

УДК 676.017

**И. Г. Громыко¹, А. Н. Кудряшова¹,
Х. А. Бабаханова², О. Д. Хакназарова², М. А. Бабаханова³**
¹Белорусский государственный технологический университет
²Ташкентский институт текстильной
и легкой промышленности (Республика Узбекистан)
³ГУП «Фан ва тараккият» (г. Ташкент, Республика Узбекистан)

ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОЙ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ БУМАГИ, СОДЕРЖАЩЕЙ КАРБОНАТ КАЛЬЦИЯ, НА КАЧЕСТВО ПЕЧАТНОЙ ПРОДУКЦИИ

В статье исследуется структура поверхности бумаги, содержащей карбонат кальция. Оценка неоднородной структуры рассматриваемых образцов выполнялась методами атомно-силовой микроскопии и профилометрии, которые позволяют проводить измерения с высокой точностью и широким диапазоном размеров. Для этой цели были получены профилограммы, определены значения среднего арифметического отклонения профиля, высоты неровностей по 10 точкам и наибольшей высоты профиля. Чтобы соблюсти перечисленные условия при осуществлении печатного процесса, необходимо использовать бумагу, шероховатость которой известна или определена заранее. Атомно-силовой микроскоп позволил получить прямое изображение микрогеометрии поверхности в масштабе 3D для трех кадров – 750, 1500 и 3500 нм. Расчетное значение показателя фрактальной размерности учитывает вклад стохастической структуры запечатываемой поверхности в процесс краскопереноса. В статье уделено внимание неоднородности распределения основных компонентов запечатываемого материала.

Рассматривая печатные свойства бумаги, важно учитывать и характеристики краски, поскольку итог печатного процесса зависит от результата их взаимодействия. Оценка полученных оттисков также включала построение градиционных кривых и расчет величины усиления тона, что позволяет проанализировать характер распределения градиций в пределах тонового диапазона и обеспечить правильный подбор режимных параметров печатного процесса.

Ключевые слова: шероховатость, микроструктура, фрактальная размерность, оптическая плотность, усиление тона.

Для цитирования: Громыко И. Г., Кудряшова А. Н., Бабаханова Х. А., Хакназарова О. Д., Бабаханова М. А. Влияние неоднородной структуры поверхности бумаги, содержащей карбонат кальция, на качество печатной продукции // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт-и медиатехнологии. 2024. № 2 (285). С. 13–20.
DOI: 10.52065/2520-6729-2024-285-2.

**I. G. Gromyko¹, A. N. Kudryashova¹,
Kh. A. Babakhanova², O. D. Khaknazarova², M. A. Babakhanova³**
¹Belarusian State Technological University
²Tashkent Institute of Textile and Light Industry (Republic of Uzbekistan)
³SUE “Fan va tarakiet” (Tashkent, Republic of Uzbekistan)

THE EFFECT OF THE HETEROGENEOUS STRUCTURE OF THE SURFACE OF PAPER CONTAINING CALCIUM CARBONATE ON THE QUALITY OF PRINTED PRODUCTS

The article examines the structure of the surface of a paper containing calcium carbonate. The heterogeneous structure of the samples under consideration was assessed using atomic force microscopy and profilometry, which allow measurements to be carried out with high accuracy and a wide range of sizes. For this purpose, profilograms were obtained, the values of the arithmetic mean deviation of the profile, the height of the irregularities at 10 points and the highest profile height were determined. To ensure high graphic accuracy during the printing process, it is necessary to use paper whose roughness is known or determined in advance. The atomic force microscope made it possible to obtain a direct image of the micro-geometry of the surface in 3D scale for three frames – 750, 1500 and 3500 nm. The calculated value of the fractal dimension index takes into account the contribution of the stochastic structure of the sealed surface to the process of paint transfer. Attention is paid to the heterogeneity of the distribution of the main components of the sealed material. Considering the printing properties of paper, it is important to take into account the characteristics of the ink, since the result of the printing process depends on the result of their interaction. The evaluation of the obtained prints also included the construction of gradation curves and the calculation of the magnitude of the tone gain, which allows us to analyze the nature of the distribution of gradations within the tone range and ensure the correct selection of the operating parameters of the printing process.

Keywords: roughness, microstructure, fractal dimension, optical density, tone enhancement.

