

# ПРОДУКТЫ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЕРОБЕТОНА



**Ирина Лазовская,**  
соискатель Полоцкого  
государственного  
университета;  
[i.lazovskaya@psu.by](mailto:i.lazovskaya@psu.by)



**Раиса Андреева,**  
кандидат  
технических наук,  
доцент;  
[1946andreeva@mail.ru](mailto:1946andreeva@mail.ru)

**Аннотация.** С развитием промышленного комплекса Республики Беларусь увеличиваются объемы и повышается глубина переработки нефти на нефтеперерабатывающих заводах, в связи с чем растет количество производимых побочных продуктов, в том числе серы. Одним из возможных путей расширения рынков применения последней является использование ее в нетиповых отраслях, в частности – в строительстве, для получения строительных материалов на основе серного вяжущего. В статье анализируется мировой опыт производства серобетонов, а также приводятся результаты экспериментальных исследований свойств серобетонов, полученных авторами на основе местных сырьевых ресурсов.

**Ключевые слова:** серобетон, модификация серы, серное вяжущее, побочные продукты нефтепереработки.

**Для цитирования:** Лазовская И., Андреева Р. Продукты нефтепереработки для производства серобетона // Наука и инновации. 2022. №7. С. 80–83. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-7-80-83>

**П**риродные ископаемые топлива – нефть, газ, уголь, сланцы и пр. – сформировались миллионы лет назад в анаэробных (бескислородных) условиях в глубинах земной коры. Это обусловило присутствие в их составе серы, в основном в восстановленном состоянии (пиритной), в органической и неорганической форме. Она пред-

ставляет собой горючее и летучее вещество. Несмотря на то, что в составе земной коры доля данного элемента около 0,05–0,1% масс., концентрация ее в ископаемых топливах колеблется от 0,5% масс. до десятков процентов [1]. Кроме того, в состав целого ряда полиметаллсодержащих рудных минералов также входит сера, как правило, в восстановленном состоянии (в форме сульфидов). Поэтому все термические

и термохимические процессы с использованием получаемых из них топлив, выплавка металлов, переработка горючих ископаемых (нефти, газа и пр.) сопровождаются образованием кислых серосодержащих газов (оксидов или сульфидов серы, сероводорода). Поступление этих выбросов в окружающую среду чревато образованием «кислотных» дождей, смогов, закислением почвы и разрушением ее плодородного органического компонента.

Удаление из топлива серы (десульфуризация) перед использованием приводит к его существенному удорожанию. В силу этого в ряде случаев считается более экономически и экологически приемлемым вариантом применение газообразного горючего. Любой газообразный углеводород (природный, сланцевый, попутный, сжиженный газ и пр.) в исходном виде также содержит серу, чаще в форме сероводорода, но в относительно невысоких концентрациях. По этой причине удаление сероводорода из газообразной смеси менее трудоемко и затратно, чем из твердых, жидких и вязких субстратов.

Несмотря на это, уже около 200 лет нефть служит источником производства жидких углеводородов, используемых в качестве топлив для двигателей внутреннего сгорания. Международные стандарты требуют практически полного отсутствия в них серы, поэтому первичная переработка нефти включает не только ее фракционное разделение с выделением легкой части – основы моторных топлив, но и удаление серосодержащих соединений. В нефтепереработке при-

меняется прием сероочистки путем гидрирования – обработки углеводородов газообразным водородом, который на нефтеперерабатывающем заводе производят из воды путем конверсии ее с углеродсодержащим сырьем – метаном. Гидроочистка нефтепродуктов представляет собой энергоемкий и дорогостоящий процесс. Образующийся во время него сероводород служит сырьем для получения товарных продуктов (серной кислоты, технической серы). Их производство также осуществляется непосредственно на нефтеперерабатывающем предприятии.

Оценка специалистами топливно-энергетического профиля запасов невозобновляемого топлива, как органически твердого, так и жидкого и газообразного, показывает: при сохранении текущей тенденции потребления человечеству хватит нефти примерно на 45–80 лет, газа – на 60–120, угля – на 200–300 лет. Их добыча и переработка будут сопровождаться неизбежным накоплением выделяемой из топлива серы, так как сегодня только около половины ее используется в качестве сырья для получения полезной продукции: серной кислоты, удобрений, резинотехнических изделий, лекарств и пр. [2, 3].

