

DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-184-12-53-56

Контурный анализ эндоскопических изображений в диагностике раннего рака желудка*

Приходько К. С.¹, Митракова Н. Н.¹, Роженцов А. А.², Митраков А. А.³

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (603950, БОКС-470, г. Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1)

² Поволжский государственный технологический университет (424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3)

³ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Нижегородской области «Нижегородский областной клинический онкологический диспансер» (603081, г. Н. Новгород, ш. Анкудиновское, д. 1)

Contour analysis of endoscopic images in the diagnosis of early gastric cancer*

K. S. Prikhodko¹, N. N. Mitrakova¹, A. A. Rozhentsov², A. A. Mitrakov³

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Privolzhsky Research Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation (603950, BOKS-470, Nizhny Novgorod, sq. Minin and Pozharsky, 10/1)

² Volga State Technological University (424000, Republic of Mari El, Yoshkar-Ola, Lenin square, 3)

³ State Budgetary Healthcare Institution of the Nizhny Novgorod Region "Nizhny Novgorod Regional Clinical Oncological Dispensary" (603081, Nizhny Novgorod, Ankudinovskoe, 1)

Для цитирования: Приходько К. С., Митракова Н. Н., Роженцов А. А., Митраков А. А. Контурный анализ эндоскопических изображений в диагностике раннего рака желудка. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2020;184(12): 53–56. DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-184-12-53-56

For citation: Prikhodko K. S., Mitrakova N. N., Rozhentsov A. A., Mitrakov A. A. Contour analysis of endoscopic images in the diagnosis of early gastric cancer. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2020;184(12): 53–56. (In Russ.) DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-184-12-53-56

Приходько Кристина Сергеевна, ординатор 2 года обучения

Митракова Нина Николаевна, д.м.н., директор Учебного центра эндоскопии "Endoscopy PRO", Заслуженный врач РФ

Роженцов Алексей Аркадьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой радиотехнических и медико-биологических систем

Митраков Александр Анатольевич, заведующий эндоскопическим отделением

Kristina S. Prikhodko, Resident of the Endoscopy Department

Nina N. Mitrakova, Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of the "Endoscopy PRO" Training Center, Honored Doctor of the Russian Federation

Alexey A. Rozhentsov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Radio Engineering and Biomedical Systems

Alexandr A. Mitrakov, Head of the Endoscopy Department

✉ *Corresponding author:*

**Митракова
Нина Николаевна**
Nina N. Mitrakova
endomitrakova@mail.ru

* Иллюстрации к статье – на цветной вклейке в журнал.

* Illustrations to the article are on the colored inset of the Journal.

Резюме

Цель исследования: Создание системы цифровой обработки эндоскопических изображений в белом и узком спектре света для своевременной диагностики ранних форм рака желудка.

Материалы и методы: Объектом исследования являются эндоскопические видеоизображения, полученные при помощи узкоспектральной диагностики на аппарате PENTAX EG-2790K и OLYMPUS H180, всего 6320 случаев. Предметом исследования являются математические модели эпителиальных неоплазий желудка, методы классификации этих тканей, методы цифровой обработки изображений и контурного анализа, методы математического моделирования.

Результаты: Для получения количественных оценок исследуемых признаков работа разбивается на два этапа:

1. Для формирования диагностической карты изображение сегментируется, затем отчерчиваются границы между патологически изменёнными тканями и нормальной слизистой оболочкой.
2. Производится расчет характеристик контура, связанных с диагностическими признаками.

В качестве меры симметричности фигуры использовался коэффициент симметричности k , определяемый как отношение количества отсчетов нормированной автокорреляционной функции, превысившей заданный порог по уровню к общему количеству отсчетов. В ходе исследования выявлено, что контуры злокачественных новообразований имеют коэффициент симметричности $k < 0,05$, а контуры доброкачественных новообразований $k > 0,2$. Это позволяет предположить о возможности автоматизированной дифференциации новообразований по результатам анализа их формы.