For citation: Gromyko I. G., Kudryashova A. N., Babakhanova Kh. A., Khaknazarova O. D., Babakhanova M. A. The effect of the heterogeneous structure of the surface of paper containing calcium carbonate on the quality of printed products. *Proceedings of BSTU, issue 4, Print- and Mediatechnologies*, 2024, no. 2 (285), pp. 13–20 (In Russian).

DOI: 10.52065/2520-6729-2024-285-2.

Введение. Бумага из карбоната кальция – это разновидность синтетической бумаги, в которой известняк измельчается в порошок с последующим смешиванием с полиэтиленом низкого давления. Используется как альтернатива бумаге для изготовления листовок, плакатов, книг, журналов, пакетов, упаковки, обоев, этикеток и другой продукции. Это прочный, водонепроницаемый, устойчивый к разрывам материал, пригодный для переработки и утилизации. Она не изменяет своей формы в воде, более долговечна, чем целлюлозная бумага и содержит меньше красителя.

Применение данной бумаги имеет ряд преимуществ. В производственном процессе не используются древесина и целлюлоза, а также вода. Цвет исходного материала естественно-белый, поэтому производство не требует химического отбеливания и применения кислот, а это приводит к отсутствию токсичных отходов. Данная бумага может быть вторично переработана, она экологична и водонепроницаема на 100%. Устойчива к разрывам, растяжениям и атмосферным воздействиям, обладает мягкой и шелковистой поверхностью. В связи с этим актуальной задачей данного исследования является изучение структуры запечатываемой поверхности и ее влияние на качество печатной продукции.

Основная часть. Свойства бумаги для печати – это те свойства, которые влияют на качество печати. Они отражают потенциальную возможность достижения определенного качества оттисков [1].

При изучении структуры бумаги большое внимание уделяется неоднородности распределения основных компонентов. Рассматривая печатные свойства бумаги, важно учитывать и характеристики краски, поскольку итог печатного процесса зависит от результата их взаимодействия. Для получения заданного значения оптической плотности оттиска необходимо обеспечивать перенос определенного количества краски. При этом в реальном печатном процессе проникновение краски в бумагу, а также колебания ее толщины приводят к снижению оптической плотности оттисков [2].

В представленной работе исследованы структурные свойства образцов бумаги, состав которых включает 80% карбоната кальция и 20% – HDPE. Один образец имеет массу 100 г/м², а два образца – 90 г/м². Исследуемые образцы получены по разработанному технологическому регламенту в условиях узбекско-китайского предприятия “Fergana stone paper company”. Струк-

турные свойства исследуемых образцов бумаги из карбоната кальция представлены в табл. 1.

Таблица 1

Структурные свойства бумаги из карбоната кальция

Образец бумаж.	Свойства бумаги	Значения
Образец 1	Масса м ² , г/м ²	100 ± 1,5
	Толщина, мкм	88 ± 4
	Плотность, г/см ³	1,14 ± 0,04
	Удельный объем, см ³ /г	0,88 ± 0,04
	Облачность	Отсутствует
	Зольность, %	43,13
Образец 2	Масса м ² , г/м ²	92 ± 1,5
	Толщина, мкм	125 ± 10
	Плотность, г/см ³	0,74 ± 0,02
	Удельный объем, см ³ /г	1,35 ± 0,03
	Облачность	Отсутствует
	Зольность, %	44,54
Образец 3	Масса м ² , г/м ²	90 ± 1,5
	Толщина, мкм	123 ± 7
	Плотность, г/см ³	0,73 ± 0,02
	Удельный объем, см ³ /г	1,37 ± 0,03
	Облачность	Отсутствует
	Зольность, %	44,56

Для получения объективной оценки поверхности бумаги из карбоната кальция в нанометровом диапазоне использован метод атомно-силовой микроскопии (АСМ). Применение сканирующего зондового микроскопа Solver HV (ЗАО NT-MDT, Зеленоград, Россия) позволило получить параметры шероховатости *Ra*, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Параметры шероховатости образцов бумаги, полученные методом атомно-силовой микроскопии

Образец бумаги	Размер шероховатости <i>Ra</i> образцов для кадров, нм		
	750 нм	1500 нм	3500 нм
Образец 1 (лицевая сторона)	15,75	35,95	61,19
Образец 2 (лицевая сторона)	19,34	40,23	67,11
Образец 3 (лицевая сторона)	25,12	44,05	73,22

Высокоточное отображение профиля перепадов высот рельефа поверхности бумаги приведено на рис. 1–3.

