

VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практика проведения реинжиниринга позволяет утверждать, что его проведение действительно позволяет организациям достигать качественных улучшений в своей деятельности.

При этом существующая неопределенность в том, что же является реинжинирингом, подчеркивает актуальность его классифицирования с целью определить его разновидности и лучшие практики использования для каждого вида. Понимание различий между видами реинжиниринга и их целями позволит не только повысить грамотность специалистов и владельцев бизнесов, но и увеличить процент успешных кейсов внедрения.

Потенциал применения реинжиниринга, а также его сочетания с другими методами улучшения процессов в совокупности с постоянным прогрессом в сфере информационных технологий на предприятии открывает перед бизнесом значительные возможности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляева К. А. Теоретические основы реинжиниринга бизнес-процессов / Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», Красноярск, 2017. С. 562–564.
2. Брянцева Л. В. Современная парадигма реинжиниринга // Вестник ЦИРЭ. Серия: Проблемы региональной экономики. 2008. Вып. 24. С. 53–62.
3. Волкова М. В, Полищук М. И., Мамедова В. А. Реинжиниринг бизнес-процессов // Наука и мир. Научное обозрение. 2016. Т. 2, № 2 (30). С. 37–39.
4. Дробышевская Л. Н., Бекирова С. З. Теоретико-методические вопросы реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях // Экономика: теория и практика. 2015. № 2 (38). С. 63–68.
5. Ершова М. В. Теоретические аспекты концепции реинжиниринга производственных процессов // Экономический анализ: теория и практика. 2016. № 11 (458). С. 50–57.
6. Каршева К. О., Резниченко Р. О. Реинжиниринг бизнес-процессов // Передовые научные исследования: опыт и актуальные вопросы. 2019. С. 171–176.
7. Нужнова И. С. Эволюция понятия «Реинжиниринг бизнес-процессов» // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. 2010. № 3-1. С. 133–140.
8. Хаммер М., Чампи Дж. Реинжиниринг корпорации: Манифест революции в бизнесе / Пер. с англ. СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 1997. 332 с.
9. Харрингтон Х. Джеймс, Эсселинг К. С., Нимвеген Харм Ван. Оптимизация бизнес-процессов: Документирование, анализ, упр., оптимизация. СПб.: Азбука: БМикро, 2002. 328 с.
10. Нужнова И. С. Волкова М. В, Полищук М. И., Мамедова В. А. Эволюция понятия «Реинжиниринг бизнес-процессов» // Наука и мир. Научное обозрение. 2016. № 2 (30). С. 37–39.
11. Гуияра Ф., Келли Дж. Модель преобразования бизнеса. URL: https://studref.com/357895/ekonomika/model_preobrazovaniya_biznesa_guiyara_kelli/ (дата обращения 22.11.2020)
12. Чукалина Г. М. Планирование принудительного реинжиниринга бизнес-процессов как особой формы реструктуризации предприятий. URL: <https://moluch.ru/archive/70/12113/> (дата обращения: 15.02.2021).

УДК 004.932.4

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВОДОРАЗДЕЛА В ЗАДАЧАХ СЕГМЕНТАЦИИ РУКОПИСНОГО ТЕКСТА

MASKED METHOD FOR SEGMENTATION OF HANDWRITTEN TEXT

С. О. Фролов

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

S. O. Frolov

Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Аннотация. В работе освещается проблема сегментации рукописного текста с использованием метода водораздела. Приводится описание существующих методов, применяемых в различных алгоритмах для решения данной проблемы: проекционный метод, метод группировки, а также метод выделения базовых линий. Предложен алгоритм сегментации, основанный на использовании метода водораздела, позволяющий решить проблему выделения строк, на изображениях со сложной структурой линии письма. В заключении производится сравнительный анализ работоспособности существующих методов.

