PolotskSU

УДК 543.42

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПАРОГАЗОВОЙ ОБРАБОТКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА УГЛЕРОДНОГО НАНОМАТЕРИАЛА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАБОРА ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИОННОГО БЕТОНА

Е.Н. Полонина[1], С.Н. Леонович[1], С.А. Жданок[2]
[1]Белорусский национальный технический университет, Минск
[2]Передовые исследования и технологии, Минский р-н, д. Лесковка
e-mail: grushevskay_en@tut.by, snleonovich@yandex.ru, ceo@art-pte.com

В данной статье представлены результаты исследований ИК-спектров пропускания углеродных наноматериалов (УНМ), полученных газовым пиролизом и подвергнутых нагреву в присутствии паров воды. Целью исследования являлось определение влияния высокотемпературной парогазовой обработки на изменение фазового состава УНМ. Метод инфракрасной спектроскопии позволяет исследовать состав и строение различных веществ, а также дает возможность получать информацию о строении поверхности, характеризовать центры адсорбции и их взаимодействие с адсорбированным веществом. Полученные данные объясняют предположенный ранее механизм повышение набора прочности цементного камня.
Ключевые слова: *углеродный наноматериал, ИК-спектроскопия, спектрометр, активация, функциональная группа.*

DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF A HIGH-TEMPERATURE STEAM-GAS TREATMENT ON THE CHANGE OF THE PHASE COMPOSITION OF THE CARBON NANOMATERIAL USED TO INCREASE THE STRENGTH OF STRENGTH OF CONSTRUCTION CONCRETE

E. Polonina[1], S. Leonovich[1], S.A. Zhdanok[2]
[1]Belarusian National Technical University, Minsk
[2]Advanced Research and Technology, Minsk region, Leskovka village
e-mail: grushevskay_en@tut.by, snleonovich@yandex.ru, ceo@art-pte.com

This article presents the results of studies of the IR transmission spectra of carbon nano*materials (CNMs) obtained by gas pyrolysis and subjected to heating in the presence of water vapor. The aim of the study was to determine the effect of high-temperature vapor-gas treatment on the change in the phase composition of the CNM. The method of infrared spectroscopy allows one to study the composition and structure of various substances, and also makes it possible to obtain information about the surface structure, to characterize adsorption centers and their interaction with adsorbed matter. The data obtained explain the previously hypothesized mechanism of increasing the strength gain of cement stone.*
Keywords: *carbon nanomaterial, IR spectroscopy, spectrometer, activation, functional group.*

В работах [1-4] установлено положительное влияние пластифицирующей добавки, содержащей в своем составе углеродный наноматериал, на свойства бетонных смесей и тяжелого бетона. Показано [5-10], что ИК-спектроскопия является одной из наиболее

PolotskSU

эффективных и универсальных экспресс-методик выявления структурных особенностей УНМ. С помощью данного метода можно получать информацию о дефектах строения, типе примесных соединений и их относительном содержании в углеродном материале. Кроме того, используемый метод позволяет оценить степень совершенства кристаллической структуры углеродного материала и его однородности, а также определить природу и относительное содержание функциональных групп на его поверхности.

Спектры комбинационного рассеяния света регистрировали при комнатной температуре на ИК-Фурье спектрометре Tenzor-27 (Bruker, Германия) в интервале волновых чисел 400-4000 см$^{-1}$ с разрешением 4 см$^{-1}$, с количеством сканов -100. Образцы готовили прессованием тщательно гомогенизированной смеси со спектрально чистым бромистым калием в массовом соотношении 1: 2000. Образцом сравнения служил исходный УНМ, не подвергавшийся дополнительной обработке [11-13].

