

DOI: 10.34031/2618-7183-2020-3-1-44-48

Латынцева Е.А. \*,  
Подойникова Я.Р.,  
Безрукова Т.А.,  
Муртазина А.А.,

Сибирский федеральный университет, Россия

\*Ответственный автор E-mail: [Latyntseva@rambler.ru](mailto:Latyntseva@rambler.ru)

## ВЛИЯНИЕ СЫРЬЯ НА СВОЙСТВА ПЕНОСТЕКЛА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

**Аннотация:** в данной статье рассматривается влияние компонентов сырья на свойства пеностекла и перспективы развития его применения. Целью данной работы является выявление перспективных направления применения пеностекла на основе изучения влияния сырьевых компонентов на его свойства. Задачей является подробное изучение влияния исходных материалов на свойства пеностекла и сфер применения изделий из пеностекла. Для решения поставленной задачи в качестве метода исследования используется теоретический анализ научно-технической литературы и статей. В результате проведенного исследования рассмотрены основные компоненты, используемые при производстве пеностекла, их влияние на свойства готового материала и сферы применения пеностекляной продукции. Авторами сделан вывод о перспективности применения пеностекла, снижающего влияние электромагнитного излучения, и пеностекла, изготовленного с использованием отходов промышленности.

**Ключевые слова:** пеностекло; энергетическая эффективность; свойства; теплоизоляция; звукоизоляция; поглощение электромагнитного излучения

### Введение

Важными факторами для большинства строительных объектов, а соответственно и материалов, на сегодняшний день являются не только их надежность и долговечность, но и соответствие требованиям энергетической эффективности и экологической безопасности. Пеностекло в большей мере удовлетворяет этим требованиям.

Согласно ГОСТ 31913-2011 и ГОСТ 33676-2015, пеностекло представляет собой жесткий материал с закрытой ячеистой структурой, полученный путем вспенивания стекла. Сущность получения пеностекла состоит в предварительной подготовке пенообразующей смеси и последующем ее вспенивании в печи.

Первые сведения о возможности получения пеностекла и его свойствах были опубликованы ещё в 1930-х годах академиком Московского химико-технологического института (МХТИ) имени Д. И. Менделеева И.И. Китайгородским. Эти сведения послужили основой для дальнейшего изучения этого материала и применения его в различных сферах.

### Методы и материалы

Исследования влияния сырьевых компонентов на технологию производства и свойства готового пеностекла проводились многими специалистами данной области. Методологической основой работы являются результаты исследований, отраженные в трудах различных авторов. Основными методами исследования являлись анализ и обобщение литературных данных.

В зависимости от назначения подразделяют теплоизоляционное, звукоизоляционное и звукопоглощающее пеностекло и пеностекло специального назначения (защита от электромагнитных волн, дорожное строительство, системы гидроизоляции, в качестве малых архитектурных форм и др.).

Выбор компонентов для приготовления пеностекла существенно влияет на свойства готовых изделий [1, 5].

Сырьем для производства пеностекляных материалов могут служить отходы стекольного производства и стеклогранулят определенного минералогического состава. Также в качестве сырьевого компонента могут быть использованы кремний содержащие горные породы (перлит, диатомит, трепел и др.), отходы щелочных легко спекающихся горных пород (трахит, сиенит, нефелин, и др.) и отходы производств (золы и шлаки ТЭС и др.).

Кроме того при получении пеностекла велика роль выбора вида и количества вводимого в шихту газообразователя. Он влияет на то, будет ли пористость преимущественно замкнутой или же поры будут сообщаться между собой. В зависимости от того, какие свойства необходимо придать пеностекляному материалу (теплоизоляционные или звукоизоляционные), могут быть применены следующие два вида газообразователей: углеродсодержащие и карбонатные.