Заключение: Объективная оценка эндоскопических признаков раннего рака желудка необходима для стандартизации и систематизации диагностического подхода. Унифицированная цифровая обработка эндоскопических изображений позволит врачу — эндоскописту увеличить частоту выявления ранних форм рака желудка, что, в конечном итоге, повлияет на рост продолжительности жизни пациентов и снижению смертности от рака желудка.

Ключевые слова: ранний рак желудка, эндоскопическая диагностика, коэффициент симметричности, цифровая обработка изображений

Summary

The purpose of the study: The main purpose of the study is creation of a system for digital processing of endoscopic images in white light and narrow band imaging for the early diagnosis of early forms of stomach cancer.

Materials and methods: The object of the study is endoscopic images (6320 cases) with PENTAX EG-2790K and OLYMPUS H180 devices. The subjects of the research are mathematical models of gastric epithelial neoplasias, classification of these tissues, methods of digital image processing and contour analysis, methods of mathematical modeling.

Results: The work is divided into two stages to obtain quantitative estimates of the studied characteristics:

1. To make a diagnostic map — the image is segmented, then the boundaries between the pathologically altered tissues and the normal mucous membrane are drawn.
2. The calculation of the characteristics of the contour associated with diagnostic signs is made.

As a measure of the symmetry of the figure, the symmetry coefficient k was used, defined as the ratio of the number of samples of the normalized autocorrelation function that exceeded the specified threshold in level to the total number of samples. The study revealed that the contours of malignant neoplasms have a symmetry coefficient $k < 0,05$, and the contours of benign neoplasms $k > 0,2$. This suggests the possibility of automated differentiation of neoplasms based on the analysis of their shape.

The conclusion: An objective assessment of endoscopic signs of early gastric cancer is necessary to standardize and systematize the diagnostic approach. The unified digital processing of endoscopic images will allow the endoscopist to increase the frequency of detecting early forms of gastric cancer, which will affect to reduce mortality.

Keywords: early gastric cancer, endoscopic diagnostics, symmetry coefficient, digital image processing

Введение

В настоящее время в России рак желудка стоит на третьем месте в общей структуре онкологических заболеваний [1]. Ежегодно в РФ регистрируют около 38 тыс. новых случаев и более 33 тыс. случаев приводят к летальному исходу. Мужчины заболевают в 1,3 раза чаще женщин, пик заболеваемости приходится на возраст старше 70 лет [2]. К счастью, в течение последних 50 лет заболеваемость и смертность от рака желудка снижается, особенно в экономически развитых странах.

Существует множество классификаций новообразований слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта. Для унификации в 1998 году была предложена пересмотренная Венская классификация гастроинтестинальной эпителиальной неоплазии как международный консенсус [3]. Среди новообразований выделяют: без интраэпителиальной неоплазии, с сомнительной интраэпителиальной неоплазией, с интраэпителиальной неоплазией низкой и высокой степени без инвазии, карциному с подслизистой инвазией. Классифицируя образования таким образом, определили единые показания для эндоскопического лечения рака желудка. Высокоэффективное органосохраняющее лечение способствует улучшению качества жизни пациентов и увеличению продолжительности жизни.

Внедрение новых технологий в эндоскопию позволяют расширить диагностические возможности исследований, повысить их информативность. Хромозендоскопия, узкоспектральная диагностика и эндоскопия с оптическим увеличением способствуют получению дополнительной информации о подозрительных участках слизистой оболочки.

Согласно рекомендациям Японского общества эндоскопии, признаками раннего рака являются: изменение рельефа/структуры и цвета поверхности слизистой оболочки желудка, деформация сосудистого рисунка, четкий неровный край очага поражения, асимметричность контуров поражения — так называемый “*Magic cross*” — «магический крест» [4]. Однако, несмотря на увеличение информативности эндоскопических методов диагностики, проблемы объективизации остаются нерешенными. Для полной точности исследования органов желудочно-кишечного тракта необходимо решить вопрос количественной оценки изменений слизистой оболочки, что позволит стандартизировать диагностический подход и успешно дифференцировать нормальный и патологический эпителий.

