

УДК 691.335

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ СЕРОБЕТОНА НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ

*И.В. Лазовская<sup>1</sup>, В.В. Тур<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь

e-mail: i.lazouskaya@psu.by, vvtur@bstu.by

*В данной статье авторами проанализирована возможность изготовления новых для отрасли Республики Беларусь строительных материалов на основе серного вяжущего (серобетонов), исследованы прочностные свойства серобетонов, изготовленных с применением различных материалов, полученных из местных сырьевых источников, проанализировано влияние количественного процентного содержания серы как вяжущего в составе серобетона на прочность при одноосном кратковременном сжатии.*

**Ключевые слова:** серобетон, наполнитель вяжущее, отходы нефтепереработки, новые строительные материалы

## RESEARCH OF SULFUR CONCRETE COMPOSITIONS, BASED ON LOCAL RAW MATERIALS

*I. Lazouskaya<sup>1</sup>, V. Tur<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Polotsk State University, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Brest State Technical University, Republic of Belarus

e-mail: i.lazouskaya@psu.by, vvtur@bstu.by

*In this article, the authors analyzed the possibility of production of new construction materials for the construction industry of the Republic of Belarus based on sulfur binders (sulfur concrete), investigated the strength properties of sulfur concrete, based on various materials, obtained from local raw materials, analyzed the influence of the quantitative percentage of sulfur as a binder in sulfur concrete on the strength under uniaxial short-term compression.*

**Keywords:** sulfur concrete, binder filler, oil refining waste, new building materials

Общеизвестно, что вещества и элементы, редко встречающиеся в природе в значительных количествах, представляют интерес для производства товарной продукции. Это касается, в частности технической серы, которая используется при производстве резинотехнических изделий, косметики и лекарственных препаратов и пр. продуктов. Однако, анализ научно-технической информации показывает всплеск не только научного, но и коммерческого интереса к сере. Возникает вопрос, с чем это связано. Анализ нефтяного рынка показывает, что на данный момент нефть остается основным энергоресурсом в мире, при этом неуклонно растут требования к качеству производимых из нее углеводородов. Вместе с тем ужесточаются требования по содержанию в них остаточной серы. Отмечено, что на сегодняшний день существует несоответствие в объемах переработки нефти и, соответственно,

выделения из нее технической серы и объемах ее переработки и утилизации. Поиск прикладного и выгодного использования серы как побочного продукта нефтепереработки привел к появлению научных работ, а затем и реального производства новых строительных материалов – сероцемента, серобетона, сероасфальтобетона и др.

Первыми странами, изготовившими серобетон и изучившими его свойства, являются Канада и США. В России ведутся научные исследования по развитию производства строительных материалов на основе серы, создается нормативно-техническая документация, проводятся экспериментальные работы по применению сероасфальтобетона в реальных условиях. Поскольку в Республике Беларусь действует два нефтеперерабатывающих завода, а в Новополоцке завершается строительство установки углубленной переработки нефти по методу Клауса с выделением значительного объема серы, актуальной является задача по поиску, изучению и разработке составов серобетона с применением технической серы в качестве вяжущего, а также природных материалов и отходов иных производств региона.

Анализ результатов научных теоретических и практических изысканий показывает, что серосодержащие композиции обладают рядом положительных свойств, таких как высокая плотность, водонепроницаемость, гидрофобность, химическая стойкость, атмосферо- и морозостойкость. Отличительной особенностью материала на основе серы является быстрый набор проектной прочности, а также возможность повторного использования.

Вышеприведенные свойства показывают целесообразность использования серобетона и сероцемента, в частности, для изготовления берегоукрепляющих волнорезов, подземных хранилищ для агрессивных отходов, в т.ч. радиоактивных и пр., а также вяжущих в составе конструктивных серобетонов, инженерных сооружений: канализационных труб, коллекторных колец, очистных сооружений. В связи с этим, в настоящее время в мире проводится большой объем научных исследований, связанных с подбором рецептур и технологий изготовления бетонов на основе серного вяжущего.