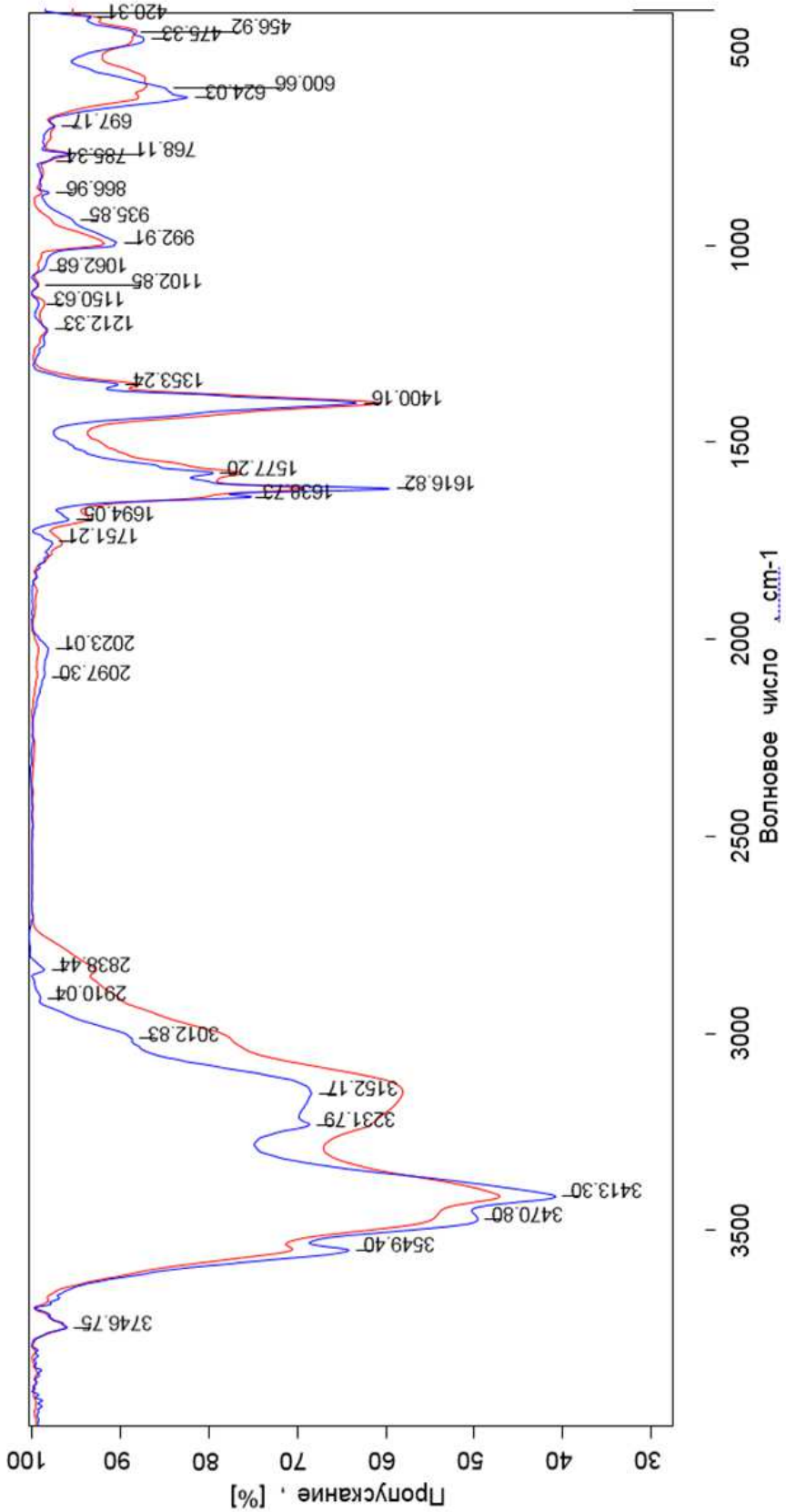
Как известно, графит и графитоподобные структуры, в том числе фуллерены и нанотрубки, представлены sp^2–гибридизированным углеродом. Для углерода (sp^2-гибиридизации) в ИК-области колебания неактивны, но проявляются только в спектрах комбинационного рассеяния. Примесные соединения в структуре углерода и хемосорбированная вода изменяет группу симметрии колебаний, делая их оптически активными в области ИК. В этом случае, в диапазоне типичных рамановских частот молекулярных форм sp^2–гибридизированного углерода, в спектре поглощения также наблюдаются соответствующие полосы - полоса G при 1600-1500 см$^{-1}$ и D – при 1450 -1250см$^{-1}$. Он принадлежат внутриплоскостным колебаниям атомов, упорядоченных и разупорядоченных графеновых слоев соответственно.