К углеродсодержащим газообразователям относятся кокс, антрацит, графит, сажа. Данный вид газообразователя при термообработке способствует образованию в пеностекле равномерно распределенных замкнутых пор. Пеностекло, полученное с применением углеродсодержащих газообразователей, имеет достаточно высокое сопротивление теплопередаче (коэффициент теплопроводности  $\leq 0,065$  Вт/(м·°C) ) и применяется в качестве тепловой изоляции.

Газообразователи на основе карбонатных пород (известняк, доломит, мраморная крошка и т.п.) приводят при вспенивании к образованию сообщающихся пор за счет выделения углекислого газа. Такое открыто-пористое пеностекло имеет значительное водопоглощение и хорошие звукозащитные показатели, что делает возможным его применение в качестве звукопоглощающего и фильтрующего материала, а также в качестве сорбента.

### Результаты и обсуждения

Состав пеностекла, почти полностью совпадающий с химическим составом обычного стекла, а также его ячеистая структура придают материалу сочетание ряда свойств, которые выгодно его выделяют среди других материалов. К этим свойствам относятся: малая плотность, высокие тепло- и звукоизоляционные свойства, прочность, широкий диапазон температур эксплуатации (от -200 до +450 °C), пожарная безопасность, стойкость к большинству агрессивных сред (за исключением плавиковой кислоты и концентрированных растворов щелочей). Кроме того, являясь неорганическим материалом, пеностеклу характерна экологическая безопасность, биологическая и бактериологическая стойкость, непроницаемость для всех грызунов и насекомых. Сравнительная характеристика свойств теплоизоляционных материалов представлена в табл. 1 и на рис. 1-3.

Таблица 1

### Характеристики теплоизоляционных материалов

Table 1

#### Characteristics of Heat-Insulating Materials

Наименование параметра	Пенополиуретан (ППУ)	Пенополистирол (ПП)	Экструдированный пенополистирол (ЭПП)	Минеральная вата (МВ)	Газобетон (ГБ)	Пеностекло (ПС)
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C)	0,036	0,04	0,031	0,043	0,14	0,053
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,060	0,035	0,035	0,150	0,400	0,150
Прочность на сжатие, МПа	0,4	0,2	0,3	0,4	1,5	1,5
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	0,05	0,05	0,005	0,31	0,23	0,004
Верхний температурный предел эксплуатации, °C	130	75	75	400	750	450

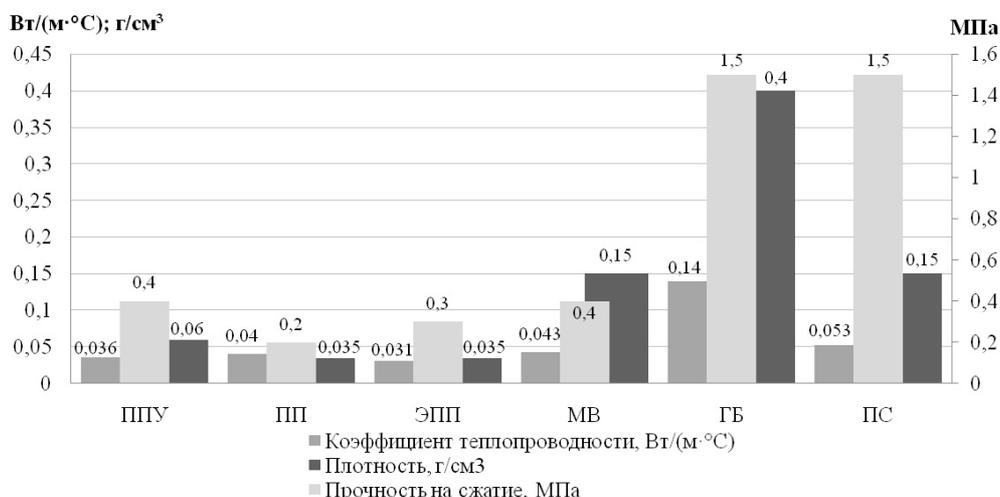


Рис. 1. Гистограмма сравнения основных эксплуатационных характеристик теплоизоляционных материалов  
Fig. 1. Histogram of Comparison of Main Operating