Исследование изображения очага поражения в монохромном спектре света стало доступным для

цифровой обработки. Методы контурного анализа используются для получения математических моделей эпителиальных неоплазий желудка [5]. Таким образом, появилась возможность осущест-

влять количественную обработку эндоскопических изображений и унифицировать диагностический подход, что в конечном итоге позволит снизить смертность от рака желудка.

Материалы и методы

В настоящем материале представлен анализ эндоскопического обследования 6320 пациентов. Каждому пациенту была выполнена видеоэндоскопия в белом свете, затем вторым этапом осуществлялся осмотр в режиме узкого спектра света. Критериями наличия неопластического процесса в слизистой оболочке желудка являлись – изменение цвета и рельефа поверхности, наличие нерегулярного сосудистого рисунка, четкость границ поражения, асимметричность края. Неоплазии характеризовали по Парижской классификации: тип I- приподнятый, тип II- поверхностный (гастритоподобный), тип III –депрессивный (язвенный). Для гистологической верификации выполняли прицельную биопсию каждого из выявленных новообразований.

На рисунках 1–4 представлены видеоэндоскопические изображения неоплазий слизистой оболочки желудка у разных пациентов. У больного Ф., 59 лет, при осмотре в белом свете был выявлен очаг локальной депрессии слизистой оболочки желудка с четко выраженной границей, нерегулярным цветом и неоднородной поверхностью, асимметричностью контуров. При морфологическом исследовании биопсийного материала (в) выявлена тяжелая дисплазия эпителия (рис. 1).

У больной Г., 62 года, при стандартном эндоскопическом обследовании в белом свете (рис. 2 а, б) выявлены полиповидные образования слизистой оболочки желудка с неоднородным цветом и неровной поверхностью образования, асимметричностью контуров. При морфологическом исследовании представленного биопсийного материала была выявлена умереннодифференцированная аденокарцинома (рис. 2в).

На рис. 3 представлен патологический процесс в антральном отделе желудка у больного В., 64 лет. При осмотре в белом свете (а) была выявлена локальная депрессия слизистой оболочки с четко выраженными границами и симметричным краем. При осмотре в узком спектре света визуализировался нерегулярный сосудистый рисунок с четким асимметричным контуром. Гистологическое исследование (рис. 3б) подтвердило наличие высокодифференцированной аденокарциномы.

На рис. 4 образование с изъязвлением. Асимметричные четкие границы поражения с неоднородным цветом поверхности, нерегулярный сосудистый рисунок подвергают сомнению доброкачественный характер процесса. При гистологическом исследовании была выявлена низкодифференцированная аденокарцинома.

Результаты и их обсуждение

Результаты диагностики раннего рака желудка и сравнение показателей от общего числа исследований (6320) без использования цифровой обработки и с применением цифровой обработки видеоизображений представлены в абсолютных цифрах на рис. 5.

С целью получения объективных количественных оценок, используемых для постановки диагноза ранний рак желудка, могут применяться методы, основанные на контурном анализе изображений. Контурный анализ является совокупностью методов выделения, описания, преобразования контуров изображений и распознавания зрительных образов. Контур содержит всю необходимую информацию для верификации изображений по их форме [5].

Для получения количественных оценок признаков работа разбивается на два этапа:

1. Для формирования диагностической карты изображение сегментируется, далее отчерчиваются границы между патологически измененными тканями и нормальной слизистой оболочкой.
2. Производится расчет характеристик контура, связанных с диагностическими признаками.