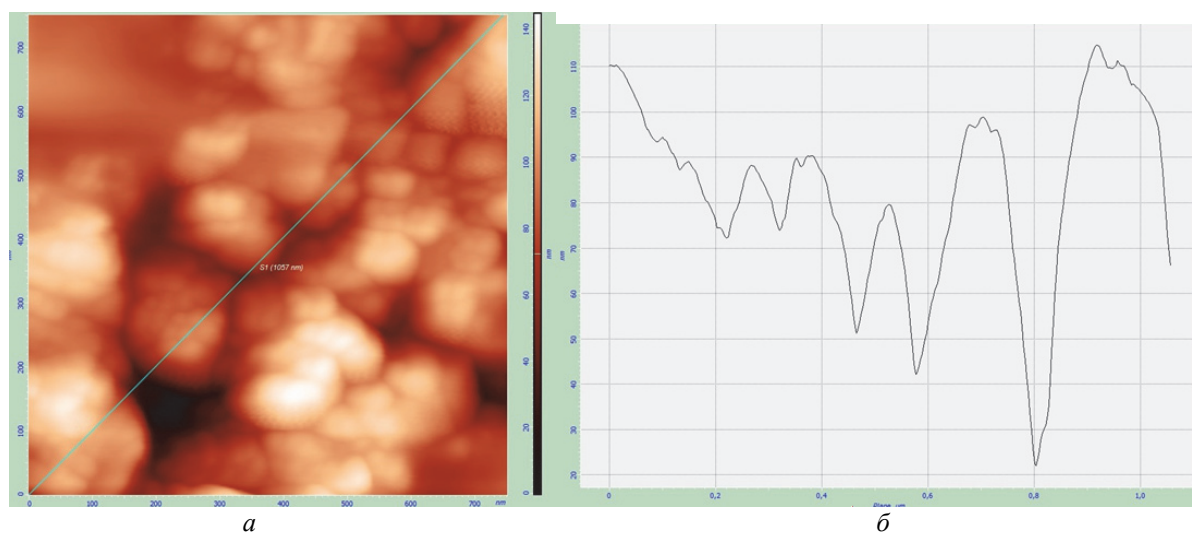


Рис. 1. Поверхность образца бумаги № 1 при кадре 750 нм:

a – топографическое изображение с выделенной линией; *б* – профиль выделенной линии поверхности

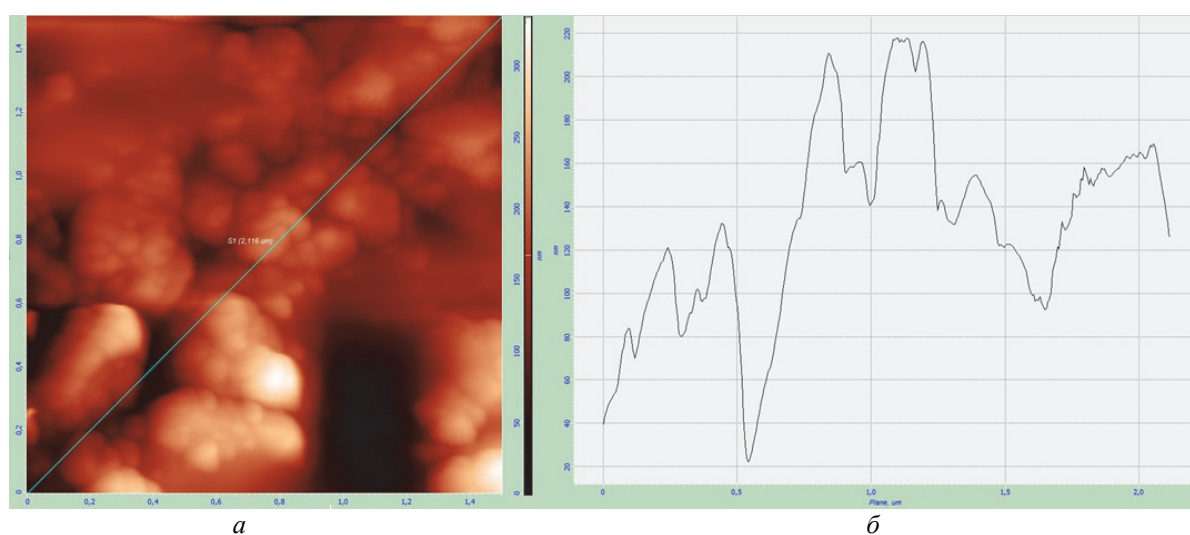


Рис. 2. Поверхность образца бумаги № 1 при кадре 1500 нм:

a – топографическое изображение с выделенной линией; *б* – профиль выделенной линии поверхности

