

**Сведения об авторах:**

Лукашевич Артём Алексеевич, ассистент кафедры акушерства и гинекологии;  
тел.: 89064772484; e-mail: kshatriy1991@gmail.com

Аксененко Виктор Алексеевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой;  
тел.: 89624026899; e-mail: aksenenko\_@mail.ru

Дубовой Александр Александрович, кандидат медицинских наук, ассистент;  
тел.: 89288100109; e-mail: alexanderdubovoy@gmail.com

Нежданов Игорь Геннадьевич, кандидат медицинских наук, доцент; тел.: 89624460176; e-mail: obstetrics26@gmail.com

Можейко Людмила Николаевна, кандидат медицинских наук, доцент; тел.: 89280091457; e-mail: obstetrics26@gmail.com

Васильев Игорь Геннадьевич, ассистент; тел.: 89280110660; e-mail: nereidu@yandex.ru

© Коллектив авторов, 2019

УДК 618.19-073.916

DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2019.14047>

ISSN – 2073-8137

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ, ВЫЯВЛЯЕМЫХ МЕТОДОМ МИКРОВОЛНОВОЙ РАДИОТЕРМОМЕТРИИ

Т. В. Замечник <sup>1</sup>, А. Г. Лосев <sup>2</sup>, В. В. Левшинский <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Волгоградский государственный медицинский университет, Россия

<sup>2</sup> Волгоградский государственный университет, Россия

## RESULTS OF OPTIMIZATION OF DIAGNOSTIC SIGNS OF BREAST CANCER RECEIVED BY MICROWAVE RADIOMETRY

Zamechnik T. V.<sup>1</sup>, Losev A. G.<sup>2</sup>, Levshinsky V. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Volgograd State Medical University, Russia

<sup>2</sup> Volgograd State University, Russia

На основании данных обследования 367 пациенток с заболеваниями молочной железы были предложены математические описания возможных аномалий поведения температурных полей и построен набор высокоинформативных признаков, который позволит врачу с помощью «подсказки» консультативной интеллектуальной системы быстро ориентироваться в изменениях температурных полей при постановке диагноза. Математический анализ качественных признаков патологии молочной железы позволил расширить и конкретизировать описание известных признаков, выявить новые, значимые с точки зрения диагностики аномалии поведения температурных полей молочных желез, которые практически не встречаются у здоровых. За счет новых высокоспецифичных признаков значительно увеличилась чувствительность метода. При использовании минимального набора высокоинформативных признаков с высокой специфичностью в первую очередь в группе повышенного риска будут выявлены наиболее опасные быстрорастущие опухоли, диагностированы диффузные и многоочаговые поражения молочной железы, которые недостаточно верифицируются рентгенологически и при ультрасонографии.

*Ключевые слова:* микроволновая радиотермометрия, рак молочной железы, консультативная интеллектуальная система

Based on a survey of 367 patients with breast diseases, mathematical descriptions of possible behavioral anomalies of temperature fields were proposed, and a set of highly informative features was built that would allow the physician to orient themselves quickly with changes in temperature fields when making a diagnosis using the «hint» of a consultative intellectual system. Mathematical analysis of qualitative signs of breast pathology allowed to expand and specify the description of known signs, to identify new, significant from the point of view of diagnosis, behavior anomalies of temperature fields of the mammary glands, which are practically not found in healthy ones. Due to the new highly specific signs, the sensitivity of the method has significantly increased. Using a minimal set of highly informative signs with high specificity, primarily in the high-risk group, the most dangerous fast-growing tumors will be detected, diffuse and multifocal lesions of the mammary gland will be diagnosed, which are insufficiently verified radiographically and with ultrasonography.

*Keywords:* microwave radio thermometry, breast cancer, consultative intellectual system

**Для цитирования:** Замечник Т. В., Лосев А. Г., Левшинский В. В. РЕЗУЛЬТАТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ, ВЫЯВЛЯЕМЫХ МЕТОДОМ МИКРОВОЛНОВОЙ РАДИОТЕРМОМЕТРИИ. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2019; 14(1.1):48-52. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2019.14047>

**For citation:** Zamechnik T. V., Losev A. G., Levshinsky V. V. RESULTS OF OPTIMIZATION OF DIAGNOSTIC SIGNS OF BREAST CANCER RECEIVED BY MICROWAVE RADIOMETRY. *Medical News of North Caucasus*. 2019; 14(1.1):48-52. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2019.14047> (In Russ.)