Для решения первой задачи необходимо проверить статистическую гипотезу о принадлежности фрагментов изображения одной генеральной

совокупности с помощью t-критерия или критерия Фишера, однако более полную информацию о выборке сохраняет вариационный ряд. В нем отсутствуют только данные об упорядочивании отметок в строке. Так как распределение яркости носит случайный характер, информация о порядке следования отсчетов в выборке не имеет значения.

Для сегментации изображения и выделения в нем фрагментов, соответствующих неоплазии, выделяется небольшой фрагмент новообразования, на его основе формируется эталонный вариационный ряд. По всему изображению запускается второй строб, размеры которого совпадают с первым. При каждом положении строга формируется текущий вариационный ряд и по критерию среднеквадратического отклонения определяется степень различия эталонного и текущего вариационных рядов.

Пиксели, для которых величина вероятности меньше порога, считаются принадлежащими локально-однородной области. При обработке цветных изображений указанная процедура проводится для трех каналов: красного, зеленого и синего. Полученные результаты объединяются между собой [5, 6].

После выделения контура новообразования необходимо выполнить количественную оценку

признаков. Таким образом, необходимо высчитать показатель степени симметричности формы неоплазии, который содержит полную информацию о контуре изображения. Симметричность фигуры определяется степенью самоподобия при различных геометрических преобразованиях. Фигуры, не обладающие ярко выраженными симметрическими свойствами, будут иметь только один выраженный пик. В связи с этим, в качестве меры симметричности фигуры предлагается использовать коэффициент симметричности k , определяемый как отношение количества отсчетов нормированной автокорреляционной функции, превысившей заданный порог по уровню к общему количеству

отсчетов. Для окружности этот показатель будет равен 1, для креста $k=0,153$ при пороговом уровне 0,8, для контура новообразования $k=0,028$.

На рис. 6–10 представлены примеры обработки различных изображений новообразований и результаты вычисления коэффициента симметричности (k).

Из полученных результатов видно, что контуры злокачественных новообразований имеют коэффициент симметричности $k < 0,05$, а контуры доброкачественных новообразований $k < 0,2$. Это позволяет сделать вывод о возможности автоматизированной дифференциации новообразований по результатам анализа их формы.

Заключение

Для ранней диагностики эпителиальных новообразований желудка необходим объективный анализ эндоскопических изображений, который предполагает количественное описание патологических очагов. Контурный анализ изображений новообразований слизистой оболочки желудка, полученных при эндоскопической диагностике в монохромном свете, выявление асимметричности контуров неоплазий с дальнейшей циф-

ровой обработкой, определение коэффициента симметричности способствуют количественной оценке патологических очагов и своевременному выявлению раннего рака желудка. Известно, что рак желудка на ранних стадиях обладает низким риском метастазирования, лечение пациентов на данном этапе позволит снизить показатели смертности и увеличить продолжительность жизни пациентов.

Литература | References

1. WHO (2014) Global status report on non communicable diseases 2014. Geneva: World Health Organization; 2014. Available at: <http://www.who.int/nmh/publications/ncd-status-report-2014/en/>.
2. Kaprin A.D., Starinskiy V. V., Petrova G. V. et al. Sostoyaniye onkologicheskoy pomoshchi naseleniyu Rossii v 2018 godu [The state of cancer care for the Russian population in 2018]. Moscow: MNIOI P. A. Herzen – a branch of the «National Medical Research Center of Radiology» Publ., 2019. 236 p.
3. Dixon M. F. Gastrointestinal epithelial neoplasia: Vienna revisited. Gut. 2002;51:130–131.
4. Yao K. The endoscopic diagnosis of early gastric cancer. Ann Gastroenterol. 2013;26:11–22.
5. Ya. A. Furman, A. V. Krevetskiy, A. K. Peredreyev., et al. Vvedeniye v konturnyy analiz i yego prilozheniya k obrabotke izobrazheniy i signalov [Introduction to contour analysis and its applications to image and signal processing]. Moscow, FIZMATLIT Publ., 2003. 592p.
6. Gonzalez R. Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy [Digital image processing]. Moscow, Technosphere Publ., 2005. 1072 p.