Ключевые слова: сегментация рукописного текста, метод водораздела

DOI: 10.25206/2310-4597-2021-1-44-51

I. ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день, задача сегментации в машинопечатных документах считается решенной. Однако в задачах распознавания рукописного текста существует ряд трудностей, возникающих при разбиении текста на строки, не позволяющие напрямую применять алгоритмы, используемые для машинопечатных текстов:

- 1) Сегментируемые строки могут быть не параллельными, а также возможное искажение линии письма.
- 2) Отсутствие гарантированных отступов между строками в результате чего, может происходить наложение элементов, принадлежащим разным строкам. В настоящий момент существует несколько алгоритмов, позволяющих в той или иной степени решать поставленную задачу.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

1. Разработать алгоритм сегментации рукописного текста, основанный на использовании маски исходного изображения, позволяющий существенно упростить сегментацию текста на изображениях с немонотонным фоном.
2. Сравнить существующие методы сегментации текста.
3. Сделать выводы о работе алгоритма сегментации текста.

III. ТЕОРИЯ

Сегментация изображения – это процесс разделения цифрового изображения на некоторое количество сегментов. Целью сегментации является упрощение представления цифрового изображения для последующего анализа. Типичными целями сегментации являются выделения границ объектов на изображении, а также поиск связанных объектов.

Метод водораздела

Метод «водораздела» относится к морфологическому подходу, и заключается в интерполяции гладких областей как локальных бассейнов, а контуров между ними как водоразделов.

Метод действует следующим способом: изображение представляется в виде топографического рельефа, где интенсивность пикселей принимается за высоту. Если эту местность заполнять водой, то сначала заполняются уровни яркости, которые имеют самое низкое значение, а далее будут полностью заполняться «бассейны», имеющие значение яркости на уровень больше, и тогда «бассейны» объединятся, образуя стыки соединения между собой. Эти места отмечаются, как линии водораздела. Это выполняется с помощью удаления шума с применением морфологических операций открытия/закрытия, вычисляется градиент изображения и вычисление Собеля для преобразования уровней серого [1].

С помощью разделения соприкасающихся предметов, можно обнаружить нужные области. Часто для этого используется метод маркерного «водораздела». Эта процедура выполняется с помощью локальной обработки изображения, в зависимости от порога яркости и нахождения линий водораздела, в итоге накладывая на обнаруженные области маски, цвет которых, не сливается друг с другом.

Рассмотрим существующие методы сегментации строк:

1. Проекционные методы

Проекционные методы довольно часто используются в сегментации машинопечатных документов. Однако данные методы могут применяться и для сегментации рукописных текстов с низким перекрытием. Для сегментации строк, как правило, используется вертикальная проекция изображения. Для получения линии профиля исходное изображение представляется в виде двумерного массива, где каждый элемент в массиве представляет собой пиксель, значение которого, равно интенсивности данного пикселя в соответствующей цветовой схеме. Далее осуществляется суммирование значений пикселей вдоль горизонтального направления:

$$profile(y) = \sum_{x=1}^M f(x, y) \quad (1)$$

После получения, кривая профиля может быть сглажена, например, медиальным фильтром или фильтром Гаусса с целью подавления локальных максимумов. Затем происходит анализ кривой профиля, чтобы найти её максимумы и минимумы [2]. Данный метод не позволяет осуществлять фрагментную сегментацию, имеет

большую чувствительность к наклону текста на изображении, короткие и узкие строки будут давать низкие пики на профиле, что является критичным при использовании порогов при сегментации.

2. Методы группировки

Данные методы основаны на нахождении связанных компонентов (фрагментов), на изображении, после чего происходит объединение фрагментов на основании изначально заданных локальных и глобальных критериев, создавая тем самым линии строк [3].

Для рукописного текста, использование данных методов ограничено возможным объединением частей текста из разных строк в одну связную компоненту. Однако возможно использовать модификации этих методов, например, использующие вероятностные карты документа [4] вместо строго связанных компонент.

3. Методы выделения базовых линий

Основная идея данных методов заключается в поиске, так называемой воображаемой линии строки. Таким образом, целью методов является аппроксимация данной линии, и как следствие, восстановление строки.

Примером данного подхода к сегментации строк являются методы, основанные на преобразовании Хафа [5]. Преобразование Хафа позволяет находить на монохромном изображении различные примитивы, такие как плоские кривые или объекты заданной формы. Под монохромным изображением, как правило, поднимется бинарное изображение, состоящее из пикселей двух типов: пикселей фона и пикселей интереса или градиентное изображение, полученное с помощью операторов поиска краёв. Цель преобразования Хафа заключается в выделении кривых, образованных точками интереса.

