



Исследование свойств пеноцеолита в качестве заполнителя в бетоне

Выполнил:

Кырелов Виталий Александрович, ученик 11 «б»
класса МБОУ «СПТЛ-И»

Руководитель: Фёдоров Артём Владимирович,
старший преподаватель кафедры
«Теплогазоснабжение и вентиляция» СВФУ ИТИ
Алексеева Римма Григорьевна, учитель физики
МБОУ «СПТЛ-И»

Якутск, 2022 г.

Актуальность

Низкие климатические температуры наиболее выражено проявляются в Республике Саха (Якутия) – в некоторых районах республики средняя месячная температура воздуха в январе достигает $-46\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,98 до $-61\text{ }^{\circ}\text{C}$. В связи с этим существует необходимость разработки строительных материалов способных эксплуатироваться в данных условиях и при этом отвечать всем требованиям ГОСТ.



Цель исследования



Изучить физико-механические характеристики гранулированного пеноцеолита и материала на его основе в контексте возможности применения его в качестве стенового, конструктивно-изоляционного или теплоизоляционного материала.



Задачи

1

Изучение физико-технических свойств гранулированного пеноцеолита

2

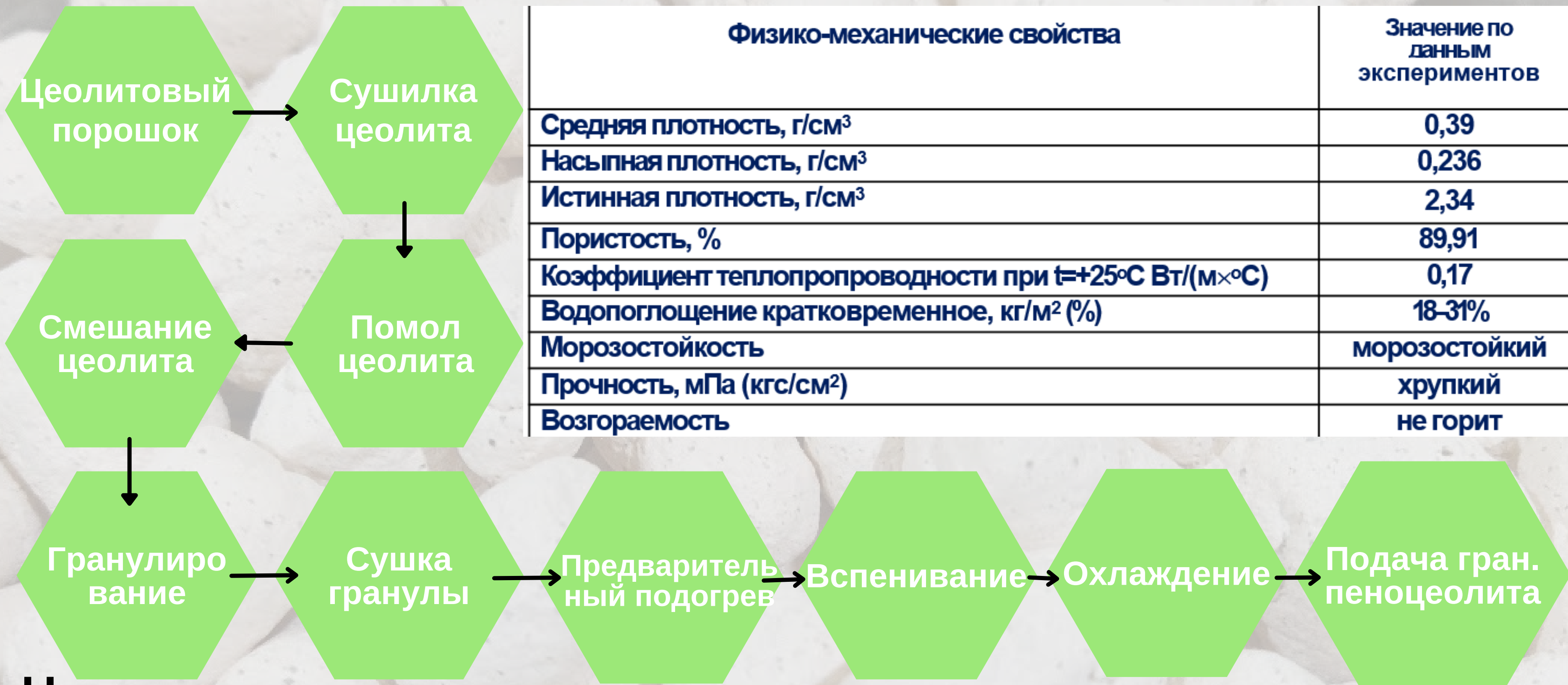
Подбор оптимального состава легкого бетона с гранулированным пеноцеолитом в качестве заполнителя