На рисунке 1 приведены ИК-спектры исходного и активированного образцов УНМ. На рисунке 2–4, для качественной идентификации, прописаны определенные участки ИК-спектров. В спектре исходного образца углеродных нанотрубок (не прошедших активацию) полоса G является сложной полосой с двумя минимумами при 1617 и 1578 см$^{-1}$ и едва заметным плечом при 1639 см$^{-1}$. Согласно литературным данным, расщепление этой полосы на две составляющие является признаком многостенных нанотрубок.

Слабо проявляющееся плечо при 1639 см$^{-1}$ обусловлено содержанием в структуре незначительного количества карбонильных групп. Карбонильные группы возникают, по-видимому, за счет адсорбции атмосферной влаги поверхностью углеродных нанотрубок. О наличии некоторого количества кислородсодержащих функциональных групп в исходном образце могут свидетельствовать также полосы поглощения при 1696 и 1754 см$^{-1}$. Отношение интегральных интенсивностей полос D и G в исходном образце равно ~ 1, что указывает на достаточно высокую степень разупорядоченности.

В спектре исходных углеродных нанотрубок в области валентных колебаний С-Н групп алкильной группировки (2950-2800 см$^{-1}$) наблюдаются полосы очень слабой интенсивности. Полоса асимметричных валентных колебаний при 2910 см$^{-1}$ практически перекрывается широкой полосой валентных колебаний О-Н. Такой характер спектра в описанной области, а также отсутствие в спектре полосы деформационных колебаний в области 1470-1450 см$^{-1}$ свидетельствуют о незначительном содержании в материале алкильных групп. Отсутствие деформационных колебаний в области 1470-1450 см$^{-1}$, возможно объясняется перекрытием полосой D. Следы алкильных групп в ИК-спектре исходных углеродных нанотрубок обусловлены остатками или промежуточными продуктами углеводородов, из которых синтезируют углеродный материал.

