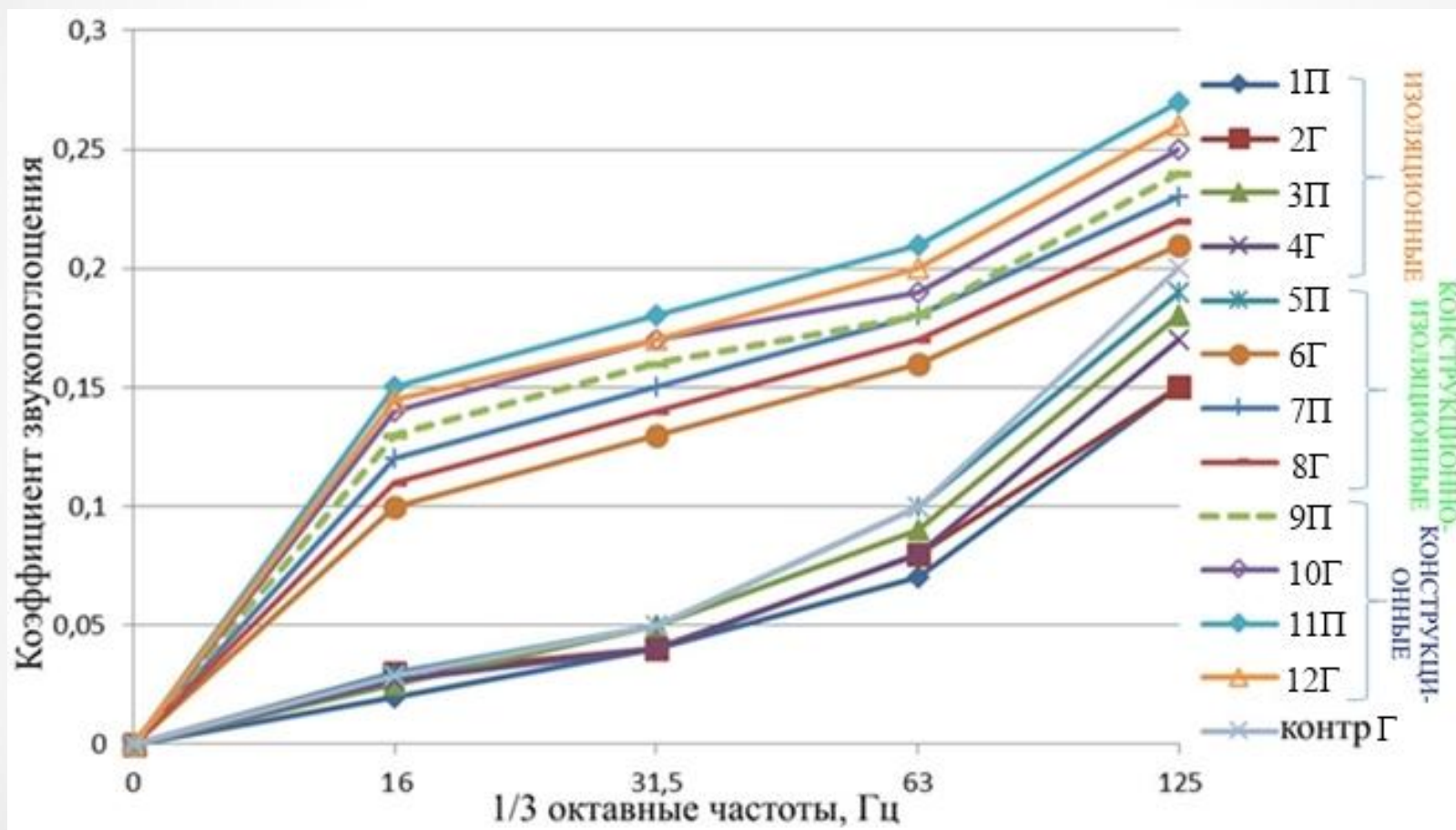
пенобетон
ПЛОТНОСТЬЮ
602 кг / м³;

общая пористость –
69,7 %

газобетон
ПЛОТНОСТЬЮ
329 кг / м³

общая пористость –
85,0 %

Влияние состава разработанных ячеистых композитов на звукопоглощение на низких и инфразвуковых частотах



Уточненная расчетная формула коэффициента звукопоглощения

$$\alpha = \frac{aR / \rho_0 c_0}{\left(1 + aR / \rho_0 c_0\right)^2 + \left(bM / \rho_0 c_0\right)^2}$$