3

Изучение физико-механических свойств опытных образцов

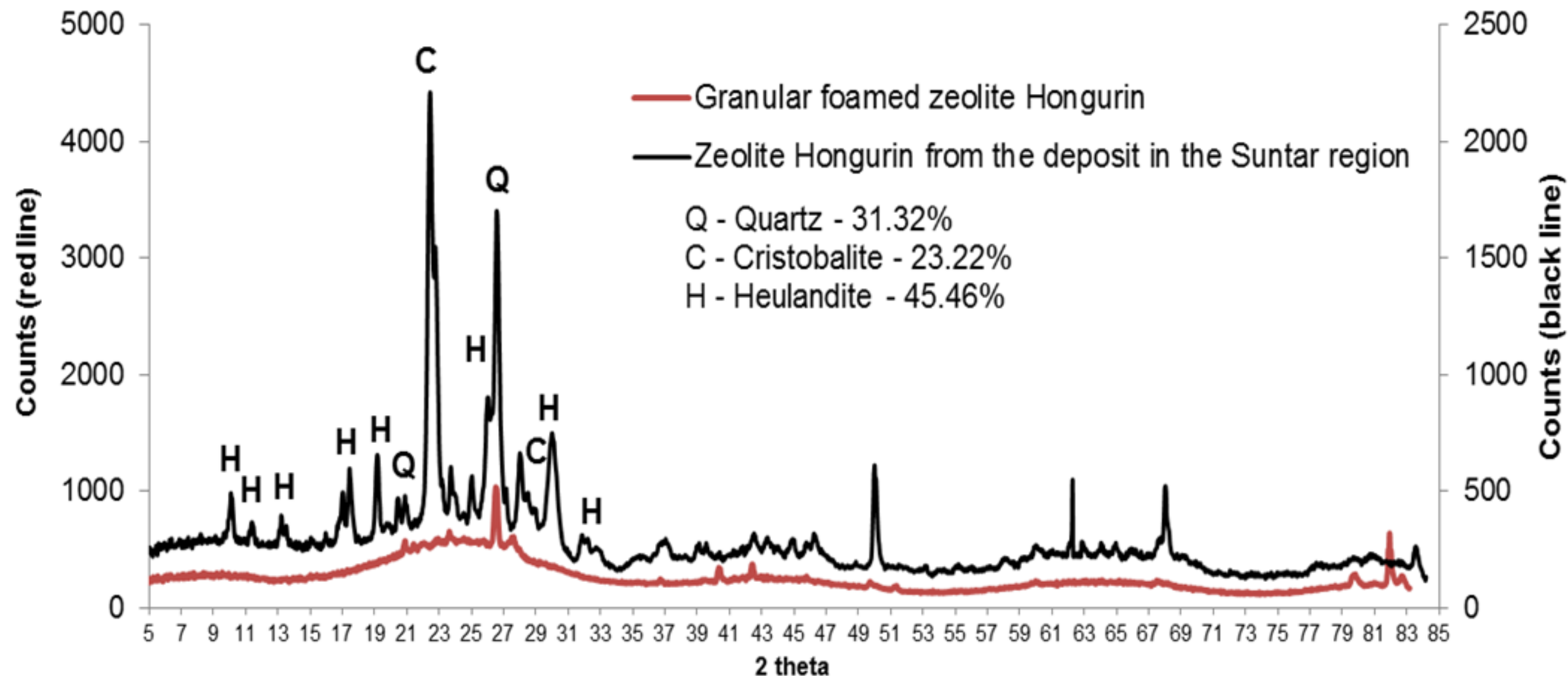
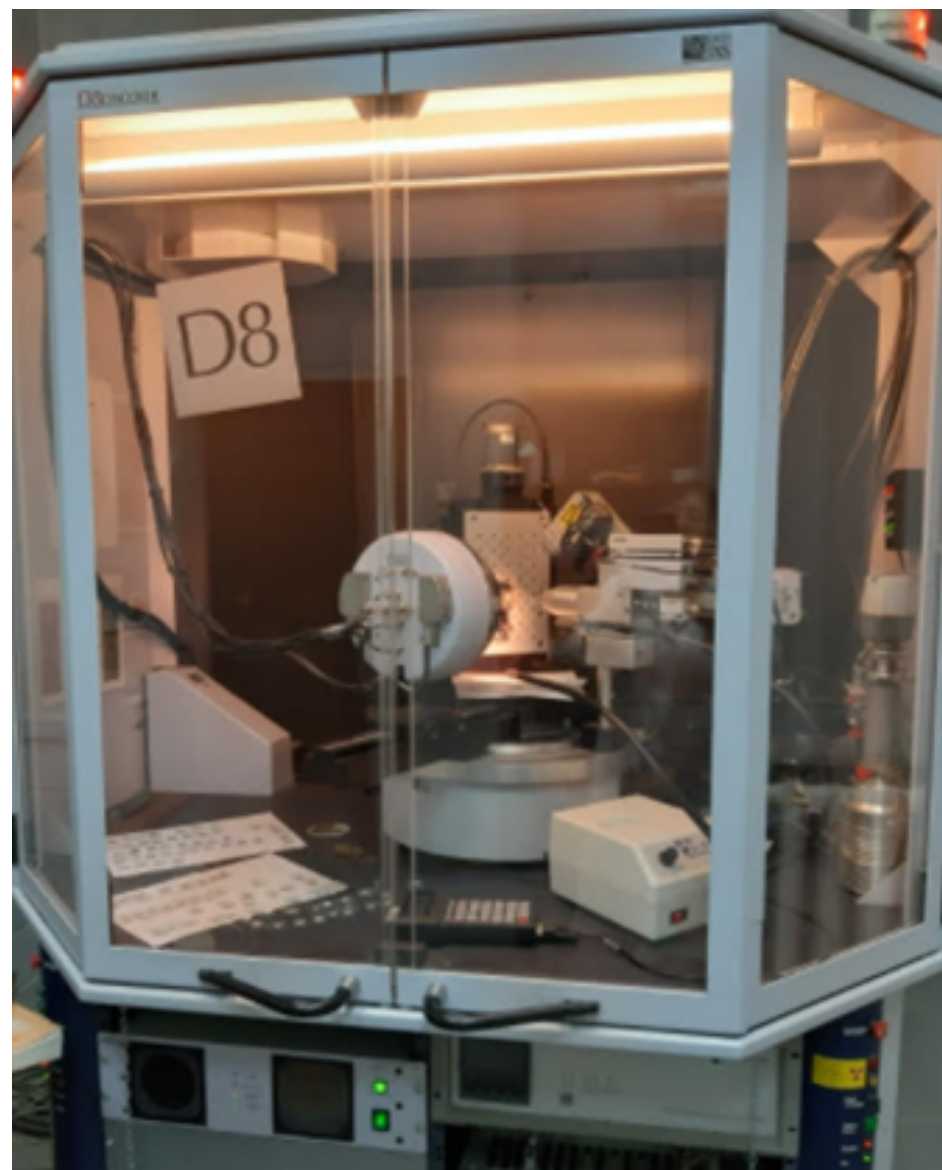
Пеноцеолит