Поскольку преобразование Хафа позволяет находить прямые линии на изображении, его можно использовать для выделения базовых линий для задач, в которых не слишком искривлены. В работе [6] преобразование Хафа применяется к центрам компонент связности пикселей текста. Такой подход требует, чтобы строки текста были близки к прямым, но зато позволяет выделять строки, расположенные в произвольном месте и идущие под произвольными углами.

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Предлагаемый способ заключается в попытке адаптивирования алгоритма сегментации методом водораздела, для использования в сегментации рукописного текста. Блок-схема предлагаемого алгоритма представлена на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема алгоритма

Загрузка изображения и маски.

В качестве исходного изображения будет выступать отсканированный лист с рукописным текстом, представленный на рис. 2.

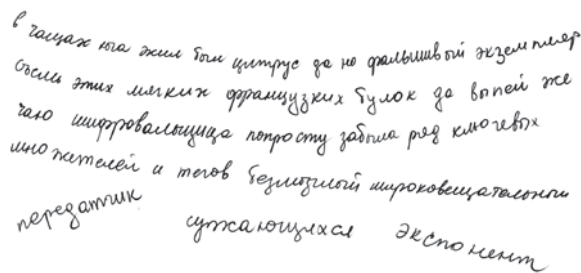


Рис. 2. Исходное изображение

Коррекция наклона изображения

В результате написания, а также оцифровки, рукописный текст может отклоняться от горизонтального положения. Горизонтальное расположение текста существенно упрощает и ускоряет работу алгоритма сегментации.

Для коррекции угла наклона изображения воспользуемся методом выделения центрального региона [3]. Суть данного метода заключается в поиске такого положения исследуемого фрагмента, при котором значение дисперсии средней яркости каждой строки относительно среднего значения яркости всего изображения, будет минимальным.

В данном алгоритме исходное изображение I представляется в оттенках серого, и является двумерным массивом пикселей размером $m \times n$, где каждый пиксель имеет определенную яркость $v_{i,j}$. Яркость пикселя может изменяться в пределах от 0 до 255. Среднее значение яркости для всего изображения будет:

$$v_s(I) = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n v_{i,j} \quad (1)$$

Далее массив I разбивается построчно на m одномерных массивов L длиной n . Для каждого одномерного массива также можно посчитать среднее значение яркости:

$$v_{si}(L_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_{i,j} \quad (2)$$

В заключении вычисляется среднее квадратичное отклонение (дисперсию) средней яркости каждой строчки и столбца от среднего значения всего массива $v_s(I)$:

$$d_L = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (v_{si}(L_i) - v_s(I))^2 \quad (3)$$

Результат после применения коррекции наклона на рис. 3.

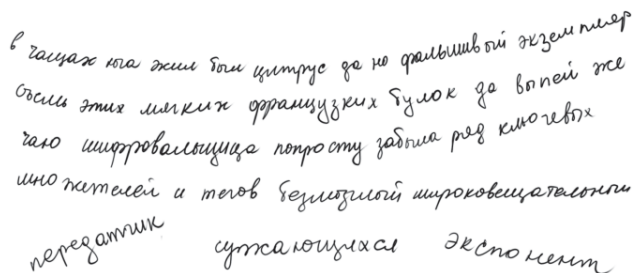


Рис. 3. Изображение после коррекции наклона

Поиск краев изображения

Для нахождения краев изображения используем алгоритм выделения и анализа контуров. Особенность данного метода заключается в выделении границы объекта сегментации на изображении. Граница – это место с резким изменением градиента яркости. Поиск границы может быть осуществлен с помощью методов Canny, Sobel, Prewitt, или Roberts [7].

Среди представленных детекторов наибольшую популярность получил метод выделения границ Canny.

В 1986 г. Джон Ф. Канни разработал алгоритм обнаружения краев для изображений, искажённых шумами. Целью Канни было разработать оптимальный алгоритм обнаружения края, который уменьшал бы вероятность обнаружения ложных краев и выдавал острые края [8].

Осуществим поиск связанных областей, предварительно профильтровав изображение фильтром Гаусса или медиальным фильтром [9] высокой размерности для уменьшения количества связанных объектов. После чего выделим границы как показано на рис. 4.