ИК – поверхностная температура

PMЖ – рак молочной железы

**Актуальность разработки новых подходов к диагностике рака молочной железы (PMЖ) определяется заболеваемостью и смертностью, которая как в России, так и в большинстве развитых стран мира с 1985 года занимает первое место среди злокачественных новообразований у женщин [1]. По данным большинства исследований, 30–50 % больных PMЖ впервые обращаются за лечебной помощью с III стадией заболевания (T3N1M0, T0–3N2–3M0, T4N0–3M0). В России при первичном скрининге выявляют 30–42 % больных с этой патологией. Динамический скрининг в течение 12 лет приводит к выявлению 68 % больных, но доля интервальных раков (выявленных между раундами скрининга) колеблется около 33 % от всех выявленных случаев PMЖ. Особенно высок уровень интервальных раков в возрастной группе 40–49 лет (65,7 %).**

Общепринятым методом скрининга PMЖ является маммография. Однако специалисты уверены, что выявляемость PMЖ на ранней стадии развития наиболее вероятна при комплексном обследовании пациенток, когда методы исследования структурных изменений в тканях молочной железы дополняются методами функциональной визуализации. Одним из перспективных считается метод изучения температурных изменений при патологии молочных желез [2]. Известно, что опухолевые клетки за счет повышенного гликолиза выделяют тепла гораздо больше, чем здоровые. Интенсивность тепловыделения в ткани опухоли обратно пропорциональна темпу роста, времени удвоения и длительности доклинической фазы её развития. Рост опухоли происходит с формированием вокруг себя сосудистой сети [3], что также приводит к локальному повышению температуры. В результате баланса митоза с некрозом клеток опухоль перестает расти, достигая постоянного объема (порядка 2–3 мм<sup>3</sup>). В таком состоянии карцинома *in situ*, например, может оставаться в течение многих лет [4]. Однако было показано, что тепловые изменения наступают на стадии, предшествующей злокачественному росту [5]. При существенных тепловых изменениях у 80 % пациентов гистологическое исследование выявляет единичные атипичные клетки. Таким образом, тепловые изменения проявляются не тогда, когда злокачественная опухоль достигает выявляемых маммографией размеров, а намного раньше.

Прогностический потенциал тепловых методов был продемонстрирован во многих исследованиях и получил высокую оценку специалистов профильных медицинских центров [2]. В результате были выявлены качественные признаки рака молочной железы: повышенная термоасимметрия между одноименными точками молочных желез, повы-

шенный разброс температур между отдельными точками в пораженной железе, повышенная температура соска в пораженной молочной железе по сравнению со средней температурой молочной железы с учетом возрастных изменений температуры и некоторые другие [6]. Оценить большинство из этих признаков в поликлинике во время профилактического осмотра невозможно. Для широкого распространения метода необходимо выявить набор наиболее информативных признаков для использования консультативной интеллектуальной системой, т. е. экспертной диагностической системой, обладающей возможностями мотивировки предполагаемого диагностического решения и предлагающей врачу общей практики предварительный диагноз (здоров-болен) и его обоснование.

Цель исследования – классифицировать существующие качественные термометрические диагностические признаки PMЖ, дополнить и расширить их на основании количественного описания, сформировать эффективный набор информативных признаков и интерпретировать данные для использования в консультативной интеллектуальной системе.

**Материал и методы.** Для измерения температур использовали диагностический компьютеризированный радиотермометр РТМ-01-РЭС. Обследование проводили в положении лежа на спине, руки под головой. Начинали измерение в точках в центре грудной клетки под и между молочными железами, а также непосредственно под мечевидным отростком. Далее измерения проводили в 9 точках: 8 точек на каждой железе, где температурный датчик устанавливали дважды в средней части исследуемого квадранта молочной железы, и в аксиллярной области. Получали 4 изображения компьютерного анализатора: значения внутренних и кожных температур в 9 симметричных точках с каждой стороны, а также средние значения этих температур – внутренних и кожных для каждой железы.

Было обследовано 367 пациенток. Все женщины перед радиотермометрией прошли УЗ-обследование и маммографию. Для подтверждения диагноза злокачественного образования проводилось гистологическое исследование. База данных включала в себя информацию о 734 молочных железах пациенток, которые разделили на два класса: «Здоровые» – 148 молочных желез и «Больные» – 586 молочных желез. Для проверки признаков были сформированы две выборки: обучающая и тестовая. Обязательным условием было то, что при распределении в выборку включались пациентки, а не молочные железы. При этом контролировался диагноз каждой молочной железы, чтобы в обучающей и тестовой выборках набор диагнозов был примерно одинаков (табл. 1).

Таблица 1  
Распределение молочных желез  
в обучающей и тестовой выборках

Группа	Количество в обучающей выборке	Количество в тестовой выборке
Здоровые молочные железы здоровых (класс «Здоровые»)	74	74
Всего в классе «Больные»	302	284
Узловые изменения, но не рак	44	46
Диффузные изменения, но не рак	63	62
Неотдифференцированные гистологически изменения	4	4
Узловой рак	92	93
Диффузный рак	6	7
Здоровые железы больных пациенток (Норма-2)	93	72