Технология создания гранулированного пеноцеолита



Физико-механические свойства	Значение по данным экспериментов
Средняя плотность, г/см ³	0,39
Насыпная плотность, г/см ³	0,236
Истинная плотность, г/см ³	2,34
Пористость, %	89,91
Кoeffициент теплопроводности при t=+25°C Вт/(м×°C)	0,17
Водопоглощение кратковременное, кг/м ² (%)	18-31%
Морозостойкость	морозостойкий
Прочность, МПа (кгс/см ²)	хрупкий
Возгораемость	не горит

Результаты РФА анализа



Вывод: Исходя из рентгенофазового анализа показано отсутствия кристаллических областей в пеноцеолите, что позволяет прогнозировать возможное активное взаимодействие поверхности пеноцеолита с цементными вяжущими системами для создания прочного каркаса в легком бетоне

Подбор состава бетона с пеноцеолитом в качестве заполнителя



№	Данные	Вычисления
1	Вид крупного заполнителя мелкого заполнителя	Пеноцеолит гранулированный Песок речной (Мкр=1,29), очень мелкий
2	Марка цемента	М500
3	Расход цемента	300 кг
4	Начальный расход воды	(225 – 240) л
5	Объемная концентрация крупного заполнителя	$З = \rho - 1,15Ц$ $З = 600 - 1,15 \times 300 = 225$ кг
6	Доля песка	$V_n = 0,4V$
7	Определены насыпной плотности заполнителей	$\rho_{насзап} = 0,9 [г \times \rho_{нп} + (1-g) \times \rho_{нкp}] / 1 - V_{пуст}(1-g) = 979,9$ кг/м ³
8	Общий расход по объему смеси крупного и мелкого заполнителей	$V_{зап} = З / \rho_{насзап} = 255 / 979 = 0,26$
9	Расход песка на 1 куб. м.	$П = V_{зап} \Gamma_{рнц} = 0,45 \times 0,26 \times 1500 = 175,5$
10	Расход крупных заполнителей	$Щ = З - П = 255 - 175,5 = 79,9$ кг
11	Теоретическая плотность бетона	$\rho = З + Ц + В$

Вывод: Подобран состав легкого бетона с использованием гранулированного пеноцеолита в качестве заполнителя со средней плотностью М500 с классом бетона В5 (цемент:гранулированный пеноцеолит:Изм.Гран.пеноцеолит:вода=1:1:1,5:1), соответствующий показателям, Характерным для легких бетонов с пористыми заполнителями

Методики определения физико-механических характеристик экспериментальных образцов материалов

№	Исследуемый параметр	Методика	Сущность методика
1	Средняя плотность	[1]	Метод определения плотности по массе и объему образца
2	Пористость	Нестандартная методика	Степень пористости определяется соотношением объема $K = \frac{V}{V}$
3	Теплопроводность	Расчетный метод [1]	Расчетным методом теплопроводность (λ) определяется: $\lambda = \frac{[Q][d]}{[S][t]} = \frac{\text{Вт} \cdot \text{м}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}} = \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}$ где d- это плотность материала
4	Водопоглощение	[2]	Водопоглощение (W_n) определяется по формуле $W_n = \frac{m_c - m_b}{m_b} \cdot 100\%$ где m_c – масса высушенных образцов, m_b – масса волонасыщенных образцов
5	Морозостойкость	[3]	Морозостойкость определяется по снижению прочности и потери массы образцов при попеременном замораживании и оттаивании
6	Прочность	[1], адаптированная	Метод определения прочности на сжатие на экспериментальным образцам с использованием самодельного пресса
7	Огнестойкость	[1]	Методики определения содержат единые стандартизированные подходы; результаты показателей проверяют на воспроизводимость и заносят в сертификаты.