Рис. 4. Результат выделения границ

Сегментация методом водораздела

На данном этапе вычисляется евклидово преобразование расстояния двоичного изображения. Для каждого пикселя в двоичном изображении, преобразование расстояния присваивает число, которое является расстоянием между этим пикселем и ближайшим ненулевым пикселем. После чего, полученное изображение сегментируется методом водораздела.

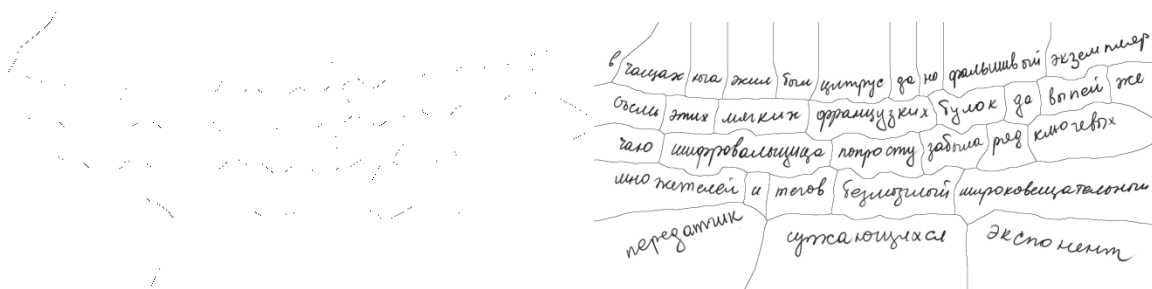


Рис. 5. Результат применения метода водораздела

Поиск и объединение связанных компонентов

После получения сегментируемых фрагментов их необходимо объединить в строки, для упрощения дальнейшей сегментации. Одним из наиболее простых способов объединения, основывается на ключевом недостатке метода сегментации водоразделом, а именно избыточной сегментации. Таким образом, центры фрагментов, относящиеся к одной строке, как правило, располагаются на одном уровне.

Формирование результата

Текущий этап является заключительным. На данном этапе происходит выделение строк на исходном изображении, с помощью умножения масок, полученных на предыдущем этапе, на исходное изображение (рис.6).

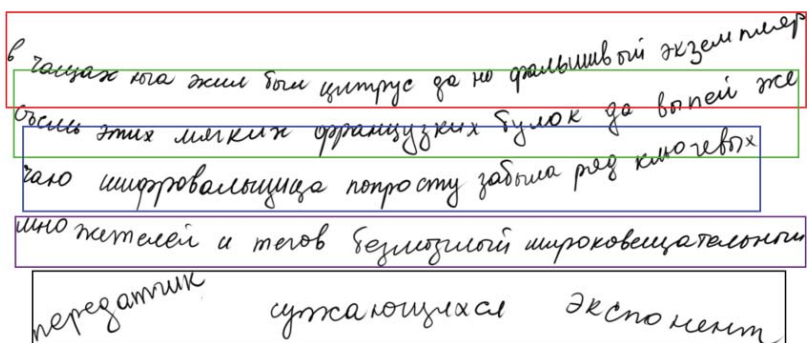


Рис. 6. Конечный результат сегментации

V. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Применение проекционного метода

Построим профиль исходного изображения:

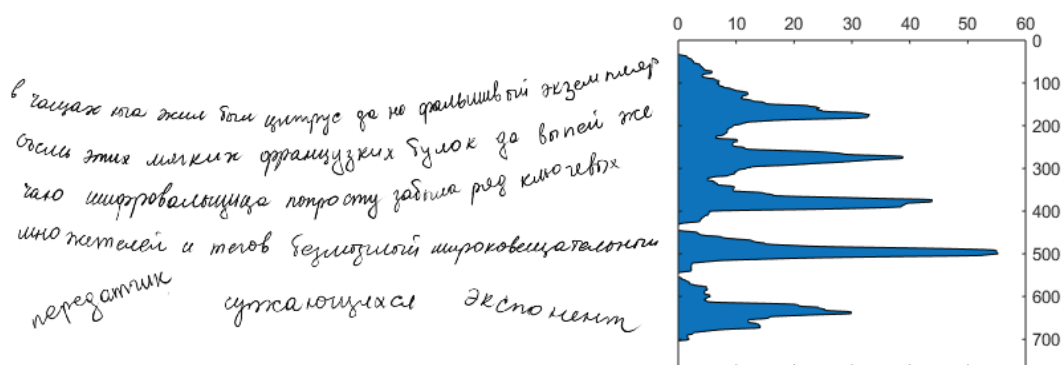


Рис. 7. График вертикального профиля изображения

Как показано на рис. 7, проекционный метод показывает неудовлетворительные результаты. В чистом виде, данный алгоритм позволяет сегментировать 4 и 5-ю строку, поскольку обеспечивается достаточный междустрочный интервал. Сегментация первых 3-х строк осложнена сложной структурой письма. Таким образом, применение данного алгоритма не позволяет корректно сегментировать строки.