PolotskSU

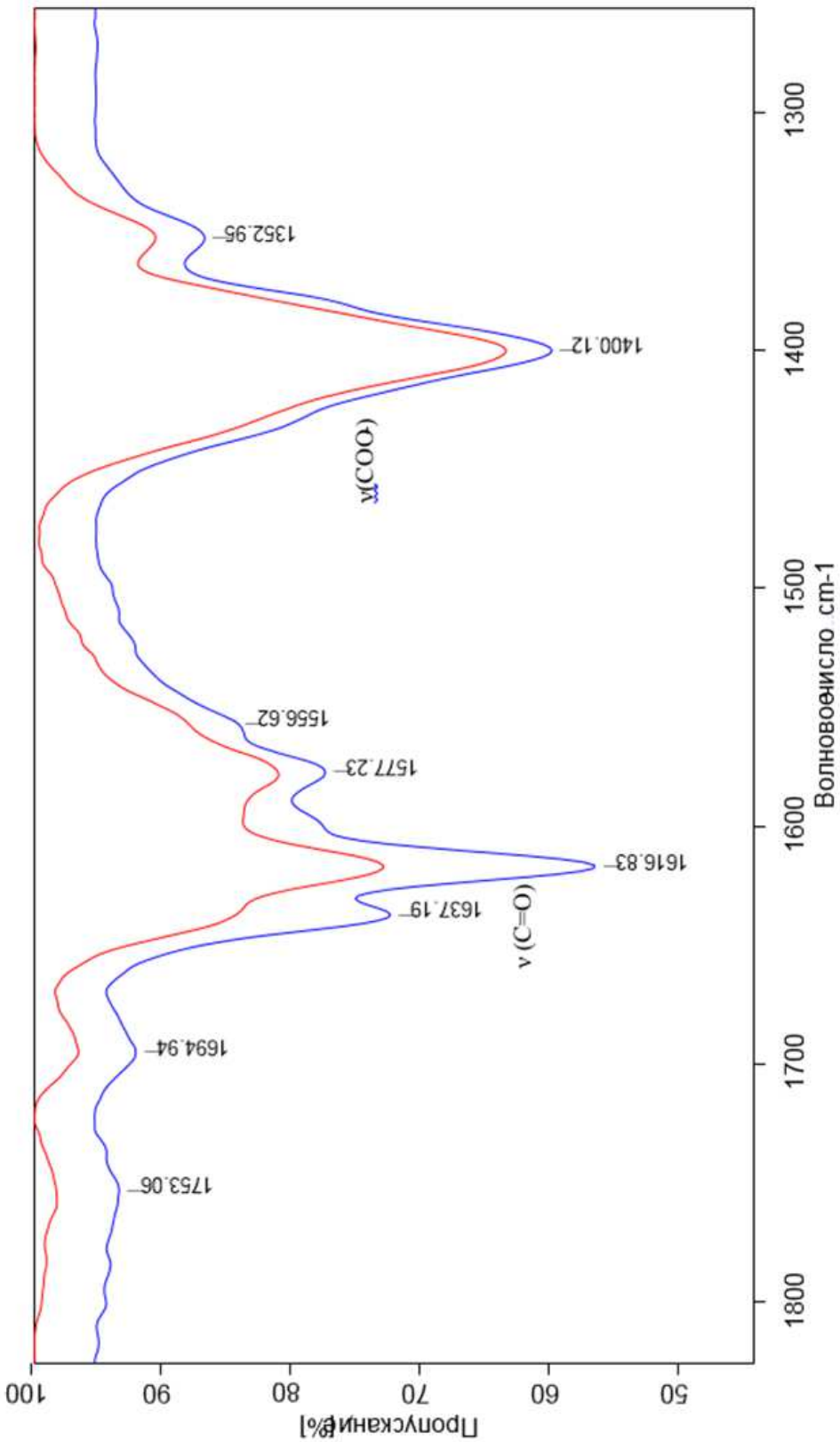


Активированный - синий
Исходный - красный

ИК-Фурье спектрометр Tenzor-27, образец запрессован в таблетку с KBr -0.4/800мг.

Рисунок 1. — ИК-спектры исходного и активированного образцов (весь диапазон)