Коэффициенты a и b для предлагаемой расчетной формулы

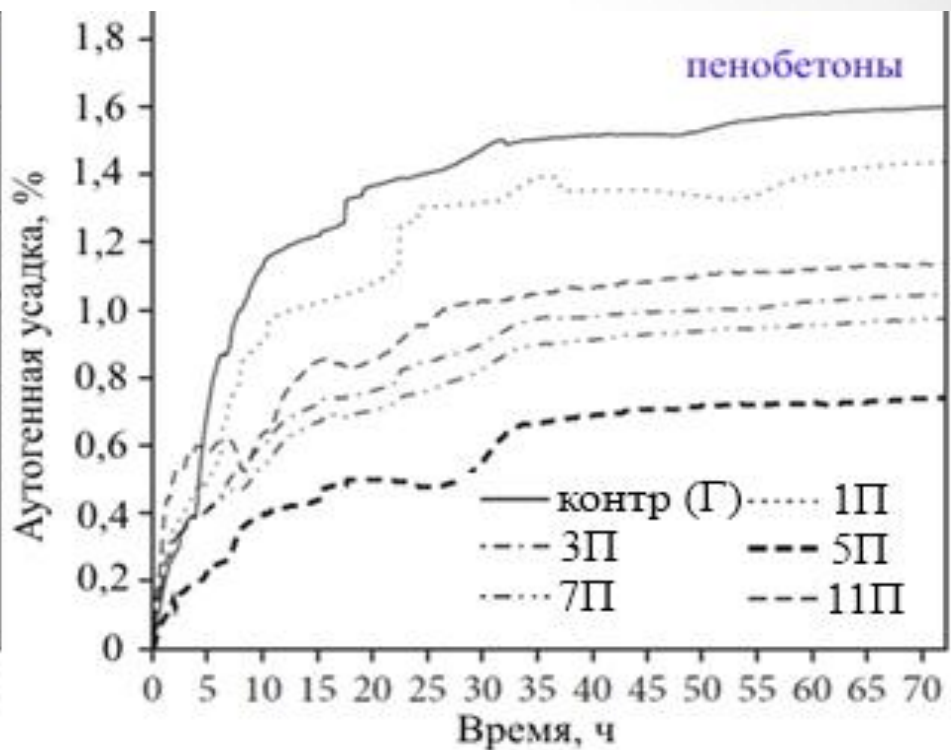
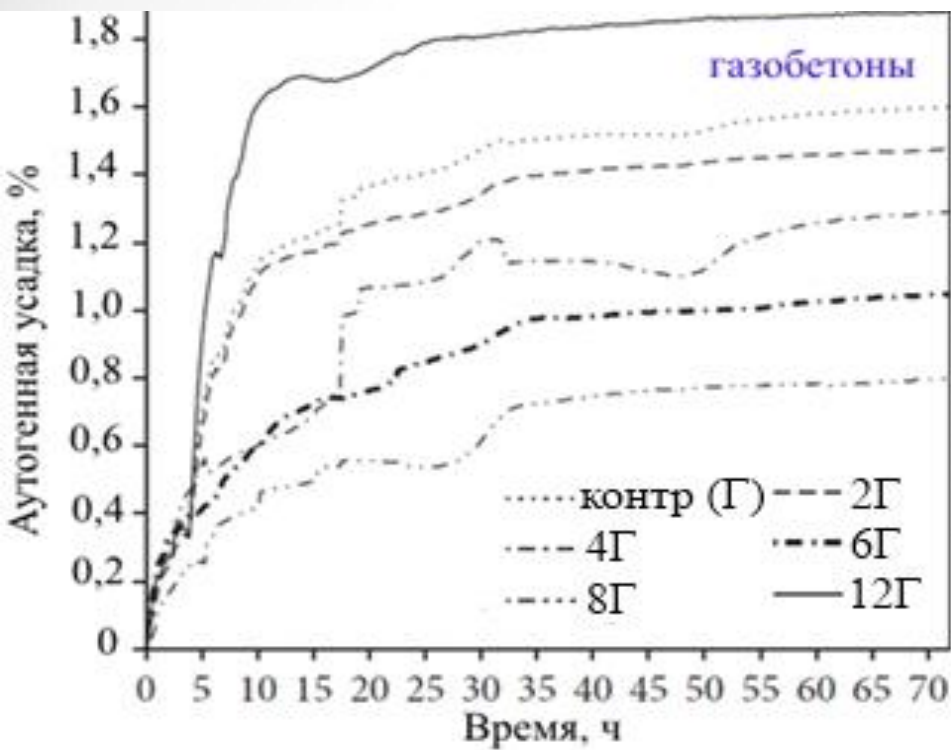
Открытая пористость, %	Вид заполнителя		
	пористый	пористый+ плотный	плотный
20-30	1,25 / 0,73	0,95 / 1,06	0,66 / 1,46
30-40	1,61 / 0,56	1,05 / 0,96	0,75 / 1,33
40-50	2,05 / 0,46	1,25 / 0,92	1,05 / 1,26
50-60	2,38 / 0,33	1,33 / 0,46	2,05 / 1,00

Примечание: над чертой коэффициент a , под чертой – b .

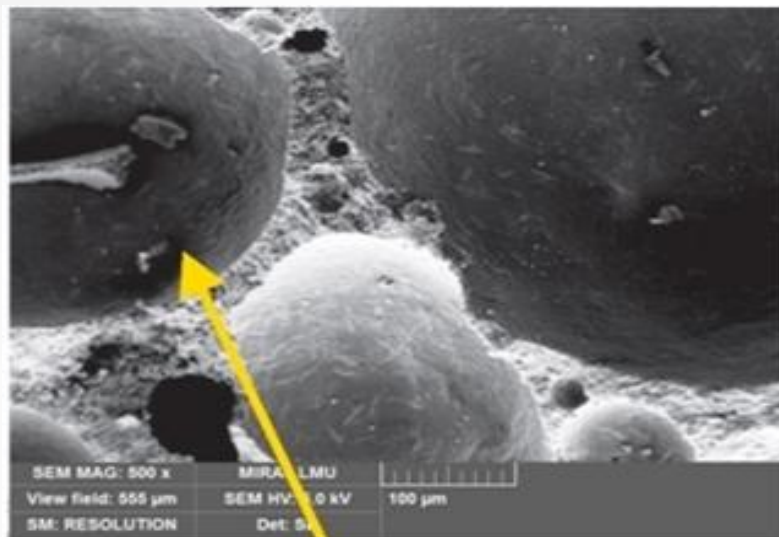
Взаимосвязь между прочностью при сжатии и общей пористостью ячеистых бетонов (28 суток)