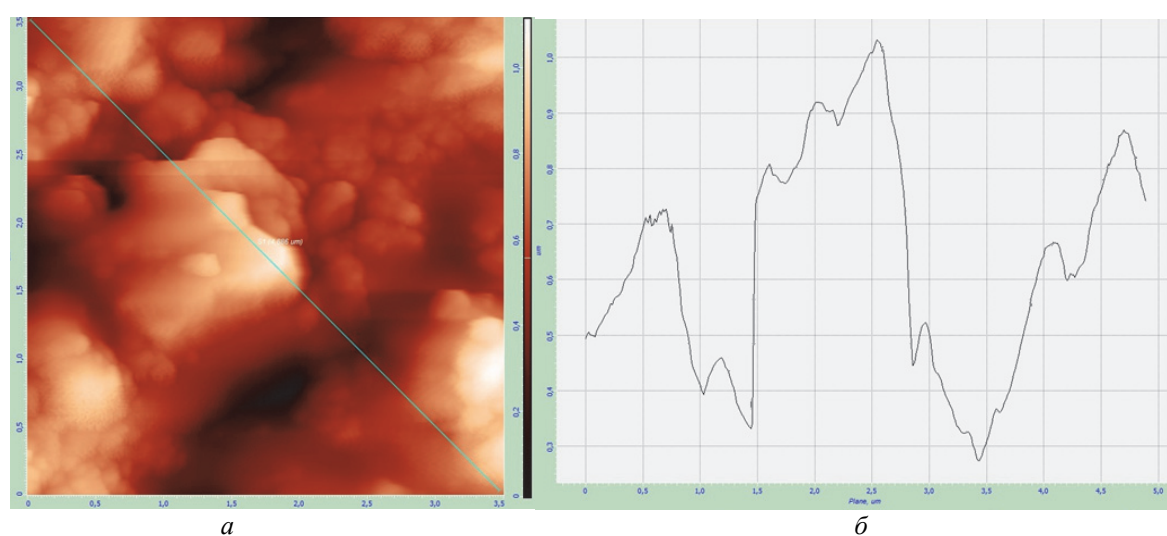


Рис. 3. Поверхность образца бумаги № 1 при кадре 3500 нм:

a – топографическое изображение с выделенной линией; *б* – профиль выделенной линии поверхности

При использовании прямого метода исследования поверхности на сканирующем зондовом микроскопе Solver HV рельеф поверхности образца измеряли при размере диаметра 450 мкм и диапазоне от 10 000 до 4 мкм². При взаимодействии кантилевера производства ЗАО NT-MDT (Зеленоград, Россия) с поверхностью бумаги действует сила, которая меняется в зависимости от различия в высоте рельефа.

Изменение силы, действующей на кантилевер, влияет на величину изгиба, который фиксируется с помощью лазера. В результате профилируется прямое изображение микрогеометрии поверхности в масштабе 3D [3–8].

Для расчета параметров шероховатости по диагонали кадра проводился разрез. Полученные методом АСМ данные обработаны с помощью специальной встроенной программы и рассчитаны параметры шероховатости Ra , согласно требованиям ГОСТ 2789–73 «Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики».

Прямое изображение профиля поверхности на топографических снимках взято при использовании трех кадров — 750, 1500 и 3500 нм и получено в режиме постоянной амплитуды, в котором высота профиля передана цветом (чем выше находится деталь рельефа, тем она светлее). Небольшие углубления, выраженные затемнением на топографических АСМ-изображениях, характеризовали недостаточную однородность и плотность структуры. Как свидетельствуют полученные данные, образец бумаги 1 обладает меньшими значениями шероховатости Ra .