PolotskSU

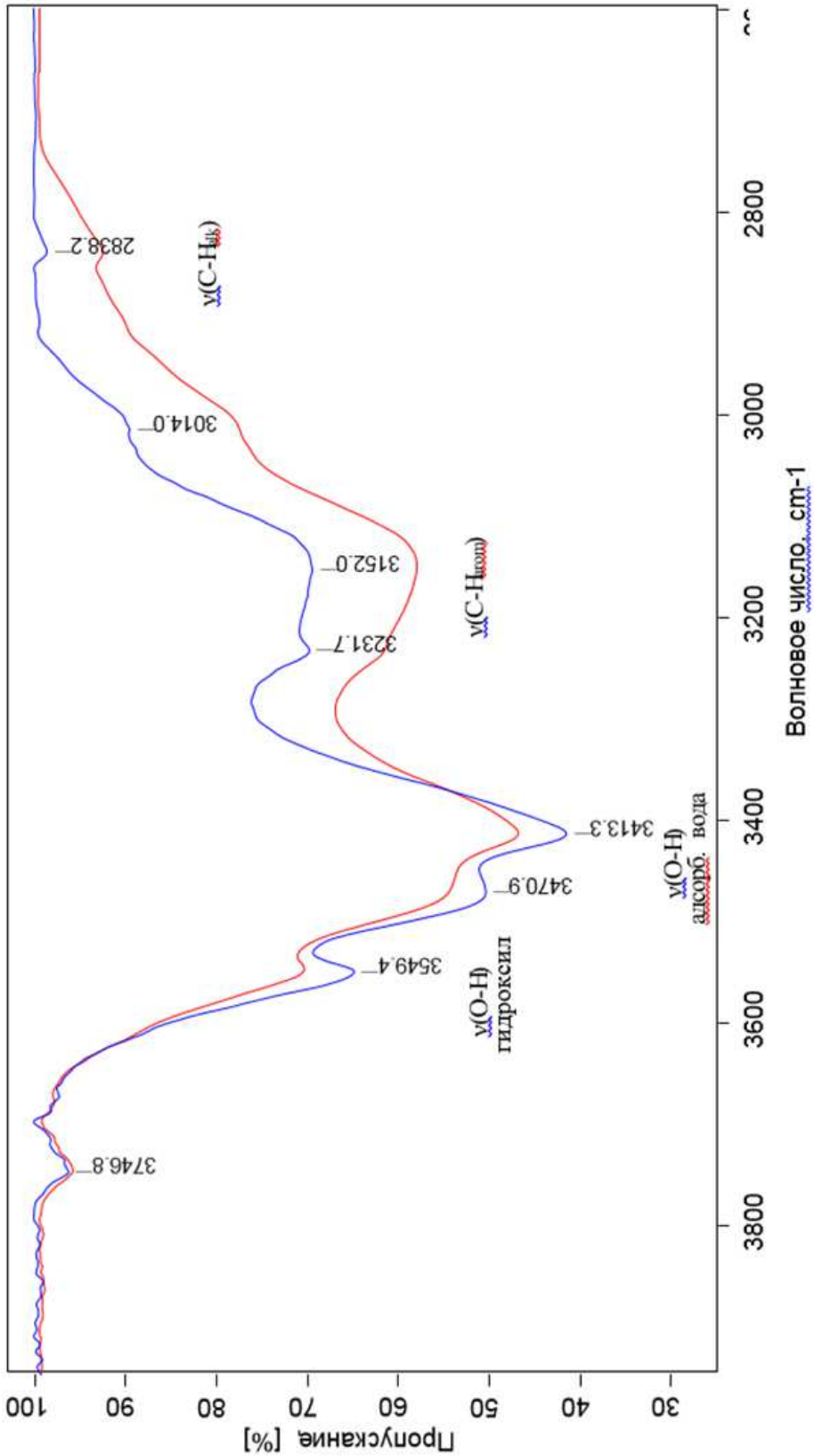


ИК-Фурье спектрометр Tenzor-27, образец запрессован в таблетку с KBr -0.4/800мг.

Исходный - красный
Активированный – синий

Рисунок 2. —ИК-спектры исходного и активированного образцов (диапазон, включающий область колебаний карбоксильной группы)

PolotskSU



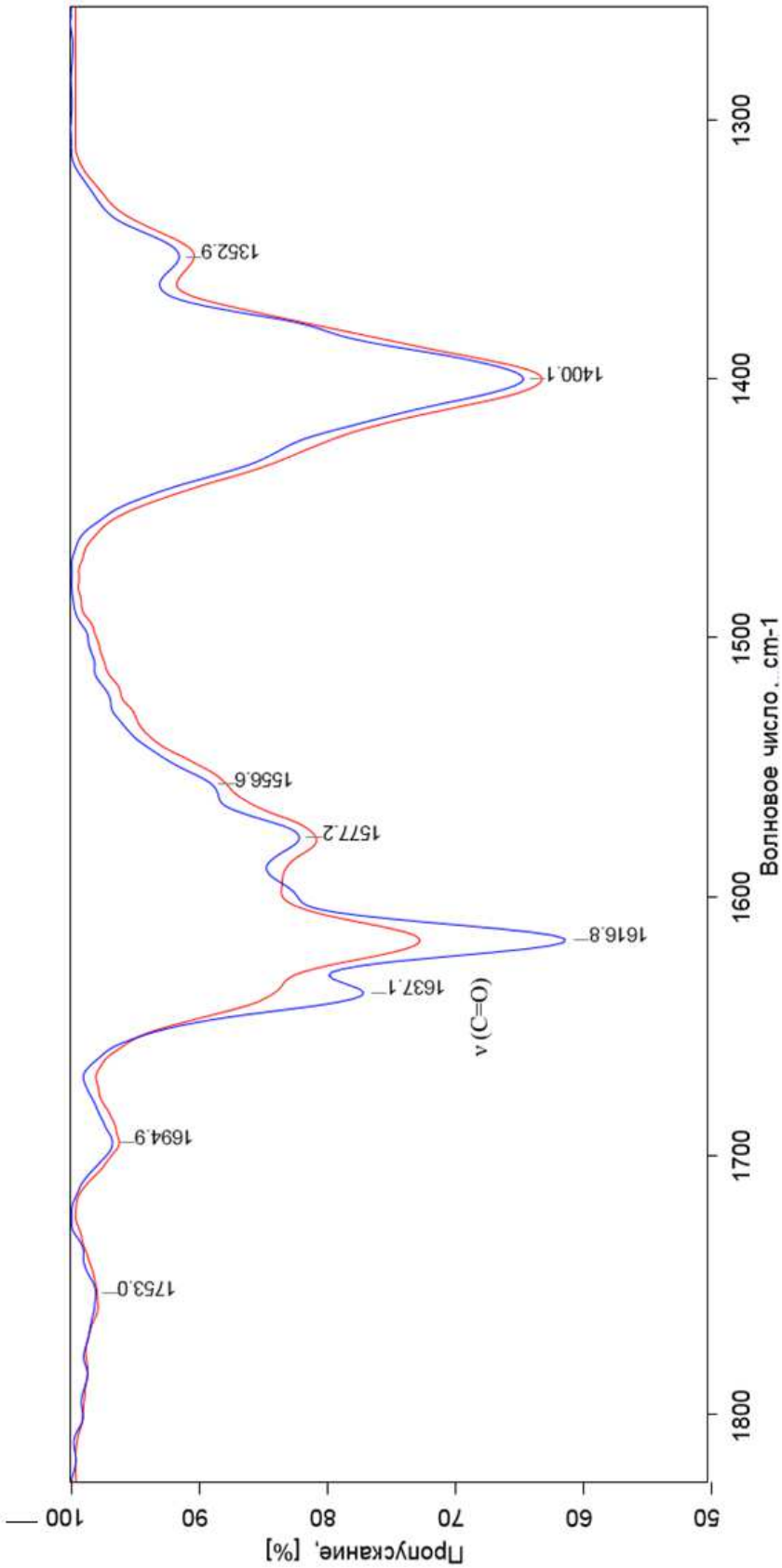
ИК-Фурье спектрометр Tenzor-27, образец запрессован в таблетку с KBr -0.4/800мг.