К статье

Контурный анализ эндоскопических изображений в диагностике раннего рака желудка (стр. 53–56)

To article

Contour analysis of endoscopic images in the diagnosis of early gastric cancer (p. 53–56)

Рисунок 1.

Тяжелая дисплазия слизистой оболочки желудка.
а, б – эндоскопическое фото,
в – гистологическое фото
(тяжелая дисплазия).

Figure 1.

High grade dysplasia of the gastric mucosa. a, b – endoscopic photo, c – histological photo (high grade dysplasia).

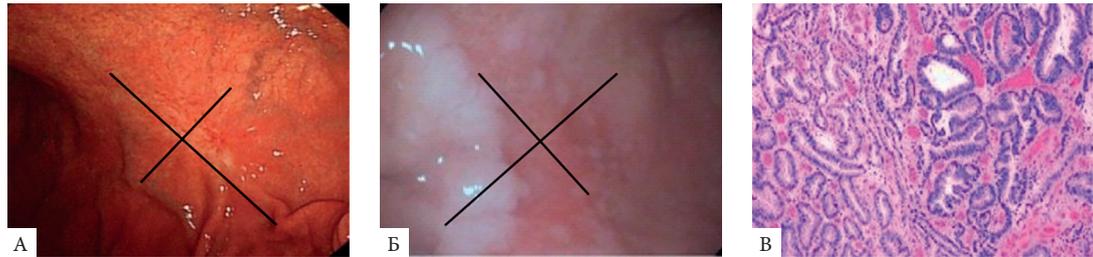
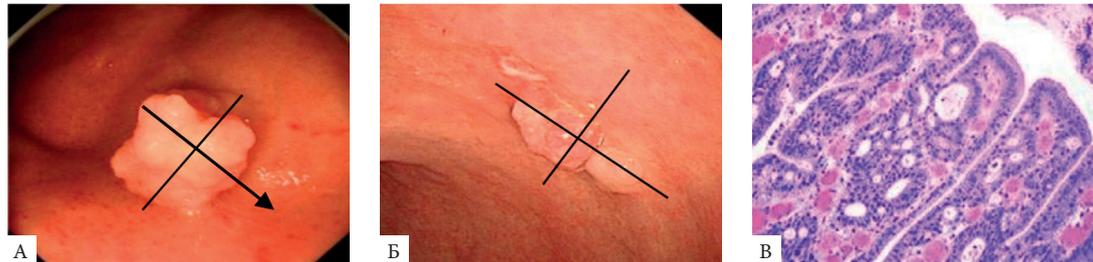


Рисунок 2.

РРЖ полиповидного типа (0-1),
а, б – эндоскопическое фото,
в – гистологическое фото
(умеренно дифференцированная
аденокарцинома).

Figure 2.

Early gastric cancer of the polypoid type (0-1), a, b – endoscopic photo, c – histological photo (moderately differentiated adenocarcinoma).



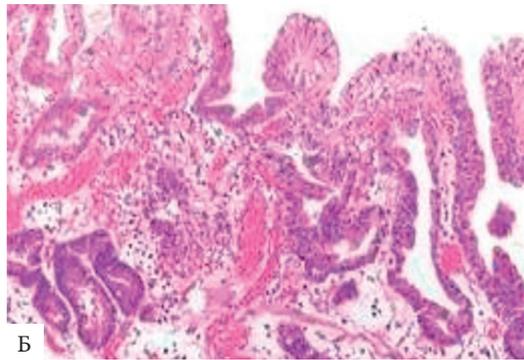
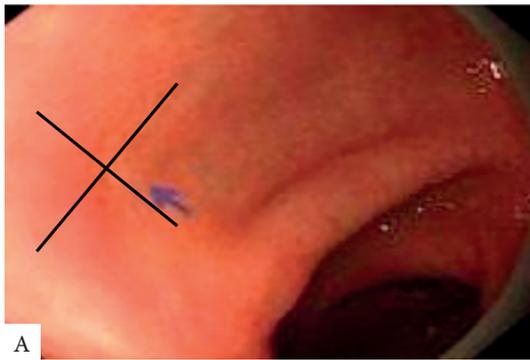