1. Шишканова В.Н. Определение свойств строительных материалов: практикум / В.Н.Шишканова. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2017. – 1 оптический диск.

2. Федоров В.И. Легкий бетон на основе гранулированного пеностекла для энергоэффективного строительства в условиях Арктики Технического института (филиала) СВФУ. Материалы конференции. – 2014. – С. 98–101.

3. Егорова А. Д., Рожин В. Н., Филиппова К. Е. Влияние добавки цеолита-хонгурина на свойства камня на основе минеральных вяжущих веществ //Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 9. – С. 62-63, (дата обращения: 15.11.2019).

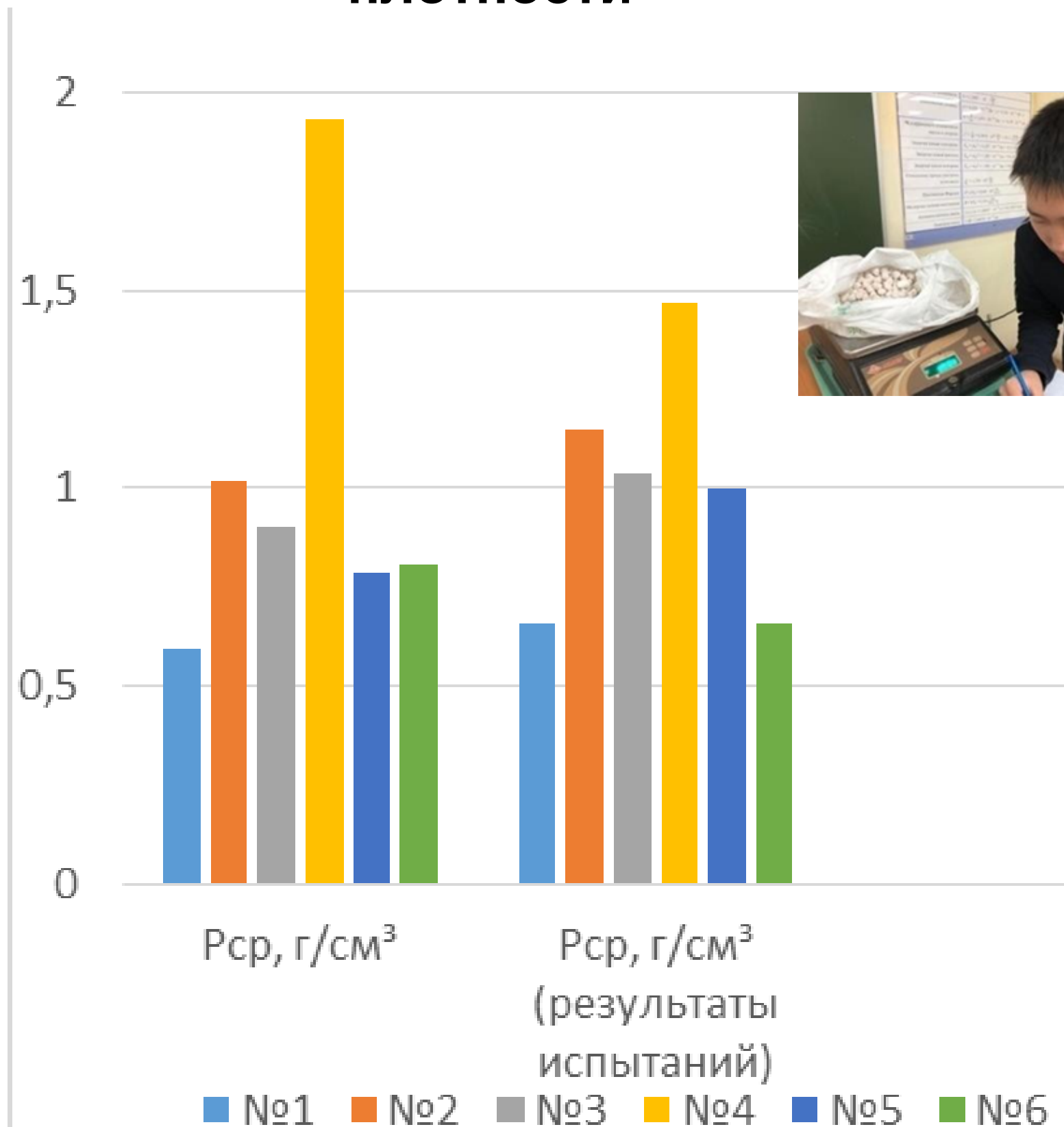