Номер состава	Прочность при сжатии, МПа	Плотность, кг/м ³	Общая пористость, %	Открытая пористость, %	Закрытая пористость, %	Коэф. звукопоглощения
Изоляционные композиты						
1П	1,1	315	85,1	40,0	45,1	0,71
2Г	1,1	322	85,2	61,9	23,2	0,75
3П	1,5	331	87,0	39,8	47,2	0,77
4Г	1,0	329	85,0	62,1	22,9	0,78
контр. (Г)	1,0	321	62,7	31,9	30,8	0,59
Конструкционно-изоляционные композиты						
5П	4,0	584	69,8	30,1	39,7	0,59
6Г	4,3	592	70,0	42,3	27,7	0,59
7П	4,9	602	69,7	26,0	43,7	0,63
8Г	4,0	601	70,7	50,8	19,9	0,63
Конструкционные композиты						
9П	7,6	815	63,6	23,9	39,7	0,44
10Г	7,5	826	63,9	36,8	27,1	0,45
11П	7,8	836	65,4	25,8	39,6	0,47
12Г	7,6	834	63,3	41,1	22,2	0,46

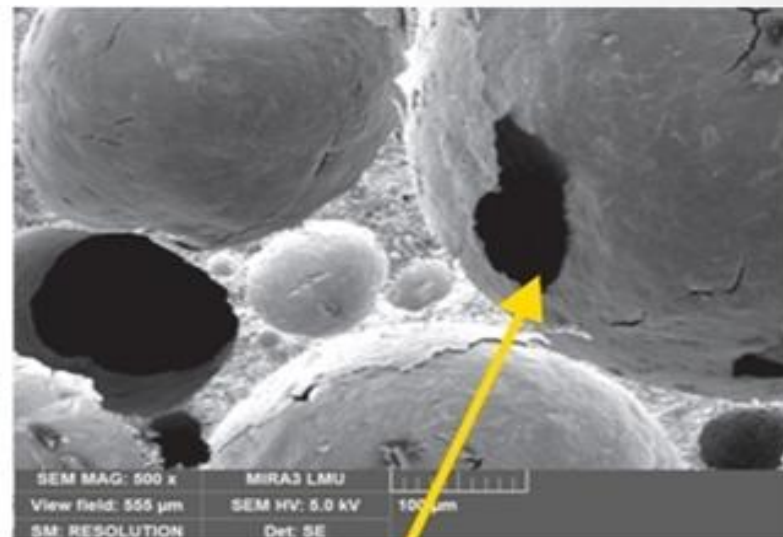
Динамика аутогенной усадки разработанных составов



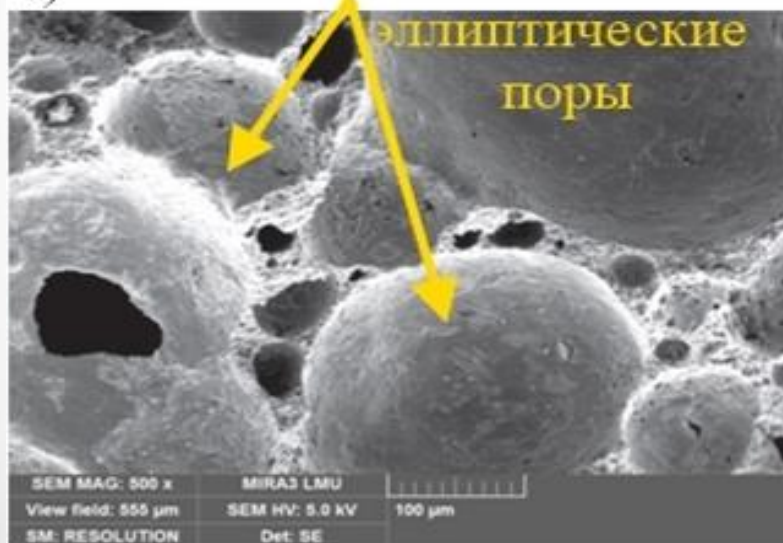
Микроструктура новообразований в пенобетонах в возрасте 28 суток: бездобавочный состав (а, в) и состав на разработанном вяжущем (б, г)



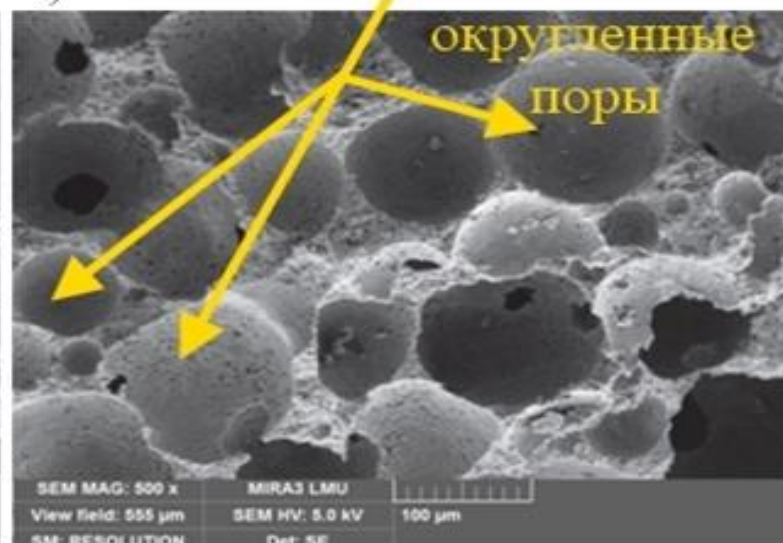
а)



б)



в)