Для выполнения сравнительного анализа параметров шероховатости были получены профилограммы исследуемых поверхностей с использованием профилометра-профилографа [9–14], значения которых приведены в табл. 3. Исследования проводились для запечатанных и незапечатанных образцов бумаги в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Таблица 3
Параметры шероховатости поверхности образцов бумаги, полученные с помощью профилометра

Образец бумаги		Ra	Rz	R_{max}
Незапечатанный	Вдоль	0,852	5,77	6,40
	Поперек	0,677	4,67	6,09
Запечатанный	Вдоль	0,601	4,28	5,12
	Поперек	0,552	3,39	3,75

Как показывают полученные данные, для всех представленных образцов наблюдается изменение параметров шероховатости в зависимости от исследуемого направления. Также запечатанные образцы имеют более равномерную структуру, что обусловлено выравниванием рельефа при нанесении краски.

Полученные данные атомно-силового микроскопа и профилометра позволили рассчитать значения показателя фрактальной размерности, приведенные в табл. 4, 5.

Представленные данные позволяют отметить соизмеримость результатов, полученных разными методами. Данные атомно-силового микроскопа имеют разброс в значениях показателя фрактальной размерности.

Таблица 4
Фрактальная размерность структуры бумаги при использовании профилометра

Образец бумаги		Фрактальная размерность D
Незапечатанный	Вдоль	2,707
	Поперек	2,517
Запечатанный	Вдоль	2,484
	Поперек	2,422

Таблица 5
Фрактальная размерность структуры бумаги при использовании атомно-силового микроскопа

Размер кадра, нм	Фрактальная размерность D
750	2,493
1500	2,618
3500	2,441

Анализ качества исследуемых оттисков также осуществляется на основе шкального контроля. С этой целью были измерены значения оптических плотностей полей шкал для каждой краски. Итоги измерения приведены в табл. 6.

Таблица 6
Оптические плотности полей шкал для каждой краски

Относительная площадь растрового элемента $S_{отт}$	Оптическая плотность $D_{отт}$			
	желтая	пурпурная	голубая	черная
0,1	0,16	0,18	0,18	0,16
0,2	0,24	0,25	0,25	0,26
0,3	0,33	0,38	0,38	0,40
0,4	0,40	0,44	0,51	0,49
0,5	0,50	0,54	0,60	0,63
0,6	0,59	0,65	0,74	0,72
0,7	0,68	0,76	0,86	0,83
0,8	0,79	0,89	1,01	0,92
0,9	0,89	0,96	1,10	1,02
1,0	0,98	1,16	1,24	1,12

На основании полученных результатов были построены зависимости оптической плотности оттисков от относительной площади растровых элементов, приведенные на рис. 4.

Анализ градиционных кривых позволяет отметить тот факт, что значения оптических плотностей соответствуют нормативным значениям офсетной печати на немелованной бумаге. Однако, если в офсетной печати при проведении денситометрического контроля измеряется оптическая плотность, то в случае флексографского оттиска оптическая плотность 100%-ной плашки совсем мало свидетельствует о правильности печатного процесса и его результата. Это связано с высокой степенью растискивания. Именно поэтому растискивание является тем параметром, на который нужно обращать внимание при флексографской печати. С этой целью была произведена оценка растискивания, которая показывает разницу между фактическим значением процента тона и теоретически заданным процентам на печатном растровом поле.

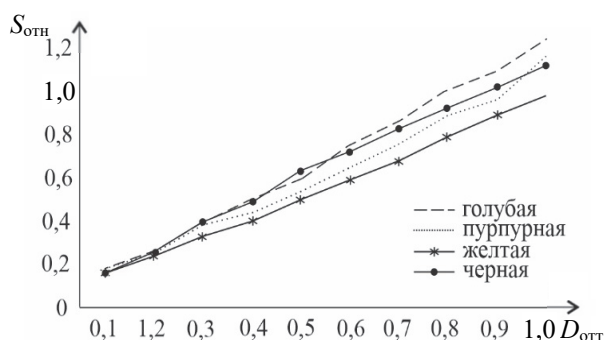


Рис. 4. Зависимости оптической плотности оттисков от относительной площади растровых элементов

Для определения показателя растискивания были последовательно измерены оптические плотности бумаги, сплошного красочного слоя и растрового поля. При этом микропроцессорное устройство денситометра вычисляет значения относительной площади растровых элементов оттиска шкалы при номинальных значениях, равных 40 и 80%. Итоги полученных измерений сведены в табл. 7