Изготовление опытных образцов



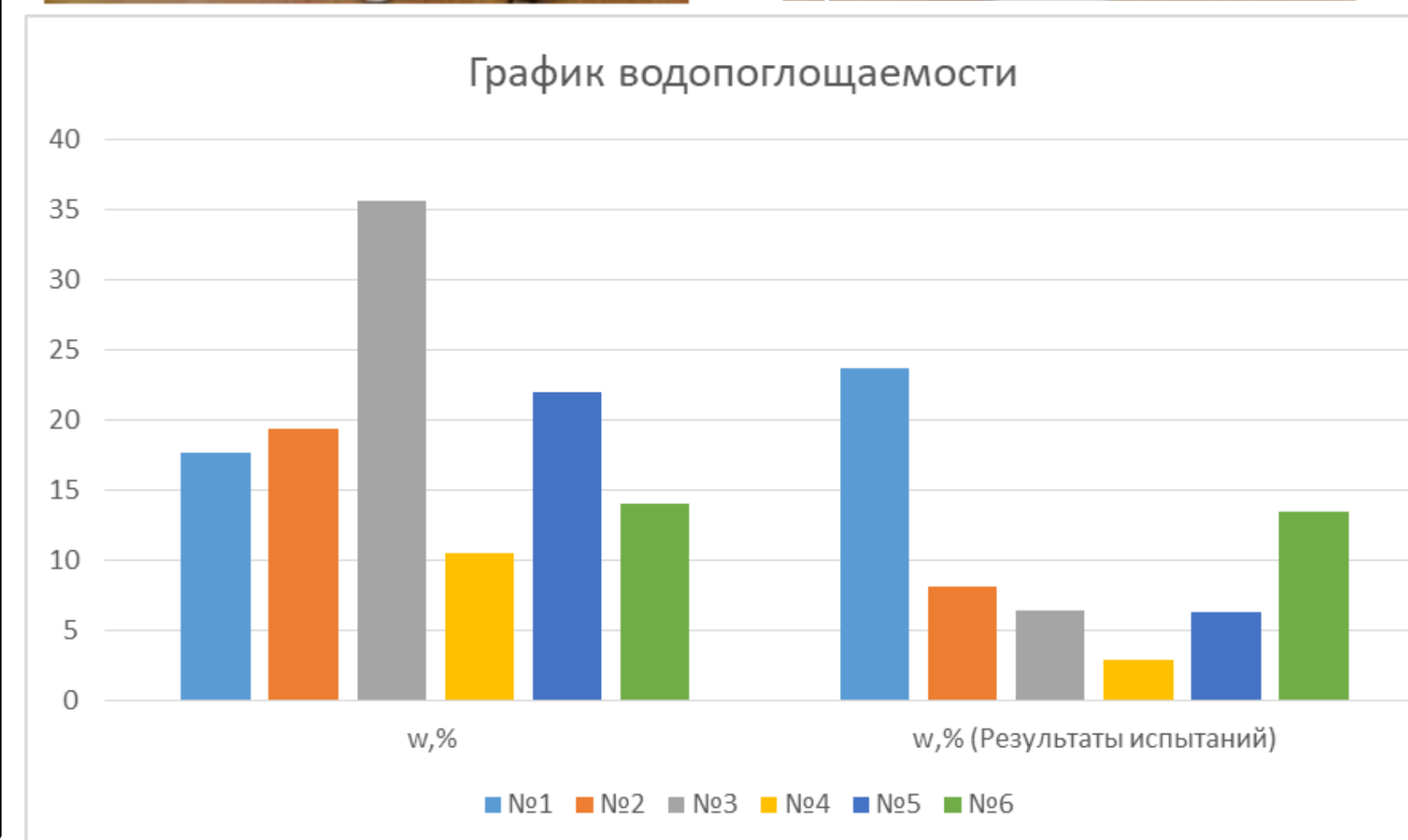
Образцы экспериментального материала	Состав раствора	Массовый состав (без воды), г
№1	Гранулированный пеноцеолит: цемент: измельченный гранулированный пеноцеолит: вода	1:1:1,5:1
№2	Гранулированный пеноцеолит: цемент: песок: вода	1:1:1,5:1
№3	Гранулированный пеноцеолит: цемент: измельченный гранулированный пеноцеолит: вода	1:3,77:2,2:2,7
№4	Гранулированный пеноцеолит: цемент: песок: вода	1:3,77:2,2:2,7
№5	Гранулированный пеноцеолит: цемент: вода	1,38:2,33:1
№6	Гранулированный пеноцеолит: цемент: измельченный гранулированный пеноцеолит: вода	1:1,275:1,015:1,035