Рисунок 3.
РРЖ поверхностно-у-
п্লощенного типа (0-II),
а – эндоскопическое фото, б –
гистологическое фото (вы-
сокодифференцированная
аденокарцинома).

Figure 3.
Early gastric cancer of the
superficial type (0-II), a – en-
doscopic photo, b – histological
photo (well-differentiated
adenocarcinoma).

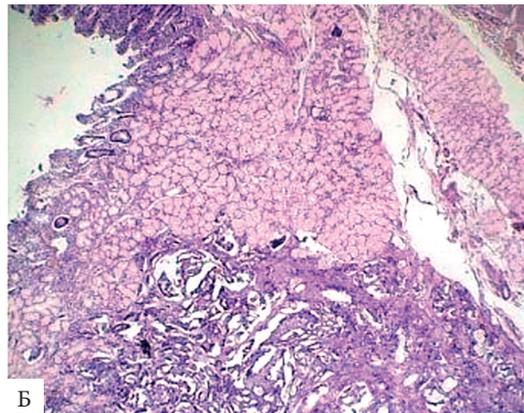
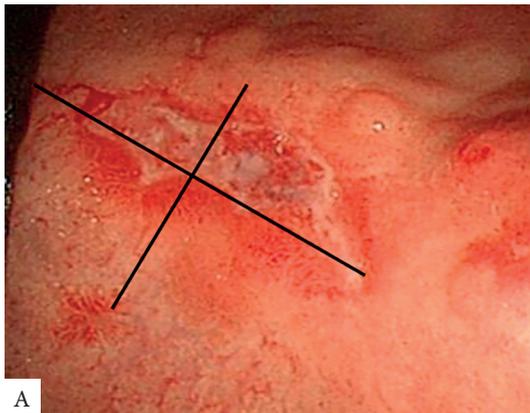


Рисунок 4.
РРЖ язвенного типа (0-III):
а – эндоскопическое фото, б –
гистологическое фото (низ-
кодифференцированная
аденокарцинома).

Figure 4.
Early gastric cancer of the
ulcerative type (0-III): a – en-
doscopic photo, b – histological
photo (poorly differentiated
adenocarcinoma).

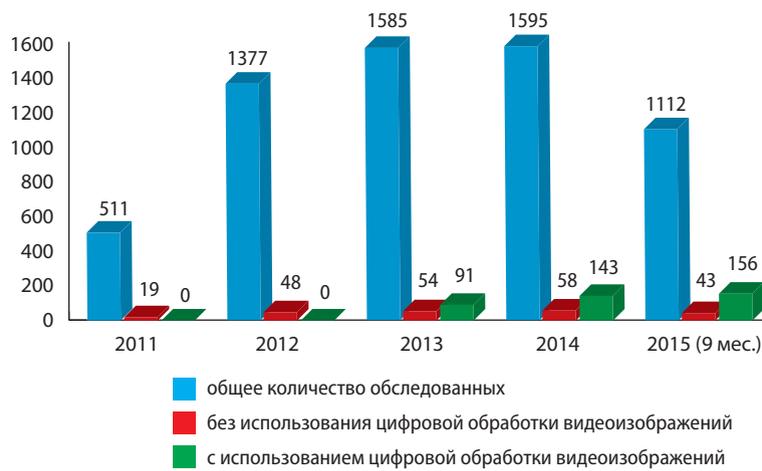


Рисунок 5.
Сравнительные результаты
диагностики раннего рака
желудка без использования
и с применением метода
цифровой обработки изо-
бражения.