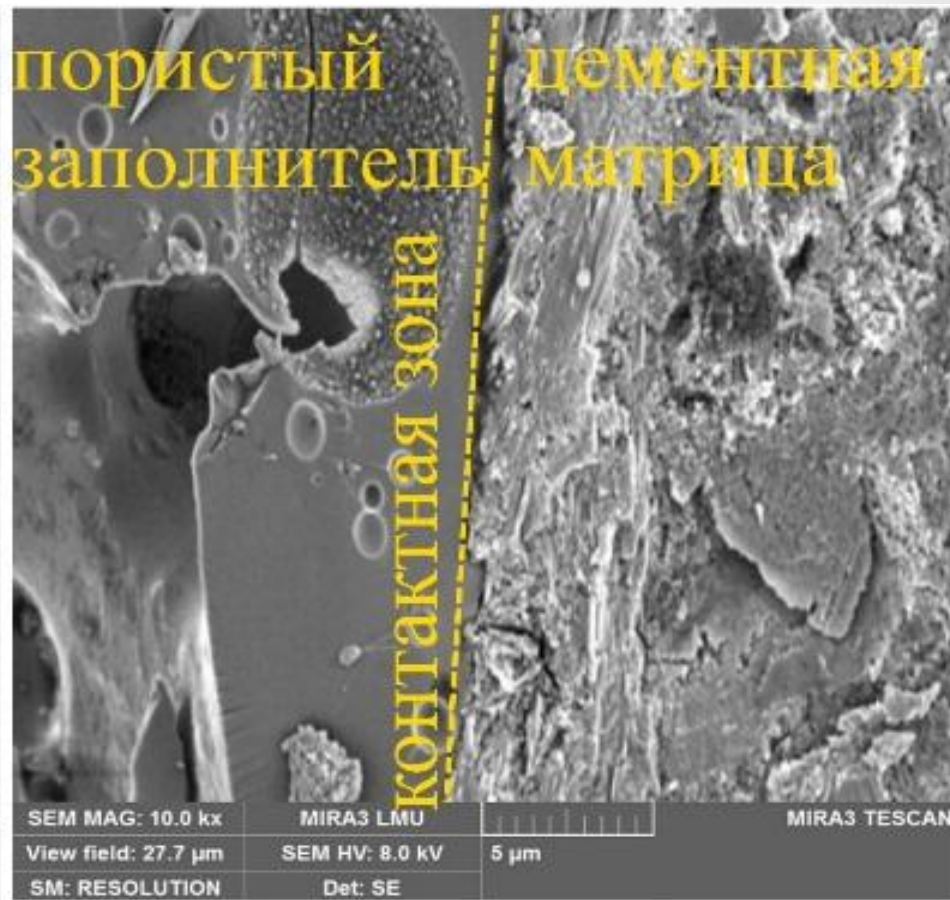


г)

Микроструктурные особенности газобетонного образца

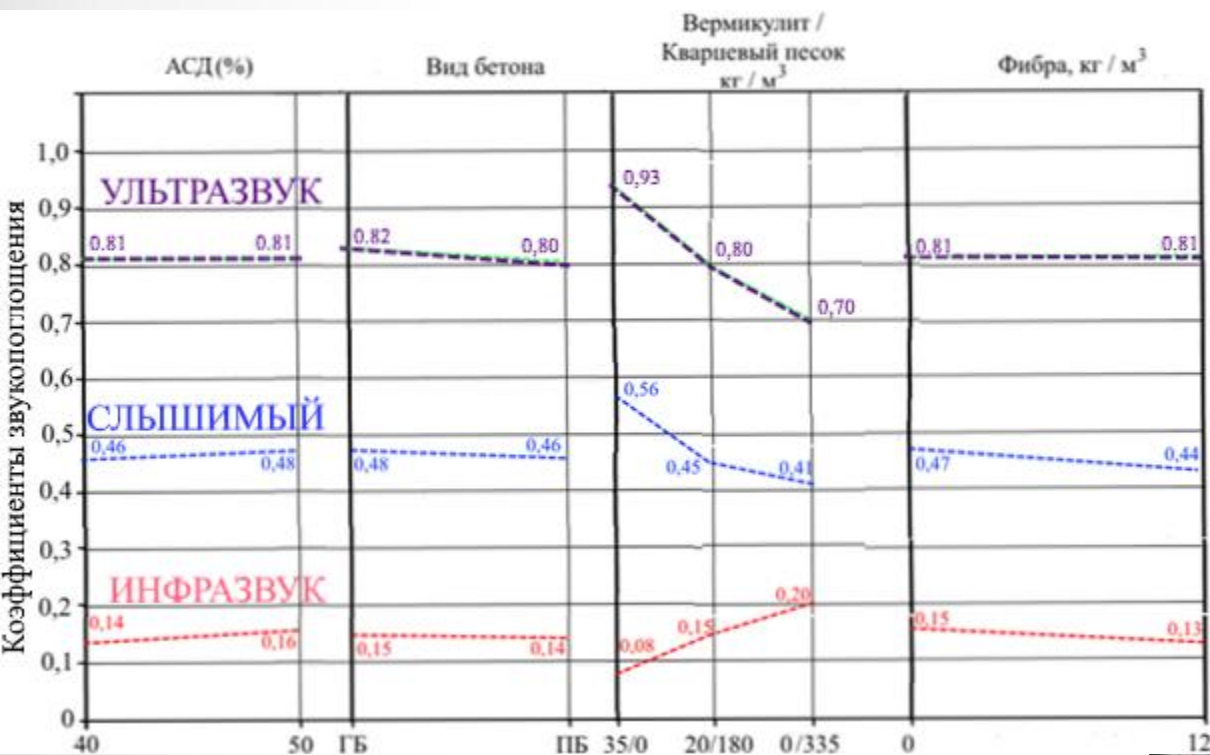


a)