Республика Беларусь располагает значительными природными запасами индустриального строительного сырья – доломита, мергеля, трепела и пр., кроме того возможность использования крупнотоннажных промышленных отходов - золы уноса ТЭЦ, отходов керамзитового производства и пр. Также в Беларуси имеются значительные запасы др. строительных материалов: песка, гравия, щебня. Использование отечественного сырья позволит создать новые качественные и долговечные строительные материалы с низкой себестоимостью, а также частично решит экологическую проблему региона, значительно снизив загрязнение окружающей среды.

Исследовательская работа включала анализ и подбор рецептуры композиции бетона, содержащая различные местные сырьевых минеральных компоненты, отходы производств и товарной сертифицированной серы, как побочного продукта нефтепереработки.

Задача данного исследования состоит в анализе влияния вида наполнителей на основе местного сырья и содержания серы в составе смеси на прочность серобетона при одноосном кратковременном сжатии.

В качестве составляющих для изготовления образцов из серобетонов различных составов использовались следующие материалы: сера техническая [3]; доломитовая му-

ка – [4] (образцы серии №1, 2); зола Белорусской ГРЭС (г.п. Ореховск Витебской области) (образцы серии №3-5); гранитный щебень [5]; карьерный песок [6]; йод кристаллический [7]. Для изготовления образцов серии №3-5 применялась зола уноса, полученная в результате отбора проб из отвалов, в разное время. Данные по химическому компонентному составу известны только для золы одной пробы (см. таблица 1).

Предварительно подготовленные компоненты смеси (фракционирование заполнителей, промывка, просушка заполнителя и инертного наполнителя до постоянной массы) перемешивали при температуре 145-155 °С, далее формовали и виброуплотняли. После остывания образцов произвели расформовку.

Испытания по определению прочности при одноосном кратковременном сжатии проводились на пяти партиях опытных образцов-кубов с ребром 100x100 мм, изготовленных из серобетонной смеси. Часть образцов испытана в соответствии с [8] в возрасте одних суток, другая – спустя 28 суток. Это проводилось для установления скорости набора прочности и потери прочности с течением времени (28 суток).

В таблицах 1 и 2 приведены данные по компонентному составу серобетонных смесей и их прочность, определенная по результатам испытаний.

Таблица 1. – Состав сырья серосодержащих бетонных смесей по основным компонентам %, масс.

№ серии образца	Наполнитель	CaO,%	Ca,%	SiO <sub>2</sub> ,%	Si,%	MgO,%	Mg,%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,%
								Fe,%	Al,%
1-2	Доломитовая мука	30,4-31,0	21,7	1,65	0,83	21,7	13	0,35	0,37
3-4	Зола уноса проба 1	20,1-22,1	13,8-15,5	20,2-43,26	3,58	3,58	2,15	15,2-19,7	8,56 5,7

Таблица 2. – Варианты составов серобетонных смесей и их прочность при сжатии

№ серии образцов	Сера, % масс	Щебень, % масс	Песок, % масс	Песок, % масс	Доломит, % масс	Зола уноса, % масс	Средняя прочность, МПа	
							Возраст, сут.	
							1	28
1	25	37	20	20	18	-	59,3	59,6
2	25	45	15	15	15	-	60,7	60,2
3	25	37	20	20	-	18	61,0	60,5
4	25	45	15	15	-	15	62,5	61,2
5	20	40	25	25	-	15	41,0	39,2

Из табл.1 видно, что в доломите преобладают оксиды кальция и марганца, их содержание значительно больше, чем в золе уноса, однако концентрация кремния оксида на порядок выше (43,26%) в золе уноса. Эти факторы существенно не сказались на колебаниях значений прочности образцов – они составили 59-62 МПа при одноосном кратковременном сжатии.

Анализируя результаты, можно предположить, что основными факторами, определяющими прочность образцов при сжатии, является сера и ее взаимодействие с мелкодисперсным наполнителем, а также прочностные свойства наполнителя. Кристаллизованная модифицированная сера в сочетании с наполнителем, крупным и мелким заполнителем создают организованную монолитную структуру, обеспечивая прочностные качества серобетона.