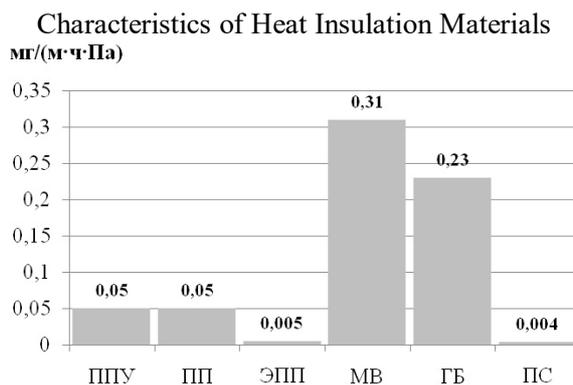


Рис. 2. Гистограмма сравнения паропроницаемости теплоизоляционных материалов  
Fig. 2. Histogram of Comparison of Steam Permeability of Heat Insulation Materials

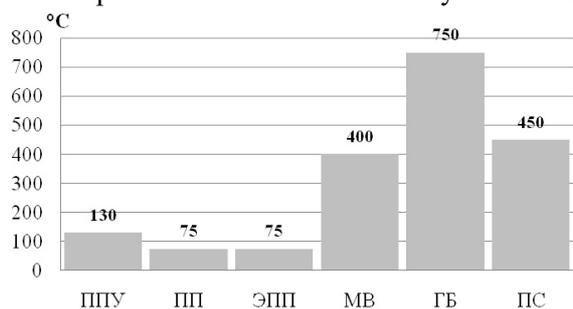


Рис. 3. Гистограмма сравнения верхнего температурного предела эксплуатации теплоизоляционных материалов  
Fig. 3. Histogram of Upper Temperature Comparison Limit of Thermal Insulation Materials Operation

Уникальная совокупность свойств пеностекла и вариативность придаваемых ему форм (гранулы, щебень, плиты, блоки, уклонообразующие и фасонные изделия сложной геометрической формы) позволяют применять пеностекло достаточно широко. Наиболее распространено его использование в качестве тепло- и звукоизоляции элементов строительных конструкций и инженерных систем. Микрогранулированное пеностекло применяют в качестве наполнителя в различных растворах, клеях, красках и мастиках, а также при изготовлении легких и прочных декоративных деталей, применяющихся при реставрации памятников архитектуры и при внутренней отделке помещений.

Для улучшения тепло- и звукоизоляционных характеристик пеностекла или придания ему особых свойств, а соответственно и для расширения сфер применения, могут применяться специальные добавки.

Согласно исследованию [4] введение в шихту малых добавок наночастиц диоксида циркония, способствующих равномерному распределению пор, приводит к уменьшению коэффициента пропускания звука более чем в 1,3-2 раза в диапазоне частот от 250 до 8000 Гц.

Влияния различных добавок на радиопоглощающую способность пеностекла изучалось в ряде исследований [2, 3, 6]. Согласно [2] введение титанового концентрата приводит к уменьшению коэффициента прохождения электромагнитных волн в 1,32 – 1,5 раза в диапазоне частот от 26 до 260 ГГц.

По данным [6] при использовании в качестве модифицирующей добавки арсенида галлия, являющегося отходом производства полупроводниковых приборов, в диапазоне частот 120-260 ГГц коэффициент отражения электромагнитного излучения близок к нулю, коэффициент поглощения равен 0,8-0,98 от. ед., коэффициент прохождения 0,2 – 0 от. ед.

В исследовании [3] в качестве модифицирующей добавки используются углеродные нанотрубки (УНТ). Пеностекло, приготовленное с добавлением в пенообразующую смесь УНТ в виде заранее изготовленного премикса, на частотах 120-260 ГГц имеет значения коэффициента прохождения электромагнитного излучения в два раза меньшие, чем для обыкновенного пеностекла.