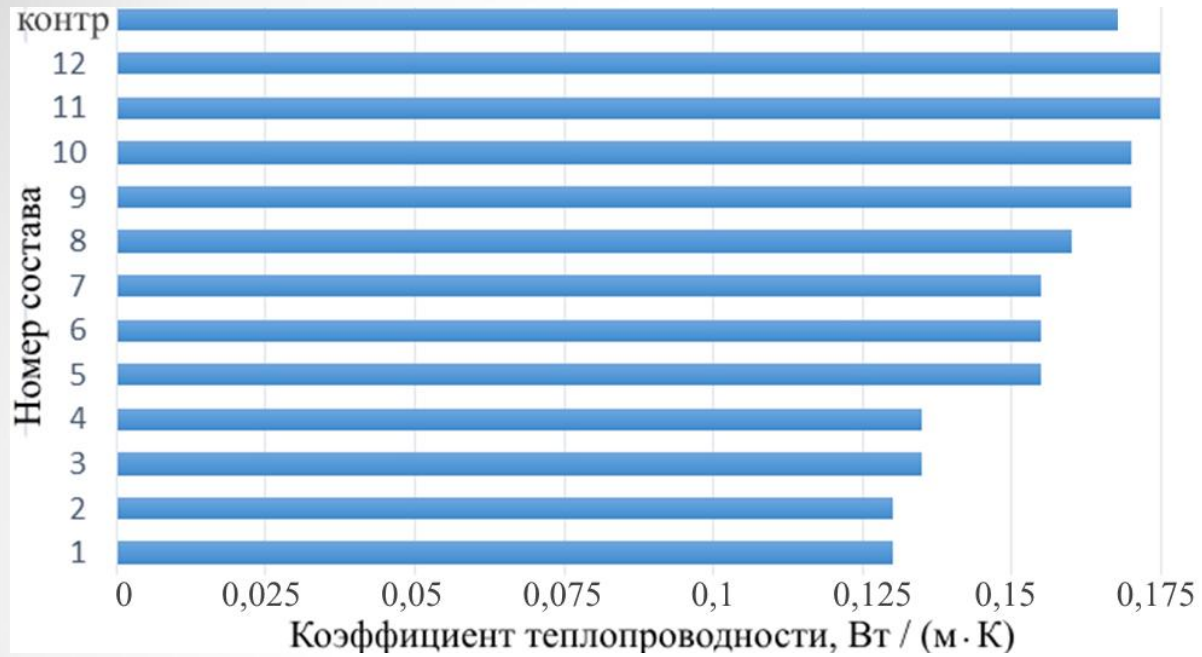
b)

Динамика развития коэффициента звукопоглощения, основанная на влиянии параметров состава



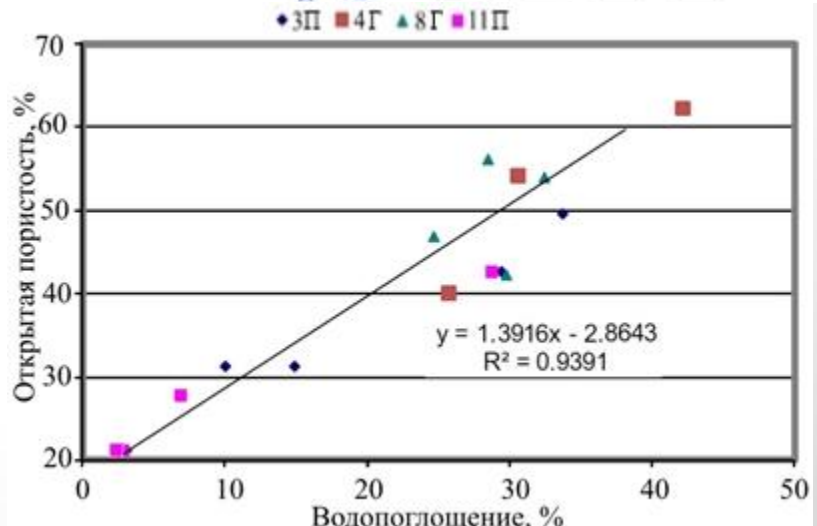
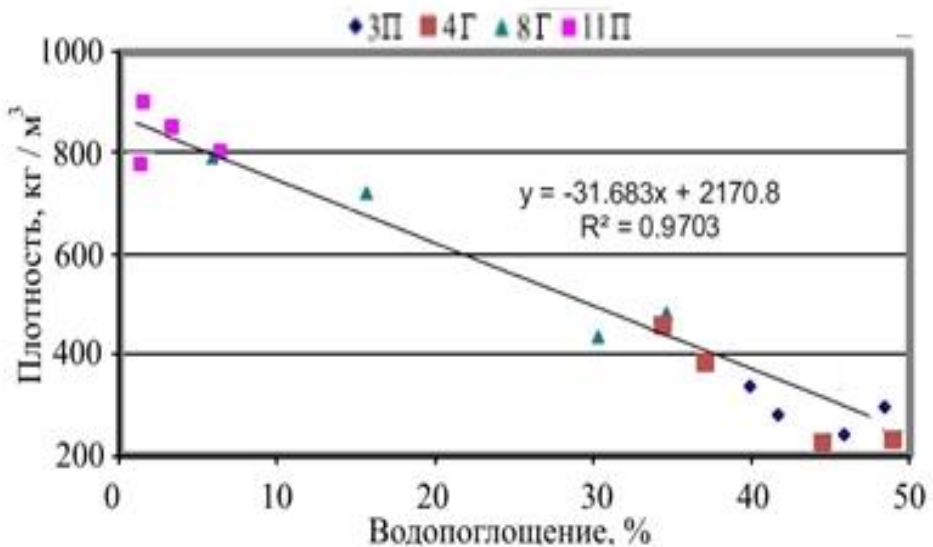
Эксплуатационные характеристики ячеистых композитов