Figure 5.
Comparative results of early
gastric cancer diagnostics
without digital image pro-
cessing and with digital
image processing (The total
number of examined, the
number of examined with-
out digital image pro-
cessing and with digital
image processing)

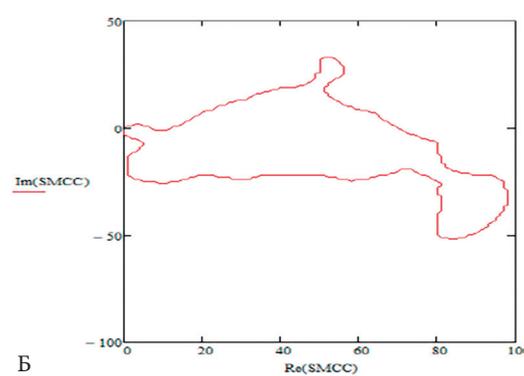


Рисунок 6.
Обработка изображения
(РРЖ) $k < 0,017$.

Figure 6.
Image processing (early gastric
cancer) $k < 0,017$.

Рисунок 7.
Обработка изображения
(РРЖ) $k < 0,027$.

Figure 7.
Image processing (early gastric
cancer) $k < 0,027$.

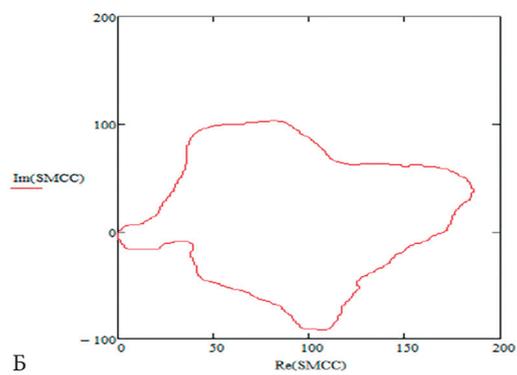


Рисунок 8.
Обработка изображения
(доброкачественное новоо-
бразование) $k < 0,232$.

Figure 8.
Image processing (benign
neoplasm) $k < 0,232$.

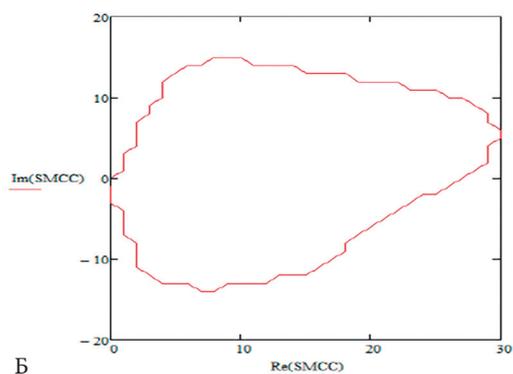


Рисунок 9.
Обработка изображения
(доброкачественное новоо-
бразование) $k < 0,292$.

Figure 9.
Image processing (benign
neoplasm) $k < 0,292$.

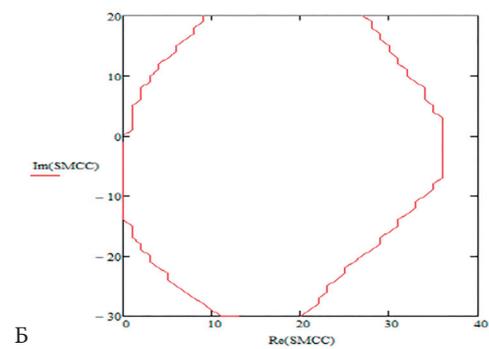


Рисунок 10.
Обработка изображения
(доброкачественное новоо-
бразование) $k < 0,242$.

Figure 10.
Image processing (benign
neoplasm) $k < 0,242$.