Таблица 7

Значения усиления тона

Краска	$S_{отн} = 0,4$	$S_{отн} = 0,8$
Желтая	18,4	11,2
Пурпурная	21,9	12,0
Голубая	24,9	13,4
Черная	27,2	14,0

Полученные данные свидетельствуют о наличии усиления тона, который будет доминировать для относительной площади растровых элементов, равных 40%. Однако стремиться к равенству 40%-ных точек на форме и оттиске нецелесообразно, поскольку при данном соответствии будет наблюдаться потеря мелких

растровых элементов, а воспроизведение теней будет сопровождаться значительными по размеру пробельными элементами. На величину усиления тона оказывают влияние давление печати, вязкость краски, количество краски, переносимой на запечатываемый материал, характеристики запечатываемой поверхности и т. д. [15]. При этом данное значение существенно зависит от конкретной комбинации взятых параметров. В связи с этим отсутствуют обобщенные кривые усиления тона.

Цель заключается в достижении соответствия набору характеристик, которые описывают ожидаемый результат с точки зрения получателя. Например, учет структуры запечатываемого материала может осуществляться через показатель фрактальной размерности, который позволяет судить о вкладе неоднородной поверхности в процесс переноса краски и величину усиления тона.

Усилению тона, в отличие от непропечатки, сопутствует лишь некоторое перераспределение градаций внутри диапазона их изменения на иллюстрации. Искажения такого типа не являются необратимыми и могут быть скомпенсированы в определенных диапазонах на репродукционной стадии за счет внесения соответствующих предсказаний [15].

Согласно ГОСТ ИСО 12647-6-2017 «Контроль процесса изготовления цифровых файлов, растровых цветоделений, пробных и тиражных оттисков», величина усиления тона может составлять для 40%-ной точки 18,2%, а для 80%-ной – 11%. Анализ полученных значений позволяет отметить превышение данного значения для всех контролируемых элементов.

Таким образом, при оценке характеристической кривой репродукционного процесса денситометрическими методами необходимо учитывать все составляющие интегрального тонового приращения раstra, вытекающие не только из физики репродукционного процесса, но и из специфики способа печати. Основным критерием оптимизации системы «запечатываемый материал – печатная краска – печатная форма» является обеспечение минимальных устойчивых печатных и пробельных элементов.

Выводы. Исследование влияния неоднородной структуры поверхности бумаги, содержащей карбонат кальция, на качество печатных оттисков позволяет выявить отклонения в ряде параметров. В частности, измеренные значения усиления тона не соответствуют нормированному. Это свидетельствует о необходимости введения компенсации на допечатной стадии для обеспечения хорошего уровня качества печати.

Расчетные значения показателя фрактальной размерности позволяют отметить достаточно развитую структуру поверхности бумаги из карбоната кальция, что способствует неравномерному

распределению краски, снижают четкость печати и способствуют увеличению растровых элементов на оттиске. За счет течения краски в момент печатания по поверхностным пустотам бумаги на краях элементов изображения образуются пилообразные выступы, которые приводят к зрительному восприятию размытости края. Это обуславливает уменьшение разрешающей способности печатного процесса.

Невысокие значения оптической плотности оттисков, получаемые по плашке, связаны с тем, что в силу специфики распределения краски по

форме при ее нанесении происходит выдавливание краски за края печатающих элементов. Следовательно, амплитуды оптических плотностей на оттиске окажутся меньше с учетом денситометрических норм.

Таким образом, фрактальный подход в исследовании структуры запечатываемых поверхностей позволяет оценить величину микронеровностей, а также обеспечить перенос дозированного количества краски, высокую информационную точность и качество печатной продукции.