Предел прочности при сжатии (МПа)
после количества циклов
замораживания-оттаивания



Состав

	0	25	50	75	100	125
изоляционные						
1П	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	-
2Г	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	-
3П	1,5	1,3	1,1	0,9	0,8	-
4Г	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	-
5П	1,0	0,8	0,5	0,3	-	-
конструктивно-изоляционные						
6П	4,0	3,6	3,2	2,9	1,9	-
6Г	4,3	4,2	3,8	3,2	2,2	1,6
7П	4,9	4,6	4,1	3,3	2,2	1,5
8Г	4,0	3,7	3,3	2,7	1,8	-
конструкционные						
9П	7,6	7,0	6,5	6,0	5,1	4,4
10Г	7,5	6,8	6,4	5,8	4,7	4,2
11П	7,8	7,1	6,7	6,1	5,3	4,4
12Г	7,6	6,9	6,5	5,9	5,3	4,3



**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2685384

Специальный бетон для ограждающих конструкций защитных сооружений

Патентообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Дальневосточный федеральный университет" (ДВФУ) (RU)*

Авторы: *Федюк Роман Сергеевич (RU), Козлов Павел Геннадьевич (RU), Кудряшов Сергей Робертович (RU), Мочалов Александр Викторович (RU)*

Заявка № 2018113808
Приоритет изобретения 17 апреля 2018 г.
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 17 апреля 2019 г.
Срок действия исключительного права на изобретение истекает 17 апреля 2038 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Илларионов

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2679322

Самоуплотняющийся бетон

Патентообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Дальневосточный федеральный университет" (ДВФУ) (RU)*

Авторы: *Федюк Роман Сергеевич (RU), Козлов Павел Геннадьевич (RU), Кудряшов Сергей Робертович (RU)*

Заявка № 2018108644
Приоритет изобретения 13 марта 2018 г.
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 07 февраля 2019 г.
Срок действия исключительного права на изобретение истекает 13 марта 2038 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Илларионов

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2665324

Электропроводящий бетон

Патентообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Дальневосточный федеральный университет" (ДВФУ) (RU)*

Автор: *Федюк Роман Сергеевич (RU)*

Заявка № 2017134948
Приоритет изобретения 05 октября 2017 г.
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 29 августа 2018 г.
Срок действия исключительного права на изобретение истекает 05 октября 2037 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Илларионов

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2719895

Бетонная смесь

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Владивостокский государственный университет экономики и сервиса" (ВГУЭС) (RU)*

Авторы: *Федюк Роман Сергеевич (RU), Баранов Андрей Вячеславович (RU), Лисейцев Юрий Леонидович (RU), Лесовик Валерий Станиславович (RU), Попов Егор Александрович (RU)*

Заявка № 2019121054
Приоритет изобретения 03 июля 2019 г.
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 23 апреля 2020 г.
Срок действия исключительного права на изобретение истекает 03 июля 2039 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Илларионов

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2720839

Специальный бетон

Патентообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Дальневосточный федеральный университет" (ДВФУ) (RU)*

Авторы: *Федюк Роман Сергеевич (RU), Попов Егор Александрович (RU), Баранов Андрей Вячеславович (RU), Лисейцев Юрий Леонидович (RU), Лесовик Валерий Станиславович (RU)*

Заявка № 2019125193
Приоритет изобретения 08 августа 2019 г.
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 13 мая 2020 г.
Срок действия исключительного права на изобретение истекает 08 августа 2039 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Илларионов

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019666517

Расчет эффективности применения городских подземных сооружений в качестве защитных

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Дальневосточный федеральный университет" (ДВФУ) (RU)*

Авторы: *Коневец Кирилл Владимирович (RU), Федюк Роман Сергеевич (RU), Козлов Павел Геннадьевич (RU), Макинши Валерий Николаевич (RU), Папарин Игорь Иванович (RU)*

Заявка № 2019665155
Дата поступления 26 ноября 2019 г.
Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 11 декабря 2019 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Илларионов

УТВЕРЖДАЮ
Командир войсковой части 40159

подполковник
М. Коваленко
01 2019

УТВЕРЖДАЮ
Командир войсковой части 40159

подполковник
М. Коваленко
01 2019

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

СОГЛАСОВАНО
Начальник учебного военного центра
при Дальневосточном федеральном
университете
капитан 1 ранга
А. Лебедев
01 2019

УТВЕРЖДАЮ
Командир войсковой части 40159
подполковник
М. Коваленко
01 2019

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ
на производство фибробетона для защитных сооружений

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ
на производство ячеистого бетона заданной пористой структуры

КОМПОЗИЦИОННОЕ ВЯЖУЩЕЕ
Технические условия
СТО 02033955-057-2019

СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор ООО «Факир»
подполковник запаса
Кудряшов С.Р.
01 2019

РАЗРАБОТАН:
Научный руководитель, к.т.н.
подполковник Федюк Р.С.
Соискатель
полковник Мочалов А.В.

СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор ООО «Факир»
подполковник запаса
Кудряшов С.Р.
01 2020

РАЗРАБОТАН:
Научный руководитель, к.т.н.
подполковник Федюк Р.С.
Соискатель
Баранов А.В.

РАЗРАБОТАН:
Научный руководитель, к.т.н.
Федюк Р.С.
Соискатель
Мочалов А.В.

г. Владивосток
2019

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТИХООКЕАНСКИЙ ФЛОТ
Морская инженерная служба

г. Владивосток
2020

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по науке и инновациям
Дальневосточного
федерального университета
к.т.н. А.В. Цве
02 октября 2015 г.