Исходный - красный

Активированный – синий

Рисунок 3. — ИК-спектры исходного и активированного образцов (диапазон, включающий область валентных колебаний гидроксила)

PolotskSU



ИК-Фурье спектрометр Tenzor-27, образец запрессован в таблетку с KBr -0.4/800мг.

Исходный - красный

Активированный – синий

Рисунок 4. — ИК-спектры исходного и активированного образцов (диапазон, включающий область колебаний карбонильной группы)

PolotskSU

В ИК-спектре активированного образца плечо при 1639 см$^{-1}$ выделяется в самостоятельную, достаточно интенсивную полосу. Это позволяет говорить об увеличении в процессе активации в структуре углеродных нано трубок количества карбонильных групп.

Все эти изменения в спектрах позволяют предполагать, что реакционно - способными центрами для функционализации углеродного материала могут являться места локализации групп, содержащих С-Н связь. Причем, на основании сравнительного анализа ИК-спектров исходного и активированного образцов можно предполагать, что свойства и области применения углеродных нанотрубок будут определять не только алкильные группы. Следует отметить, что содержание алкильных групп в активированном углеродном материале невелико.

Исходный углеродный материал плохо смачивается водой, так как алкильные группы и С-Н-группы, по-видимому, и определяют гидрофобный характер поверхности.

Влияние высокотемпературной активации на характер поверхности наноуглерода представлен в таблице 1.

Таблица 1. – Влияние высокотемпературной активации

Параметр	Температура нагрева наноуглерода, ^{0}С	
	20	900
Характер поверхности наноуглерода (Время впитывания капли воды в углеродный нано материал)	Более 30 мин	Менее 1 с

Соотношение интенсивностей полос D и G характеризует степень дефектности графеновых слоев. У активированного образца углеродных нанотрубок степень дефектности графеновых слоев составляет 0,86, в то время как у исходного – 1,04. Снижение степени дефектности графеновых слоев дает основание говорить о упорядочивании структуры углеродного материала в процессе активации.

Таким образом, анализ ИК-спектров исходного и активированного образцов углеродных нанотрубок обнаруживает появление в углеродном материале карбонильных и гидроксильных функциональных групп. Т. к. карбонильные и гидроксильные группы являются составляющими карбоксильной группы, одновременное присутствие в ИК-спектре и увеличение их интенсивности в процессе активации позволяет заключить об образовании карбоксильных групп в углеродных нанотрубках в результате их функционализации.