Эксперимент 1. Определение средней плотности



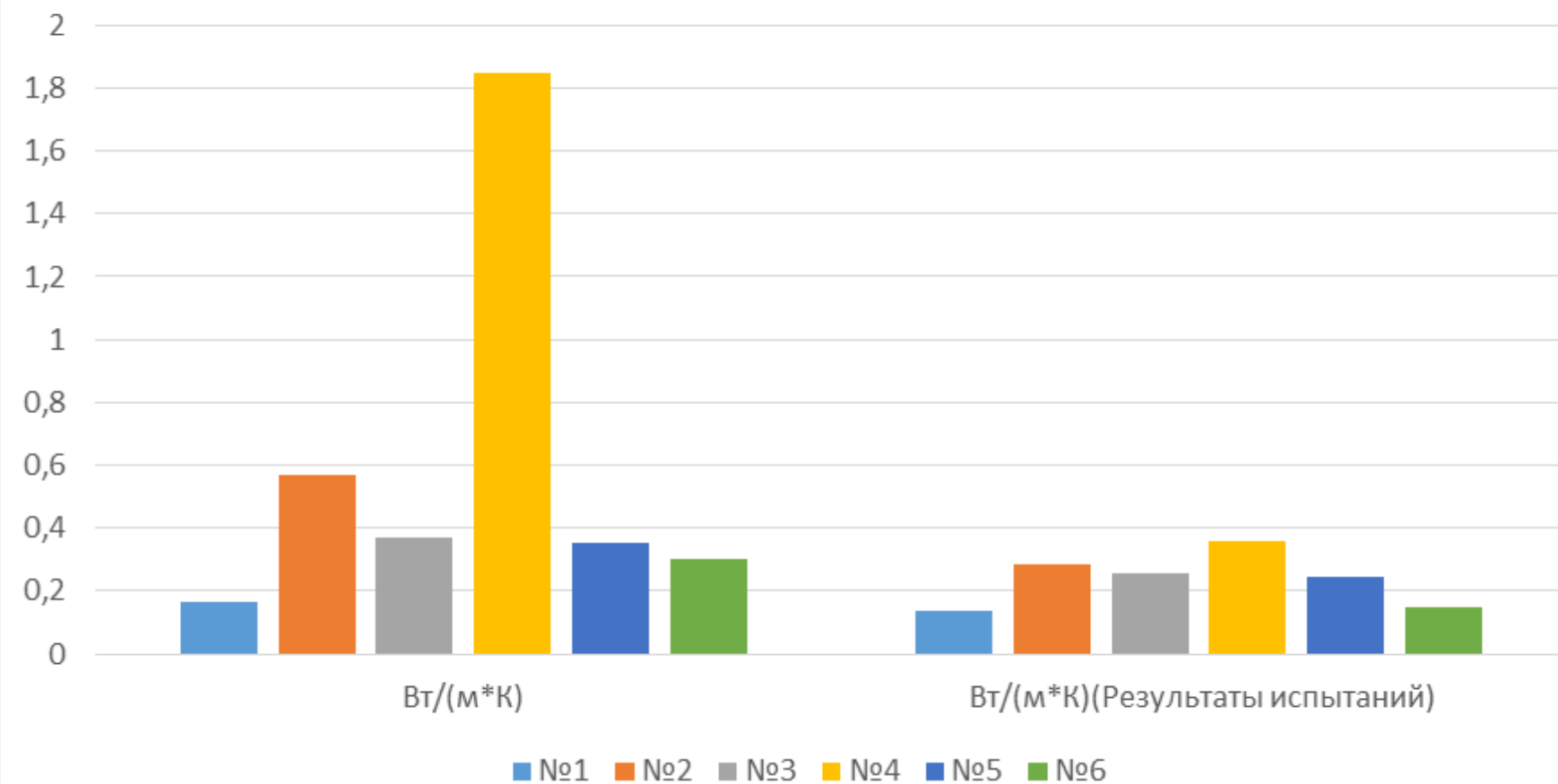
Эксперимент 2. Исследование водопоглощаемости