г. Владивосток
2019

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ
Командир войсковой части 40159

подполковник
М. Коваленко
01 2020

АЛЮМОСИЛИКАТНАЯ ДОБАВКА
Технические условия
СТО 02033956-057-2020

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ
на производство композиционного вяжущего
на основе цемента, золы-уноса ТЭЦ
и известняка

Начальник УВЦ ДВФУ
А. Лебедев
Старший преподаватель
Р. Федюк

РАЗРАБОТАН:
Научный руководитель, к.т.н.
Федюк Р.С.
Соискатель
Баранов А.В.

г. Владивосток
2020

Владивосток 2015



УТВЕРЖДАЮ
Командир войсковой части 40159
подполковник М. Коваленко
АКТ
внедрения специального фибробетона
«30» 01 2019

г. Владивосток

Комиссия в составе: Командира войсковой части 40159 подполковника Коваленко Максима Владимировича, доцента Учебного военного центра Дальневосточного федерального университета к.т.н. Федюка Романа Сергеевича и начальника учебной части – заместителя начальника Учебного военного центра Дальневосточного федерального университета Мочалова Александра Викторовича участвовала в проведении натурных испытаний разработанного специального фибробетона. Из представленного материала изготовлено три опытных фортификационных сооружения для защиты личного состава. Испытания на ударную выносливость и непроницаемость показали перспективность данных материалов. Полученные характеристики:

- статическая прочность при сжатии – 83,2 МПа;
- скорость деформации для статического испытания – $6,27 \times 10^{-5} \text{ с}^{-1}$;
- динамическая прочность при сжатии – 94,1 МПа;
- скорость деформации для ударного испытания – $1,99 \text{ с}^{-1}$;
- коэффициент динамического упрочнения – 1,27;
- коэффициент непроницаемости – $0,028 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$;
- эффективный коэффициент диффузии углекислого газа – $0,00009 \text{ см}^2/\text{с}$.

Разработчики специального фибробетона:

Начальник учебной части – заместитель начальника Учебного военного центра Дальневосточного федерального университета Мочалов А.В.
Доцент Учебного военного центра Дальневосточного федерального университета, к.т.н. Федюк Р.С.

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Артёмспецстрой»
Ким А.Н.
«21» июня 2021 г.

АКТ
выпуска опытной партии звукопоглощающего ячеистого бетона
г. Артём «21» июня 2021 г.

Комиссия в составе: главного инженера ООО «Артёмспецстрой» Миронова Алексея Александровича и профессора военного учебного центра Дальневосточного федерального университета, к.т.н., доцента Федюка Романа Сергеевича, участвовала в выпуске пробной партии газобетона в количестве 45 м^3 , соответствующего марке про плотности D300. Данная партия, разработанная в ходе выполнения докторской диссертации Федюка Р.С., соответствует заявленным техническим характеристикам и может применяться для ограждающих конструкций зданий и сооружений, к которым предъявляются повышенные характеристики по акустической защите.

Главный инженер ООО «Артёмспецстрой» Миронов А.А.
Профессор военного учебного центра Дальневосточного федерального университета, к.т.н., доцент Федюк Р.С.

УТВЕРЖДАЮ
Командир войсковой части 26473
полковник М. Щербинин
2021 г.

АКТ
внедрения результатов докторской диссертации Федюка Романа Сергеевича при ремонте взлетно-посадочной полосы аэродрома «Камениый Ручей»
г. Монголт Хабаровского края
«20» 01 2021 г.

Комиссия в составе: председателя комиссии – ВрЮ заместителя командира войсковой части 26473 майора Крюкова Д.А., членов комиссии – заместителя командира войсковой части 26473 по тылу майора Толстикова М.Т., ВрЮ заместителя командира РС в РГО войсковой части 26473 майора Степанов С.В., ВрЮ заместителя начальника штаба по связи войсковой части 26473 капитана Бобова А.А., штурмана войсковой части 26473 капитана Рахматулина Р.Г., ВрЮ заместителя командира по ИАС войсковой части 26473 майора Антонова А.И., командира роты аэродромно-технического обеспечения войсковой части 26473 капитана Семенова М.В., командира взвода АЭВ – команданта аэродрома войсковой части 26473 ст. лейтенанта Сивава А.В., начальника ИАЭС войсковой части 26473 лейтенанта Кухтя А.А., составила настоящий акт на предмет технического состояния летного поля согласно требованиям приказа МО РФ № 46/Взл-2006г. (руководство по эксплуатации аэродромов государственной авиации) и приказа МО РФ № 455/слп – 2006г. (нормы годности к эксплуатации аэродромов государственной авиации). Комиссия провела осмотр бетонных покрытий аэродрома и установила следующее:

В период с 1 мая по 26 июня 2021 года проведен ремонт бетонного покрытия взлетно-посадочной полосы аэродрома «Камениый Ручей» фибробетоном, разработанным в рамках подготовки докторской диссертации профессора военного учебного центра при Дальневосточном федеральном университете Федюка Романа Сергеевича. Состав вяжущего в фибробетоне (мас. %): портландцемент – 32,5, б. алюминосиликатная добавка – 30, золь нанокремнезема – 3. Пропорции остальных компонентов (на 100 частей вяжущего): вода – 15,88; поликарбонатный суперпластификатор Master Glenium – 1,1; базальтовая фибра – 1,5; песок – 300.