Заключение. На основании спектроскопических исследований показано, что реакционно способными центрами для функционализации углеродного материала могут быть места локализации С-Н-групп, связанных с ароматическими графеновыми кольцами. Кроме того, на основании ИК-спектра, можно сделать вывод, что в процессе активации также наблюдается значительное упорядочивание структуры углеродного материала, что приводит к повышению прочности конструкционного бетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жданок, С.А. Повышение прочности бетона пластифицирующей добавкой на основе наноструктурированного углерода/ С.А. Жданок, Е.Н. Полонина, С.Н. Леонович, Б.М. Хрусталев,

PolotskSU

Е.А. Коледа // Строительные материалы/ Научно-технический и производственный журнал. – 2018. – №6. – С. 67–72

2. Жданок, С.А. Влияние пластифицирующей добавки, содержащей углеродный наноматериал, на свойства самоуплотняющегося бетона/ С.А. Жданок, Е.Н. Полонина, С.Н. Леонович, Б.М. Хрусталев, Е.А. Коледа //Вестник гражданских инженеров Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. - Санкт-Петербург, – 2018. №6 (71) –С.76–85
3. Жданок, С.А. Физико - механические характеристики бетона, модифицированного пластифицирующей добавкой на основе наноструктурированного углерода/ С.А. Жданок, Е.Н. Полонина, С.Н. Леонович, Б.М. Хрусталев, Е.А. Коледа // Инженерно-физический журнал. – 2019. – Т. 92, №1 (январь-февраль) – С.14–20
4. Жданок, С.А. Влияние пластифицирующей добавки на основе наноструктурированного углерода в самоуплотняющейся бетонной смеси на ее технологические свойства/ С.А. Жданок, Е.Н. Полонина, С.Н. Леонович, Б.М. Хрусталев, Е.А. Коледа // Инженерно-физический журнал. – 2019. Том 92, №2 (март-апрель) – С.391–396
5. Смит, А. Прикладная ИК-спектроскопия. – М.: Мир, 1982. – 328 с.
6. Михайлова, Е. С. Установка для подготовки и проведения ИК-спектроскопических исследований углеродных наноматериалов / Е.С. Михайлова, З.Р. Исмагилов, В.В. Кузнецов, О.Ю. Подъячева, А.С. Чичкань, А.В. Сальников, В.В. Чесноков // Вестник КузГТУ. – 2017. – №4 (122). С.155–163.
7. Кесслер, И. Методы инфракрасной спектроскопии в химическом анализе. –М.: Мир, 1964. – 288 с.
8. Иогансен, А.В. Структурно-групповой анализ по инфракрасным спектрам // ХТТМ. 1962. –№5. – С.16–22.
9. Зинюк, Р.Ю. ИК-спектроскопия в неорганической технологии/ Р.Ю. Зинюк, А.Г. Балыков, И.Б. Гавриленко, А.М. Шевяков –Л.:Химия, Ленингр. отд., 1983. – 158 с.
10. Овчинников, М.М. Изучение аллотропных форм углерода методом ИК спектроскопии/ М.М. Овчинников, М.В. Лавриенко, Г.Н. Подгорный, П.М. Пахомов //Физико-химия полимеров: синтез, свойства и применение. – 2003. – № 9. – С. 44–49.
11. Жданок, С.А. Нанотехнологии в строительном материаловедении: реальность и перспективы/ С.А. Жданок, Б.М. Хрусталев, Э.И. Батяновский, С.Н. Леонович // Вестник БНТУ. – 2009. – № 3. – С. 5–22.
12. Жданок, С.А. Установка для получения углеродных наноматериалов/ С.А. Жданок, А.В. Крауклис, П.П. Самцов,В.М. Волжанкин // Патент 2839 РБ, МПК В82В 3/00 /; Опубл. 30.06.2006.
13. Жилинский, В.В. Способ получения углеродных наноразмерных материалов/ В.В. Жилинский, В.Б. Дроздович, С.А. Жданок, И.М. Жарский // Патент 15341 РБ, МПК7 С 01В 31/02, В 82В 3/00; Опубл. 22.08.2012.

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

Об издании – 1, 2

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

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

Об издании – 1, 2

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