На рис. 4 изображены коэффициенты прохождения (Т), отражения (R) и поглощения (А) электромагнитного излучения для пеностекла без добавок (а) и с модифицирующими добавками (б).

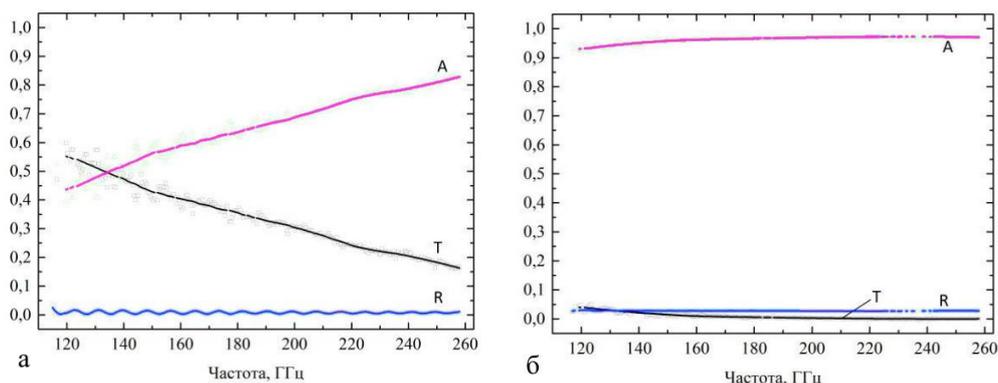


Рис. 4. Параметры электромагнитного отклика пеностекла: а) без добавок; б) с модифицирующими добавками. Коэффициенты, отн. ед.: Т – прохождение; R – отражения; А – поглощения  
Fig. 4. Parameters of Electromagnetic Response of Foam Glass: a) Without Additives; b) with Modifying Additives. Coefficients, relative units: T - Passage; R - Reflections; A - Uptake

#### Выводы

Растущий уровень электромагнитного загрязнения окружающей среды, пагубно влияющего на физиологическое и психологическое состояние живых организмов, обуславливает перспективность развития модифицированного пеностекла для создания защитных экранов, снижающих влияние электромагнитного излучения на различные объекты, безэховых камер и помещений с низким уровнем электромагнитного фона.

Производство и применение пеностекла из отходов стекольной промышленности и недефицитных отходов промышленных предприятий (золы и шлаки ТЭС, отходы глин, суглинков, производства полупроводниковых приборов и др.) также перспективно, так как позволяет решить вопрос их утилизации.

#### Литература

1. Демидович Б.К. Пеностекло: учеб. пособие. Минск: Наука и техника, 1975. 248 с.
2. Лаврова К.С. Радиопоглощающее пеностекло // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Л.П. Кулёва, 25-29 мая 2015 г. Томск, 2015. Т. 1. С. 52 – 54.
3. Миргазиева К.М. Пеностекольные материалы полифункционального назначения // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, посвященной 120-летию Томского политехнического университета, 17-20 мая 2016 г. Томск, 2016. С. 103 – 105.
4. Семухин Б.С., Вотинов А.В., Казмина О.В., Ковалев Г.И. Влияние малых добавок диоксида циркония на акустические свойства пеностекольных материалов // Вестник ТГАСУ. 2014. №6 (47). С. 123 – 131.
5. Сопегин Г.В., Рустамова Д.Ч., Федосеев С.М. Анализ существующих технологических решений производства пеностекла // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 12 (135). С. 1584 – 1609.
6. Стебенева В.И. Радиопоглощающие свойства пеностекла с добавлением арсенида галлия // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 24-27 апреля 2018 г. Томск, 2018. Т. 2: Химия. С. 309 – 311.