2. Применение метода группировки

Осуществим поиск связанных областей, как показано на рис. 8.

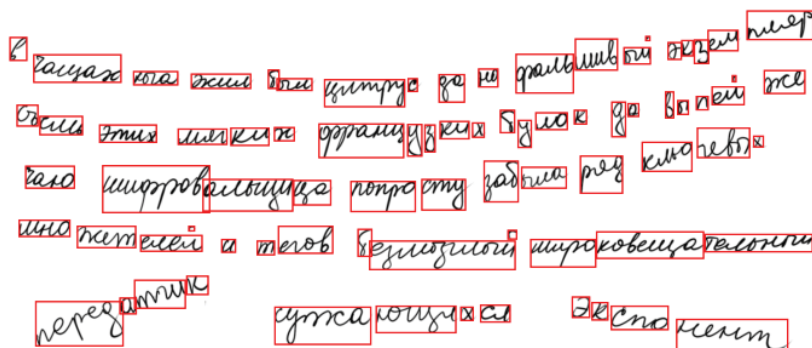


Рис. 8. Результат поиска связанных областей

Далее происходит объединение фрагментов на основании изначально заданных локальных и глобальных критериев, создавая тем самым линии строк.

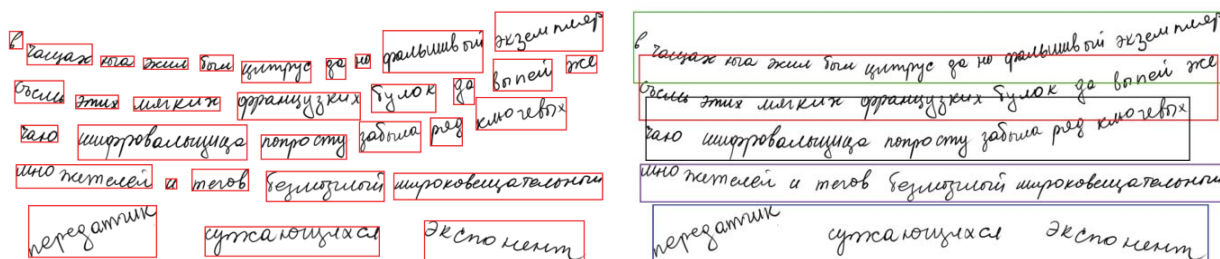


Рис. 9. Результат применения метода группировки

3. Сравнение результатов работы алгоритмов сегментации

Исходя из приведённого анализа, сегментация методом поиска вертикального профиля осложнена малым междустрочным интервалом и сложной линией письма. Таким образом, применение данного алгоритма не позволяет корректно сегментировать строки.

Передоложенный алгоритм показывает результаты сопоставимые с результатами, полученными с применением метода группировки.

Из *достоинств* предложенного метода можно выделить:

- высокая точность сегментации;
- возможность применения в системах рукописного и машинного текста;
- возможность сегментации текстов со сложной линией письма;
- большая избыточность сегментации методом водораздела существенно упрощает извлечение данных;
- простота и наглядность алгоритма.

К *недостаткам* метода можно отнести:

- необходимость предварительной обработки изображения для получения корректного результата;
- необходимость использование алгоритма для корректного объединения сегментов.

VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен алгоритм сегментации рукописного текста с использованием метода водораздела. Данный метод позволяет существенно упростить процесс сегментации строк рукописного текста на изображениях со сложной структурой линии письма.