Список литературы

1. Леонтьев В. Н. Методы и средства совершенствования печатных свойств бумаг в системе «бумага – краска – оттиск»: учеб. пособие. СПб.: ГОУВПО СПбГУРП, 2009. 170 с.
2. Технология печатных процессов / А. Н. Раскин [и др.]. М.: Книга, 1989. 301 с.
3. Методы атомно-силовой микроскопии и профилометрии в исследовании фрактальной неоднородности запечатываемых поверхностей / И. Г. Громыко [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатехнологии. 2024. № 1 (279). С. 5–12. DOI: 10.52065/2520-6729-2024-279-1.
4. Анализ зависимости качества продукции от поверхностных свойств бумаги и параметров печати / Х. А. Бабаханова [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатехнологии. 2022. № 1 (255). С. 5–13.
5. Исследование шероховатости бумаги из вторичного сырья методом атомно-силовой микроскопии / Х. А. Бабаханова [и др.] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. Т. 20, № 5. С. 661–666.
6. Жуков М. В. Контроль структуры различных видов бумаги методом атомно-силовой микроскопии // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. № 1 (89). С. 44–49. DOI: 10.1016/j.snbt.2011.09.086.
7. Прямой метод контроля качества поверхности мелованных видов бумаги / А. А. Кирсанкин [и др.] // Химия растительного сырья. 2016. № 4. С. 159–163.
8. Direct method of paper surface quality inspection with the addition of secondary raw materials / Z. K. Galimova [et al.] // Textile Journal of Uzbekistan. 2020. No. 3. P. 77–82. DOI: 10.14258/jcprm.2016041415.
9. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М.: Ин-т компьютерных исслед., 2002. 656 с.
10. Кулак М. И. Фрактальная механика материалов. Минск: Выш. шк., 2002. 304 с.
11. Кулак М. И., Ничипорович С. А., Медяк Д. М. Методы теории фракталов в технологической механике и процессах управления: полиграфические материалы и процессы. Минск: Бел. наука, 2007. 419 с.
12. Громыко И. Г., Кудряшова А. Н. Исследование влияния фрактальной неоднородности микро-структуры на краскоемкость запечатываемой поверхности материалов с различной впитывающей способностью // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт-и медиатехнологии. 2023. № 2 (273). С. 5–11. DOI: 10.52065/2520-6729-2023-273-2-1.
13. Громыко И. Г. Взаимосвязь неоднородной структуры запечатываемой поверхности и информационных характеристик оттисков // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт-и медиатехнологии. 2022. № 2 (255). С. 22–28.
14. Громыко И. Г. Влияние фрактальной структуры этикеточных видов бумаги и картона на процесс краскопереноса // Труды БГТУ. Сер. IX, Издат. дело и полиграфия. 2009. Вып. XVII. С. 21–24.
15. Могинов Р. Г., Дмитриев Я. В. Технология флексографской печати. Теория, практика и расчет: учебник. М.: ИНФРА-М, 2020. 355 с.

References

1. Leont'yev V. N. *Metody i sredstva sovershenstvovaniya pechatnykh svoystv bumag v sisteme "bumaga – kraska – ottisk"* [Methods and means of improving the printing properties of papers in the "paper – ink – impression system"]. St. Petersburg, GOUVPO SPbGURP Publ., 2009. 170 p. (In Russian).
2. Raskin A. N., Romeikov I. V., Biryukova N. D., Muratov Yu. A., Efremova A. N. *Tekhnologiya pechatnykh protsessov* [Technology of printing processes]. Moscow, Kniga Publ., 1989. 301 p. (In Russian).
3. Gromyko I. G., Kudryashova A. N., Prokhorchik S. A., Babakhanova Kh. A., Galimova Z. K. Methods of atomic force microscopy and profilometry in the study of fractal heterogeneity sealed surfaces. *Trudy*

BGTU [Proceedings of BSTU], issue 4, Print- and Mediatechnologies, 2024, no. 1 (279), pp. 5–12 DOI: 10.52065/2520-6729-2024-279-1 (In Russian).

4. Babakhanova Kh. A., Abdunazarov M. M., Galimova Z. K., Gromyko I. G. Analysis of the dependence of product quality on the surface properties of paper and printing parameters. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 4, Print- and Mediatechnologies, 2022, no. 1 (255), pp. 5–13 (In Russian).

5. Babakhanova Kh. A., Galimova Z. K., Abdunazarov M. M., Ismoilov I. I. Investigation of the roughness of recycled paper by atomic force microscopy. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki* [Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics], 2020, vol. 20, no. 5, pp. 661–666 (In Russian).

6. Zhukov M. V. Control of the structure of various types of paper by atomic force microscopy. Scientific and technical bulletin of information technologies, mechanics and optics. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki* [Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics], 2014, no. 1 (89), pp. 44–49 DOI: 10.1016/j.snb.2011.09.086 (In Russian).