Поскольку нефть превалирует как серосодержащее сырье, а ее очистку осуществляют гидрированием на заводе, производящем топлива для двигателей внутреннего сгорания, целесообразно найти такое техническое решение, которое позволило бы частично снизить издержки по очистке и производству моторных топлив и одновременно получать мас-

сово востребованный новый продукт, включающий серу.

Современные исследования сосредоточены на изучении новых возможностей применения данного вещества. Анализ научно-технической литературы по этому вопросу показал, что таким крупнотоннажным потребителем может быть строительная индустрия. Востребованность в данной сфере обусловлена необходимостью создания новых строительных материалов с заданными отличительными свойствами, которые как раз и способны обеспечить присутствие в них модифицированной серы. Этому способствуют ее особенности: не растворяется в воде, хорошо взаимодействует с углеводородами и неорганическими соединениями, используемыми в строительной отрасли. При термической обработке (в пределах 120–150 °С) сера переходит в расплавленную, пластифицированную форму, при остывании связывая в монолитную массу вводимые в расплав минеральные компоненты. Путем различных добавок можно модифицировать сероминеральные композиции и получать материалы с определенными, заданными характеристиками.

Физико-химические и механические свойства серы обеспечивают широкий спектр ее использования. В настоящее время в практике нашли применение новые материалы на основе серного вяжущего, такие как серобетон, сероасфальт, серобитумные мастики и др. Их актуальность и успех обусловлены наличием уникальных и специфических свойств, таких как морозостойкость, устойчивость в агрессивных средах, гидрофобность, низкая истираемость и пр.

Серобетон – относительно новый строительный материал, который, вероятно, сможет стать альтернативой традиционному бетону, получаемому на основе портландцемента в качестве вяжущего вещества, во многих областях строительной отрасли. Новые методы выработки бетона на основе серы уже внедрены и применяются в строительной практике в Соединенных Штатах Америки и Канаде [4]. К примеру, компания MARBET®WIL является ведущим в мире предприятием, обладающим технологией модификации серы. Канадская фирма STARcrete™ и ее предшественник Sulphurcrete® выступают как производители серобе-

тона, разработанного доктором Аланом Х. Врумом из Sulphur Innovations Ltd. и впервые представленного на рынке в Канаде еще в 1976 г. [5].

Особое внимание производственному внедрению данного вида бетона уделяется в Польше. Проводимые там исследования направлены на разработку оптимальных составов серобетонных смесей, основанных на данных зарубежных наработок. Активный интерес к производству этого материала проявляет и Россия: в частности, «Газпром» разработал проект по внедрению модифицированного серного вяжущего, в рамках которого планируется решение вопросов экологиче-

ской безопасности, связанных с нереализованными объемами серы, и созданию новых строительных материалов с высокой добавочной стоимостью.

В Республике Беларусь ввиду модернизации промышленного предприятия ОАО «Нафтан» в г. Новополоцке с вводом в эксплуатацию современных установок углубленной переработки нефти прогнозируется значительное увеличение объема производимой товарной серы. При этом ее реализация в полном объеме не представится возможной, в том числе по причине конкуренции со странами – мировыми поставщиками. Одним из возможных выгодных направлений применения этого промышленного продукта, с учетом наличия других местных сырьевых ресурсов, может стать создание на основе серы новых строительных материалов.

Поиск путей рационального использования этого природного элемента, в том числе в дальнейшем – в строительной отрасли, привел к разработке собственных составов серобетона; при этом были приняты во внимание и материалы, уже имеющиеся в регионе.

Известно, что затвердевший расплав чистой серы не обладает достаточной прочностью, поэтому целесообразна ее модификация, которую осуществляют двумя способами: физическим (механическим) и химическим.

Физический способ предполагает добавление в расплав серы мелкодисперсного наполнителя и перемешивание смеси до получения гомогенной структуры, что позволяет контролировать отсутствие образования зародышей кристаллов серы при остывании компози-



Рис. 1. Образцы – кубы из серобетона



Рис. 2. Вид образцов из серобетона после испытания при одноосном кратковременном сжатии

ции. Для такого рода модификации эффективны наполнители с развитой активной поверхностью, в роли которых могут выступать крупнотоннажные промышленные отходы предприятий Витебского региона – зола уноса ТЭЦ, керамзитовая пыль и др., а также природное сырье: доломит, трепел и т.п. [6].