#### References

1. Demidovich B.K. Penosteklo: ucheb. posobie. Minsk: Nauka i tekhnika, 1975. 248 p. (rus.)
2. Lavrova K.S. Radiopogloshchayushchee penosteklo. Himiya i himicheskaya tekhnologiya v XXI veke: materialy XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov i molodyh uchenyh, posvyashchennoj 115-letiyu so dnya rozhdeniya professora L.P. Kulyova, 25-29 maya 2015 g. Tomsk, 2015. 1. P. 52 – 54. (rus.)
3. Mirgazieva K.M. Penostekol'nye materialy polifunkcional'nogo naznacheniya. Himiya i himicheskaya tekhnologiya v XXI veke: materialy XVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov i molodyh uchenyh imeni professora L.P. Kulyova, posvyashchennoj 120-letiyu Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 17-20 maya 2016 g. Tomsk, 2016. P. 103 – 105. (rus.)
4. Semuhin B.S., Votinov A.V., Kaz'mina O.V., Kovalev G.I. Vliyanie malyh dobavok dioksida cirkoniya na akusticheskie svojstva penostekol'nyh materialov. Vestnik TGASU. 2014. 6 (47). P. 123 – 131. (rus.)

5. Sopegin G.V., Rustamova D.CH., Fedoseev S.M. Analysis of existing technological solutions for the production of foam glass. Vestnik MGSU. 2019. 14. Вып. 12 (135). S. 1584 – 1609. (rus.)

6. Stebeneva V.I. Radiopogloshchayushchie svojstva penostekla s dobavleniem arsenida galliya Perspektivy razvitiya fundamental'nyh nauk: sbornik nauchnyh trudov XV Mezhdunarodnoj konferen-cii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh, 24-27 aprelya 2018 g. Tomsk, 2018. 2: Himiya. P. 309 – 311. (rus.)

*Latyntseva E.A.,  
Podoynikova Ya.R.,  
Bezrukova T.A.,  
Murtazina A.A.,*

*Siberian Federal University, Russia*

\*Corresponding author E-mail: [Latyntseva@rambler.ru](mailto:Latyntseva@rambler.ru)

## THE INFLUENCE OF RAW MATERIALS ON THE PROPERTIES OF FOAM GLASS AND THE DEVELOPMENT PROSPECTS

**Abstract:** this paper considers the influence of raw components on the properties of foam glass and the development prospects of its use. The aim of the work is to identify the development prospects of foam glass appliance based on the study of the influence of raw materials on its properties. The task is to study the effect of initial materials on the properties of foam glass and the application fields of foam glass products in detail. To solve the problem a theoretical analysis of the scientific and technical literature and articles is used as a research method. As a result of the study, the main components used in the production of foam glass, their influence on the properties of the ready-made material and the application fields of foam glass products are considered. The authors draw a conclusion that the use of foam glass, which can reduce the effect of electromagnetic radiation, and foam glass made using industrial wastes is prospective.

**Keywords:** foam glass; energy efficiency; properties; thermal insulation; acoustic insulation; absorption of electromagnetic radiation

**Для цитирования:** Латынцева Е.А., Подойникова Я.Р., Безрукова Т.А., Муртазина А.А. Влияние сырья на свойства пеностекла и перспективы развития // Строительные материалы и изделия. 2020. Том 3. №1. С. 44 – 48. DOI: 10.34031/2618-7183-2020-3-1-44-48

**For citation:** Latyntseva E.A., Podoynikova Ya.R., Bezrukova T.A., Murtazina A.A. The influence of raw materials on the properties of foam glass and the development prospects. Construction Materials and Products. 2020. 3 (1). P. 44 – 48. DOI: 10.34031/2618-7183-2020-3-1-44-48

*Поступила в редакцию 2 декабря 2019 г.*

*Принята в доработанном виде 28 декабря 2019 г.*

*Одобрена для публикации 8 февраля 2020 г.*

*Received: December 2, 2019.*

*Revised: December 28, 2019.*

*Accepted: February 8, 2020.*