Эксперимент 3. Исследование теплопроводности



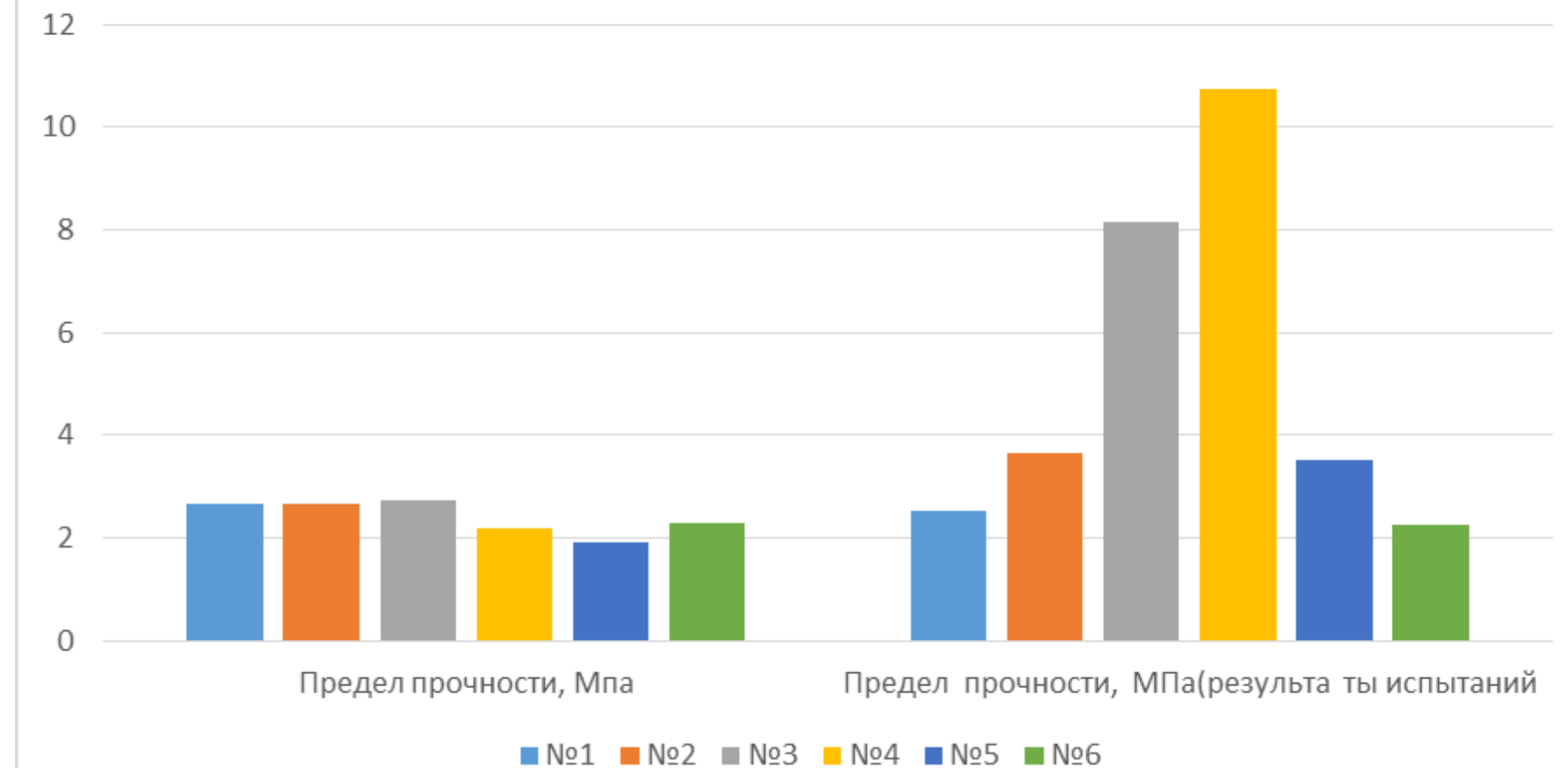
График теплопроводности



Эксперимент 4. Исследование Прочности



График прочности



Эксперимент 5. Исследование возгораемости



Эксперимент 6. Исследование морозостойкости



Сравнение с другими строительными материалами на рынке

№	Наименование показателя	Полистиролбетонный блок производства г.Якутск	Пенобетонный блок производства г.Якутск	Блок с пеноцеолитом
1	Класс прочности	B1,5	B1,5	B5
2	Средняя плотность, кг/м ³	500	500-600	591
3	Водопоглощение, %	4	20	17,6
4	Морозостойкость, циклы	F35	F35	F35
5	Предел огнестойкости (по ГОСТ 30247.0-94)	REI 30	REI 180	REI 180
6	Коэффициент теплопроводности, Вт/м*С	0,15	0,22	0,136
7	Стоимость	~6 000	~7 000	-



Протокол испытаний СВФУ "Производство строительных материалов, изделий и конструкций"

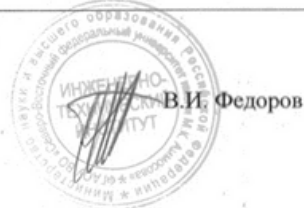
Начало Приложения 1 к протоколу испытаний № 02/20 от 25.02.2020 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ образцов легкого бетона МБОУ «СПЛИ» на коэффициент теплопроводности

Дата испытаний	Маркировка, дата изготовления	Геометрические размеры (см)			Марка по средней плотности	Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии, Вт/(м*К)
		a	b	h		
21.02.2020 г.	75/25 16.01.2020 г.	10,0	10,0	1,5	D1600	0,282
22.02.2020 г.	15/85 20.01.2020 г.	10,0	9,9	1,5	D1800	0,410
	1/1,5/1/1 нет данных	10,0	10,0	1,5	D1100	0,198

Примечание. Перед испытанием образцы высушены при температуре 105 °С до достижения постоянной массы.

Инженер-испытатель



ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»
Инженерно-технический институт
Кафедра «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»

Юр. адрес: 677000, г. Якутск, ул. Белинского, 58.
Факт. адрес: 677000, г. Якутск, ул. Кулаковского, 50
Тел.: (4112) 32-17-68, 8-964-418-62-69
E-mail: valeriyf.ykt@gmail.com

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий кафедрой
«ПСМИК» ИТИ СВФУ



ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 03/20 от 30 декабря 2020 г.