7. Kirsankin A. A., Mikhaleva M. G., Nikolsky S. N., Musokhranova A. V., Stovbun S. V. Direct method for controlling the surface quality of coated types of paper. *Khimiya rastitel' nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2016, no. 4, pp. 159–163 (In Russian).

8. Galimova Z. K., Babakhanova Kh. A., Abdunazarov M. M., Ismoilov I. I. Direct method of paper surface quality inspection with the addition of secondary raw materials. *Textile Journal of Uzbekistan*. 2020, no. 3, pp. 77–82. DOI: 10.14258/jcprm.2016041415.

9. Mandelbrot B. *Fraktal'naya geometriya prirody* [Fractal geometry of nature]. Moscow, Institut of komp'yuternykh issledovaniy Publ., 2002. 656 p. (In Russian).

10. Kulak M. I. *Fraktal'naya mekhanika materialov* [Fractal mechanics of materials]. Minsk, Vysheyschaya shkola Publ., 2002. 304 p. (In Russian).

11. Kulak M. I., Nichiporovich S. A., Medyak D. M. *Metody teorii fraktalov v tekhnologicheskoy mekhanike i protsessakh upravleniya: poligraficheskiye materialy i protsessy* [Methods of fractal theory in technological mechanics and control processes: polygraphic materials and processes]. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2007. 419 p. (In Russian).

12. Gromyko I. G., Kudryashova A. N. Investigation of the effect of fractal inhomogeneity of microstructure on the paint capacity of the sealed surface of materials with different absorbency. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 4, Print- and Mediatechnologies, 2023, no. 2 (273), pp. 5–11. DOI: 10.52065/2520-6729-2023-273-2-1 (In Russian).

13. Gromyko I. G. The relationship between the heterogeneous structure of the sealed surface and the information characteristics of the prints. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 4, Print- and Mediatechnologies, 2022, no. 1 (255), pp. 22–28 (In Russian).

14. Gromyko I. G. The effect of the fractal structure of label types of paper and cardboard on the process of paint transfer. *Trudy BGTU* [Proceeding of BSTU], series IX, Publishing and Printing, 2009, issue XVII, pp. 21–24 (In Russian).

15. Moginov R. G., Dmitriev Ya. V. *Tekhnologiya fleksografskoy pechati. Teoriya, praktika i raschet*. [Flexographic printing technology. Theory, practice and calculation]. Moscow, INFRA-M Publ., 2020. 355 p. (In Russian).

Информация об авторах

Громыко Ирина Григорьевна – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: gromyko@belstu.by

Кудряшова Алина Николаевна – магистрант кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: kudryashova@belstu.by

Бабаханова Халима Абишевна – доктор технических наук, профессор кафедры технологии полиграфического и упаковочного процессов. Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (100100, г. Ташкент, ул. Шохжахон, 5, Республика Узбекистан). E-mail: halima300@inbox.ru

Хакназарова Ойдин Дилмуродовна – доктор философии по техническим наукам, доцент кафедры технологии полиграфического и упаковочного процессов. Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (100100, г. Ташкент, ул. Шохжахон, 5, Республика Узбекистан). E-mail: nigin-umid@mail.ru

Бабаханова Мадина Авазовна – доктор философии по техническим наукам. ГУП “Фан ва тараккият” (100174 г. Ташкент, ул. Мирзо Голиб, 7а, Республика Узбекистан). E-mail: madina89@mail.ru

Information about the authors

Gromyko Irina Grigor'yevna – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: gromyko@belstu.by

Kudryashova Alina Nikolayevna – Master's degree student, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kudryashova@belstu.by

Babakhanova Khalima Abishevna – DSc (Engineering), Professor, the Department of Technology of Printing and Packaging Processes. Tashkent Institute of Textile and Light Industry (5, Shokhzhakhon str., 100100, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: halima300@inbox.ru

Khaknazarova Oydin Dilmurodovna – DSc of Philosophy (Engineering), the Department of Technology of Printing and Packaging Processes. Tashkent Institute of Textile and Light Industry (5, Shokhzhakhon str., 100100, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: nigin-umid@mail.ru

Babakhanova Madina Avazovna – DSc of Philosophy in (Engineering), SUE “Fan va tarakkiyot” (7a, Mirzo Golib str., 100174, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: madina89@mail.ru

Поступила 29.07.2024