Химический способ модификации подразумевает введение в серный расплав добавок, подразделяющихся на пластифицирующие, стабилизирующие, антипирены, антисептики и комплексные. Эти компоненты изменяют физические и химические свойства серы в нужном направлении: одни – в сторону упрочнения, другие – уменьшения химической активности и т.д. В качестве модификаторов могут быть использованы побочные продукты нефтехимии завода ОАО «Нафтан», имеющие в составе непредельные соединения углеводородов, способствующих заданному виду химических изменений исходного вещества.

Исследования и разработка составов конструкционных серобетонов с учетом региональных сырьевых ресурсов проводятся в Полоцком государственном университете (рис. 1). При изучении компонентов серного вяжущего были использованы техническая сера ГОСТ 127–93 [7], керамзитовая пыль (поставщик – ОАО «Завод керамзитового гравия», г. Новолукомль), опал-кристоболитовая порода – трепел с месторождения «Стальное» в Хотимском районе, доломитовая мука от ОАО «Доломит» (г. Витебск) и золошлаковая смесь с Белорусской ГРЭС (г.п. Ореховск). Для химической модификации применялись продукты нефтепе-

реработки, содержащие непредельные углеводороды, производства ОАО «Нафтан» [8].

В результате научных изысканий получены конструкционные серобетоны с заданными прочностными и деформационными свойствами, в том числе разработаны составы конструкционного серобетона с кубиковой прочностью на сжатие до 65 МПа. Опытным путем установлено, что «поведение» серобетонов под механической нагрузкой и форма их разрушения аналогичны традиционным высокопрочным бетонам (рис. 2) [6, 8].

Анализируя результаты, можно предположить, что основными факторами, определяющими прочность образцов

при сжатии, являются взаимодействие серы с мелкодисперсным наполнителем и модификатором, а также прочностные свойства наполнителя. Кристаллизованная модифицированная сера в сочетании как с крупным, так и с мелким заполнителем создает организованную монолитную структуру, обеспечивающую востребованные качества получаемого строительного материала.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод об актуальности разработки новых строительных материалов на основе серного вяжущего и перспективности их исследования с целью применения в строительной отрасли Республики Беларусь. ■

■ **Summary.** At present time, with the development of the industrial complex of the Republic of Belarus, the volume and depth of oil refining at refineries are increasing. In this regard, the amount of by-products produced, in particular sulfur, is increasing. One of the possible ways to expand markets for the use of sulfur is to use it in non-standard industries, in particular in construction, for the production of building materials based on sulfur binder. In this article, authors analyze the world experience in the production of sulfur concrete, as well as the results of experimental studies of the properties of sulfur concrete obtained by the authors on the basis of local raw materials.

■ **Keywords:** sulfur concrete, sulfur modification, sulfur binder, by-products of oil refining.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2022-7-80-83>

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник химика 21 / Химия и химическая технология // <https://chem21.info/info/701902/>.
2. Экологические проблемы энергетического обеспечения человечества // <http://nuclphys.sinp.msu.ru/ecology/ecol/ecol05.htm>.
3. Ископаемые топливно-энергетические ресурсы / Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины. // Motrol, 2012, 14- №3. С. 126–139.
4. Milica M., Vlahovic A., Sanja P., Martinovic A., Tamara Dj., Boljanac A., Predrag B., Jovanic B., Tatjana D. Volkov-Husovic. Durability of sulfur concrete in various aggressive environments. // <https://coek.info/pdf-durability-of-sulfur-concrete-in-various-aggressive-environments-.html>.
5. The concrete answer to corrosion problems // <http://www.starcrete.com/>.
6. Лазовская И.В. Исследование составов серобетона на основе местного сырья / И.В. Лазовская, В.В. Тур // Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации: электронный сборник статей II междунар. науч. конф., Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет; под ред. Л.М. Парфеновой. – Новополоцк, 2020. С. 279–283.
7. ГОСТ 127.1–93. Сера техническая. Технические условия. Введ. 1997–01–01.
8. Лазовская И.В. Оценка прочности серобетонов различных составов / И.В. Лазовская, Р.А. Андреева, В.В. Тур // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2019. №8. С. 34–37.

Статья поступила в редакцию 20.12.2021 г.