Необходимо отметить, что, поскольку в экспериментах использовалось две пробы золы-уноса, прочность при одноосном сжатии образцов №3-5 существенно различалась. Объяснить это можно непостоянством свойств золы, связанным с использованием различных видов топлива, его качеством (составом) и технологий сжигания. В частности, непосредственно на Белорусской ГРЭС г.п. Ореховск Витебской области сырьем попеременно и/или одновременно служат щепка (древесный отход) и торф., переменный температурный режим сжигания. При данных условиях невозможно обеспечить стабильность химического состава золы уноса и, как следствие, постоянство свойств серобетонных с данным наполнителем.

Другим вопросом, который рассматривался в рамках проведенных исследований, являлось определение количества серы как вяжущего для изготовления серобетона. Для этого были проведены предварительные испытания на прочность при одноосном кратковременном сжатии образцов, изготовленных с различным содержанием серы (от 10% до 30%). В качестве наполнителя использовалась доломитовая мука. Всего было испытано 4 серии опытных образцов-кубов с размером грани 100мм, по 2 образца-близнеца в каждой серии. Средняя плотность всех опытных образцов составила 2436кг/м<sup>3</sup>.

Составы для изготовления опытных образцов, а также результаты испытаний на прочность при сжатии показаны в таблице 3.

Таблица 3. – Варианты составов опытных образцов серобетонных смесей и их прочность при одноосном сжатии

№ серии образцов	Содержание серы, % масс	Содержание щебня, % масс	Содержание песка, % масс	Содержание доломитовой муки, % масс	Средняя прочность, МПа
1	10	45	25	20	49
2	15	45	25	15	62
3	25	45	15	15	60,7
4	30	35	15	20	42

**Выводы.** Исследованы прочностные свойства серобетонных, изготовленных с применением различных наполнителей, полученных из местных сырьевых источников (Зола

уноса ТЭЦ, доломитовая мука). При этом отмечено непостоянство химического состава золы уноса, связанного с изменчивостью используемого топлива и тепловых режимов его сжигания. Данное непостоянство свойств оказывает существенное влияние на прочность конечного серобетона. Помимо этого, в работе проанализировано влияние количественного процентного содержания в составе серобетона серы как вяжущего на прочность при сжатии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Невельский, А. Добыча нефти в мире впервые достигла 100 млн. баррелей в день. /г. Ведомости (Бизнес/ТЭК), 13.09.2018– Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/newspaper/last>. – Дата доступа: 10.11.2019.
2. Волгушев, А.Н. Применение серы в строительстве /А.Н. Волгушев// Аналитический портал химической промышленности Newchemistry.ru. – Режим доступа: [http://www.newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=4348](http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=4348). – Дата доступа: 30.08.2019.
3. ГОСТ 127.1-93. Сера техническая. Технические условия. Введ. 1997-01-01.
4. ГОСТ 14050-93. Мука известняковая (доломитовая). Технические условия. Введ. 1995-01-01
5. ГОСТ 8237-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия (с Изменениями N 1-4) Введ. 1995-01-01
6. ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы испытаний (с Изменениями N 1, 2, с Поправкой) Введ. 1989-07-01
7. ГОСТ 4159-79. Реактивы. Йод. Технические условия. Введ. 1980-07-01
8. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Введ. 2013-07-01.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:  
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ  
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2020

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72:624/628+69(082)

Редакционная коллегия:

Л. М. Парфенова (председатель),  
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,  
Н. В. Давыденко, Р. М. Платонова

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**  
[Электронный ресурс] : электронный сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. Л. М. Парфеновой. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-701-3.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.  
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь  
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

**№ госрегистрации 3671815379.**

**ISBN 978-985-531-701-3**

@Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:  
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ  
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Технический редактор *Т. А. Дарьянова.*

Компьютерная верстка *Т. А. Дарьяновой.*

Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой.*

---

Подписано к использованию 09.09.2020.

Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,  
г. Новополоцк,  
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44  
<http://www.psu.by>