Общая площадь ремонтного покрытия – 120 м^2 . В частности, отремонтировано покрытие следующих плит:

- 485 плита (5 ряд) – выбоина глубиной более 30 мм;
- 484 плита (5 ряд) – выбоина глубиной более 30 мм;
- 483плита (5 ряд) – выбоины глубиной более 20 мм;
- 475 плита (бряд) – оголение стержней арматуры, сколы кромок плиты, выбоина глубиной более 3 см;
- 472 плита (2 ряд) – выбоина глубиной более 30 мм;
- 447 плита (бряд) – острые сколы бетона, выбоина глубиной более 30 мм;
- 421 плита (2 ряд) – острые сколы бетона глубиной более 30 мм, уступы смежных плит более 7 см, оголение стержней арматуры, выбоины более 12 см;
- 412 плита (6 ряд) – уступы смежных плит более 6 см, выбоина глубиной более 5 см с наличием оголения арматуры;
- 405 – 415 плита имеется уступы смежных плит 40-50 мм



УТВЕРЖДАЮ
Начальник департамента автомобильных дорог и транспорта правительства Еврейской автономной области.
Е.Н. Турбин
2021 г.

АКТ
внедрения фибробетона для дорожных покрытий
г. Биробиджан «07» 07 2021 г.

Комиссия в составе: главного специалиста-эксперта департамента автомобильных дорог и транспорта правительства ЕАО, Демидовой Натальи Николаевны, преподавателя военного учебного центра при Дальневосточном федеральном университете Лисейцева Юрия Леонидовича участвовала во внедрении разработанного докторантом к.т.н. Р.С. Федюком и аспирантом Ю.Л. Лисейцевым наномодифицированного фибробетона для дорожных одежд. Бетон был применен для ремонта 3 километров региональной трассы в Биробиджанском районе Еврейской автономной области.

Выявлена перспективность применения данных материалов для возведения несущих и ограждающих конструкций подземных сооружений. Научно обосновано и экспериментально подтверждена возможность получения эффективных фибробетонов на разработанном наномодифицированном композиционном вяжущем, обеспечивающие высокие прочностные характеристики ($R_{сж} > 15 \text{ МПа}$, $R_{сж} > 13 \text{ МПа}$).

В ходе сравнения со стандартным цементобетонным покрытием выявлены следующие преимущества:

1. Испытания на ударную выносливость показали, что с возрастанием дозы наночастиц SiO_2 изменялся характер разрушения цементных композитов: при дозе SiO_2 0,5 мас. % и выше увеличилась количество трещин, уменьшилась их ширина и возрос коэффициент извилистости $K_{из}$. Соответственно разработанный композит способен выдерживать большие динамические нагрузки до разрушения.
2. Уменьшение потери массы в опытах по стойкости к истиранию разработанных композитов происходило при увеличении дозировки SiO_2 в диапазоне 0,01–3,0% с 0,9 до $0,68 \text{ г/см}^2$ соответственно. Таким образом, разработанный композит является износостойким.
3. Скорость водопоглощения у образцов модифицированного бетона была ниже, и эта разница относительной скорости набора массы возрастала с увеличением дозы SiO_2 . Общий объем пор у модифицированного бетона был ниже, и уменьшался с увеличением дозы нанокремнезема.

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор ООО «Факир»
С.Р. Кудряшов
«19» 12 2018

АКТ
выпуска опытной партии фибробетона
г. Владивосток «19» 12 2018

Комиссия в составе: главного инженера ООО «Факир» Козлова Павла Геннадьевича, доцента Учебного военного центра Дальневосточного федерального университета к.т.н. Федюка Романа Сергеевича и начальника учебной части – заместителя начальника Учебного военного центра Дальневосточного федерального университета Мочалова Александра Викторовича участвовала в выпуске опытной партии фибробетона в количестве 15 м^3 . Выявлено, что данная партия соответствует заявленным техническим характеристикам и может применяться для строительства несущих и ограждающих конструкций защитных сооружений.

Главный инженер ООО «Факир» Козлов П.Г.
Доцент Учебного военного центра Дальневосточного федерального университета, к.т.н. Федюк Р.С.

Начальник учебной части – заместитель начальника Учебного военного центра Дальневосточного федерального университета Мочалов А.В.

Ремонт взлетно-посадочной полосы



Строительство участка федеральной автодороги



Материальные затраты на производство 1 т композиционного вяжущего состава 2-2

Наименование статьи затрат	Норма расхода на 1 т вяжущего, единиц	Цена за единицу продукции, руб.	Стоимость на 1 т КВ, руб.
Цемент, т	0,555	4450	2336
АКД, т	0,31	-	-
Отсев дробления известняка, т	0,05	120	6
Кварцевый песок, т	0,055	1750	96
Суперпластификатор, т	0,013	120000	1560
ИТОГО			3998
Электроэнергия, кВт-ч	210	3,97	834
ИТОГО			4732

Материальные затраты на производство 1 м³ самоуплотняющегося фибробетона

Статья затрат	Ед. изм	Стоимость за единицу, руб.	Расход на 1 м ³ , кг	Цена, руб
Вяжущее	кг	4,732	1139	4934
Кварцевый песок	кг	1,750	1005	883
Стальная фибра	кг	62	33	2046
Вода	л	0,025	228	5
ИТОГО				8418

Снижение выбросов парниковых газов



ИТОГИ ВЫПОЛНЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработаны научно-технологические основы получения многокомпонентных полиминеральных вяжущих и композиционных материалов для специальных сооружений различного назначения, основанные на природоподобных технологиях, заключающиеся в использовании законов сродства структур, подобия и техногенного метасоматоза при создании строительных материалов для эксплуатации в экстремальных условиях.

Предложена научно-техническая концепция создания цементных материалов различной структуры, заключающаяся в использовании полиминерального композиционного вяжущего, полученного на основе активированного некондиционного техногенного сырья, рационально подобранных заполнителей, фибры и химических модификаторов, что обеспечивает получение композитов с заданными эксплуатационными характеристиками, необходимыми для строительства специальных сооружений различного назначения.

Благодарю за внимание !