Таким образом, на основе экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что описанный метод сегментации текста, показывает результат сопоставимый с уже известными методами сегментации, и может быть применим для выделения строк и слов в тексте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавель И. М. Краткий курс теории обработки изображений. URL: <https://hub.exponenta.ru/post/kratkiy-kurs-teorii-obrabotki-izobrazheniy734> (дата обращения 20.02.2021).
2. Likforman-Sulem Laurence, Zahour Abderrazak, Taconet Bruno. Text line segmentation of historical documents: a survey // International Journal of Document Analysis and Recognition (IJ DAR). 2007. Vol. 9, no. 2-4. P. 123–138.
3. Козлов В. Д. Методы оффлайн-распознавания рукописного текста. М. : Московский государственный университете имени М.В. Ломоносова, 2014. 15 с.
4. Yi Li; Yefeng Zheng, Siemens Corporate Research, Princeton, David Doermann, Stefan Jaeger. Script-Independent Text Line Segmentation in Freestyle Handwritten Documents // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2008. Vol. 30, Is. P. 1313–1329. DOI: 10.1109/TPAMI.2007.70792.
5. Duda Richard O., Peter E. Hart. Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures // Communications of the ACM January 1972. Vol. 15, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1145/361237.361242>.
6. Laurence Likforman-Sulem, Anahid Hanimyan, C. Faure. A Hough based algorithm for extracting text lines in handwritten documents // Document Analysis and Recognition: Proceedings of the Third International Conference. 1995. P. 774–777. DOI:10.1109/ICDAR.1995.602017.

7. Горитов А. Н., Яковленко С. И. Выделение на изображении низкого разрешения параметрически задаваемых объектов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2017. № 2. С. 88–90.

8. Canny J. A Computational Approach to Edge Detection // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1986. № 6. P. 679–698.

9. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение = Computer Vision. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. 752 с.

УДК 544.722+661.666.41+678

ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИИ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА НА ТЕХНИЧЕСКОМ УГЛЕРОДЕ

STUDY OF THE ADSORPTION OF POLYVINYL ALCOHOL ON CARBON BLACK

А. С. Чинкова¹, А. В. Седанова^{1, 2}, М. С. Делягина^{1, 2},
О. А. Кохановская², Л. Г. Пьянова^{1, 2}

¹Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

²Центр новых химических технологий ИК СО РАН, Институт катализа СО РАН, г. Омск, Россия

A. S. Chinkova, A. V. Sedanova, M. S. Delyagina, O. A. Kokhanovskaya, L. G. Pyanova
Omsk State Technical University, Omsk, Russia

¹Center for New Chemical Technologies IC SB RAS, Institute of Catalysis SB RAS, Omsk, Russia

Аннотация. Создание углеродных композиционных материалов с использованием водорастворимых полимеров является актуальным направлением прикладной химии. Изучены образцы технического углерода марок П514, N339 методом просвечивающей электронной микроскопии и титриметрическим методом. Проведены исследования адсорбционного взаимодействия в системе технической углерод-поливиниловый спирт. По результатам адсорбции сделан прогноз модуля упругости наполненных техническим углеродом криогелей и определен наиболее перспективный образец технического углерода.

Ключевые слова: технический углерод, поливиниловый спирт, адсорбция, криогели

DOI: 10.25206/2310-4597-2021-1-51-58

I. ВВЕДЕНИЕ

Разработка углеродных композиционных материалов с использованием водорастворимых полимеров, в частности, с использованием поливинилового спирта (ПВС) является до сих пор актуальным вопросом [1–3]. Согласно последним исследованиям установлено, что материалы, полученные на основе углеродных материалов, являются перспективными для применения их в медицине и химической промышленности [4–5].

Исследование равновесия, кинетики и динамики сорбции водорастворимых полимеров на поверхности технического углерода актуально также и в теоретическом плане, с точки зрения изучения закономерностей взаимодействия воды и водных растворов с сетчатыми полимерными системами. Процессы надмолекулярной организации в структуре полимеров, интенсивность взаимодействия молекул воды с макромолекулами в присутствии в такой системе технического углерода (ТУ) являются малоизученными.

При разработке наполненных криогелей требуется предварительно изучить физико-химические свойства технического углерода и получаемых на его основе материалов. Такой подход позволит выбрать наиболее подходящий образец технического углерода для получения криогелей с новыми функциональными свойствами – повышенной прочностью и гидрофобностью.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Исследование адсорбционных свойств технического углерода по отношению к поливинилового спирту. Оценка влияния физико-химических свойств технического углерода на свойства, получаемых на его основе криогелей.