- Наименование продукции:** Бетон легкий по ГОСТ 25820-2014.
- Основание для проведения испытаний:** Заявка Иск. № 3571 от 24.12.2020 г.
- Наименование и адрес заказчика:** МБОУ «Сунтарский политехнический лицей-интернат», 678290, РС (Я), Сунтарский улус, с. Сунтар, пер. Б. Игнетьева, д. 7а.
- Производитель:** нет данных.
- Акт отбора образцов:** Акт отбора образцов б/н от 28.11.2020.
- Дата получения образцов:** 25.12.2020.
- Идентификация объекта испытания:** Заказчиком предоставлены бетонные образцы номинальными размерами 100x100x100 мм в количестве 12 шт. и номинальными размерами 100x100x10 мм в количестве 18 шт., наличие дефектов в виде трещин, околлов ребер, раковин и инородных включений не обнаружены. На образцах нанесена маркировка: дата изготовления в соответствии с актами отбора (п.5).
- Нормативный документ на метод испытаний:** ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»; ГОСТ 12730.3-78 «Бетоны. Метод определения водопоглощения»; ГОСТ 12730.4-78 «Бетоны. Методы определения показателей пористости»; ГОСТ 7076-87 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности».
- Определяемые показатели:** плотность, прочность на сжатие, водопоглощение, пористость, коэффициент теплопроводности.
- Приборы, оборудование, средства измерения:**
 - весы ВСН-30/1-3, з/н 790, свидетельство о поверке №31/9742-20, действительно до 02.12.2021 г.
 - линейка измерительная металлическая з/н №3, свидетельство о поверке №21/764-2020 действительно до 01.07.2021 г.
 - пресс ИП-1250М-авто, з/н №230, свидетельство о поверке №21/763-2020, действительно до 01.07.2021 г.
- Условия проведения испытаний:** температура помещения 20 °С, относительная влажность воздуха 54 %.
- Дата начала и окончания испытаний:**
 - Начало: 26.12.2020.
 - Окончание: 30.12.2020.
- Результаты испытаний приведены в приложении на стр. 2-5.**

Примечания:

- Протокол распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям.
- Протокол не может быть частично или полностью перепечатан или размножен без письменного разрешения испытательного центра

Вед. инженер-испытатель

В.Н. Рожин

1. Из анализа результатов проведенных испытаний образцов № 1 и № 6 следует, что использование (ИГП) вместо песка приводит к снижению плотности и теплопроводности, но уменьшает прочность и увеличивает водопоглощение. Увеличение содержания песка в образцах №2 и №4 приводит к увеличению плотности, прочности при сжатии.

Образец № 5 без связующего материала (без песка и ИГП) показал средние по всем показателям параметры. Образец №6 (изготовленный по составу близкому к промышленно производимому материалу) по плотности, теплопроводности.

2. Хотя проведенные эксперименты (оборудование и использованные методики на уровне школьного кабинета физики) не позволяют делать однозначных выводов, однако с учетом исследований, проведенных в промышленных условиях по ГОСТам, позволяют утверждать, что легкие бетоны на основе пеноцеолита хоргурин могут стать теплоизоляционными материалами с конкурентоспособными физико-механическими характеристиками и относительно низкой себестоимостью.

К его преимуществам необходимо отнести также высокий срок его службы (более 100 лет), экологичность, огнестойкость и минимальное впитывание воды делает его морозостойким, что хорошо подходит для северного климата.

3. Производство легких бетонов на основе пористого заполнителя местного минерального сырья позволит снизить вес возводимого здания, что очень важно при выполнении строительных работ в условиях высокой сейсмической опасности и вечной мерзлоты. Местоположение предприятия «Сунтарцеолит» и огромные запасы сырья определяют эффективность применения гранулированного пеноцеолита в малоэтажном строительстве в арктических и субарктических районах Якутии.



1. Казанцева Л.К. Пористые теплоизоляционные материалы на основе цеолитсодержащих пород // Резервы производства строительных материалов. Барнаул, 1999. С.149-153.
2. Определение морозостойкости Авторы патента: Бычков А.С.2012-2020 <https://findpatent.ru/patent/215/2154271.html> (дата обращения: 15.12.2019).
3. Тялина Л.Н., Федорова Н.В., Королев А.П. Материаловедение и технология конструкционных материалов: Учебное пособие. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. – 100 с.
4. Егорова А. Д., Рожин В. Н., Филиппова К. Е. Влияние добавки цеолита-хонгурина на свойства камня на основе минеральных вяжущих веществ //Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 9. – С. 62-63;URL: <http://top-technologies.ru/ru/article/view?id=30921> (дата обращения: 15.11.2019).
5. Местников А.Е., Федоров В.И., Софронов В.Д. Пеноцеолитобетон – легкий бетон с пористым заполнителем из гранул пеноцеолита // Естествознание и технические науки: глобальные вызовы, тренды, возможности: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 мая 2019 г. – г. Белгород: ООО Агенство перспективных научных исследований (АПНИ), 2019 г. – 125 с. – С. 86-89 .
6. Местников А.Е., Федоров В.И., Софронов В.Д. Пеноцеолитобетон – легкий бетон с пористым заполнителем из гранул пеноцеолита //Естествознание и технические науки: глобальные вызовы, тренды, возможности: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 мая 2019 г. – г.Белгород: ООО Агенство перспективных научных исследований (АПНИ), 2019 г. – 125 с. – С. 86-89 .
7. Определение водопоглощаемости материалов <https://arxipedia.ru/materialy-i-svoystva/opredelenie-vodopogloshheniya-stroitelnykh-materialov.html>(дата обращения: 15.12.2019).
8. Что понимают под огнестойкостью материалов <https://protivpozhar.com/zaschita/teorija-stojkosti/ognestojkost-strojmaterialov> (дата обращения 15.11.2019 г.)
9. Требования ГОСТ "Бетоны легкие" технические условия <https://docs.cntd.ru/document/1200115734>

Все, конец!

Спасибо за внимание!