**Результаты и обсуждение.** На первом этапе, опираясь на существующие медицинские знания, был осуществлен анализ числовых функций, описывающих качественные диагностические признаки. Одновременно было произведено существенное расширение набора функций, описывающих известные медицинские знания. Например, качественный признак «повышенное значение температуры соска в пораженной молочной железе» представили как набор «родственных» признаков, а именно, анализировались функции, описывающие повышенное значение температуры соска по сравнению со средней температурой молочной железы, по сравнению с каждой точкой молочной железы, по сравнению со средним значением соседних точек молочной железы и т. д. Опираясь на существующие математические модели поведения температурных полей молочных желез [7], были предложены новые математические описания возможных аномалий поведения температурных полей. Например, изменение разницы глубокой и поверхностной температур в направлении от соска к периферии железы или изменение внутреннего градиента в радиальном направлении. В результате был сформирован набор из 800 числовых функций. Алгоритм поиска характеристических признаков заключался в нахождении таких интервалов значений, которым принадлежат значения функции, соответствующие максимально большому количеству молочных желез класса «Больные», но не принадлежат значения функции, соответствующие молочным железам класса «Здоровые». Далее при участии специалистов (хирургов, онкологов, гинекологов) из найденных признаков были отобраны только те, которые наблюдаются не менее чем у 5 % молочных желез класса «Больные»: был сформирован набор наиболее значимых характеристических признаков. Характеристические признаки в состоянии обнаружить лишь достаточно серьезные аномалии поведения температурных полей и при использовании набора наиболее значимых характеристических для диагностики признаков было обнаружено 42 % молочных желез класса «Больные». Далее, основываясь на методике поиска характеристических признаков, был построен набор высокоинформативных признаков. В исследовании применялись статистическая, эвристическая, энтропийная

информативности, а также различные их средние. Алгоритм поиска заключался в нахождении интервалов, на которых заданный показатель информативности был максимальным. Дополнительным условием, которое налагалось на получаемые в процессе поиска интервалы, было то, что количественное и процентное соотношение молочных желез класса «Больные», у которых наблюдается признак, должно быть минимум в 2 раза больше соответствующих показателей для молочных желез класса «Здоровые». При поиске высокоинформативных признаков впервые для качественного признака разницы температур в одной и той же точке правой и левой молочной железы (асимметрии) были получены числовые интервалы этой разницы (например, признак 2 в таблице 2). Асимметрия температур, как оказалось, не во всех точках одинаково информативна для диагностики патологии молочной железы. Часть асимметрий, возможно, объясняется физиологическими причинами, например расположением сердца. Однако, учитывая важность признака асимметрии для диагностики, было значительно расширено множество исследуемых параметров и установлено, что превышение среднеквадратичного значения разностей глубоких температур между одноименными точками правой и левой молочных желез на 0,59 °C и более встречается в 10 раз чаще у пациентов с патологией молочной железы, чем у здоровых. Изучая разницу осцилляций поверхностных инфракрасных температур между железами (разность между максимальным и минимальным значениями температур в правой и левой молочных железах, а потом разность между разностями), выяснили, что превышение осцилляций на 0,8 °C и выше в 4 раза чаще встречается у больных женщин. Такой качественный признак, выделенный экспертами, как повышенный разброс температур между отдельными точками в пораженной молочной железе, был объективизирован, и в результате выявлены несколько новых, важных признаков. Например, если разность средней глубокой температуры в нижнем наружном квадранте железы и средней глубокой температуры по всей железе превышает 0,3 °C, то это может быть признаком патологии, как и разность более 0,62 °C между средней глубокой температурой в подобластях верхних и нижних квадрантов молочной железы.

Образующийся первичный узел выделяет много тепла, это приводит к усилению передачи тепла на поверхность, температура кожи увеличивается, разность глубинной и кожной температуры (внутренний градиент температур) в области опухолевого процесса уменьшается. Соотношение кожной и глубинной температур важный параметр, которому специалисты при диагностике уделяют повышенное внимание. При изучении разности кожной и глубинной температур в точках молочной железы установлено, что самым информативным признаком оказалось снижение внутреннего градиента температур в области соска по сравнению с градиентом в точке аксиллярной области (признак 3 в таблице 2). Этот признак ранее не был описан, хотя у больных он встречается в 16 раз чаще, чем у здоровых. Таким же открытием стало изучение изменения внутреннего градиента в радиальном направлении от соска железы к точкам и подобластям на периферии железы (признак 1 в таблице 2). Примеры некоторых высокоинформативных признаков приведены в таблице 2. В данном случае при поиске использовался показатель комбинированной информативности – статистической и эвристической.

Таблица 2

Примеры высокоинформативных признаков

Признак	Диапазон измерения	Sens	Spec	Acc
$\nabla(t_0 - \frac{t_1+t_2+t_3}{3})$ ( $-\infty, -0,89$ )	Разность РТМ и ИК	12,6 %	99,3 %	30,1 %
$t_{1n}-t_{1n}$ ( $-\infty, -0,9$ )	ИК	14,3 %	98,6 %	31,3 %
$\nabla(t_0-t_9)$ ( $-\infty, -1,49$ )	Разность РТМ и ИК	11,3 %	99,3 %	29 %
$t_0-t_6$ ( $1,4, \infty$ )	РТМ	10,6 %	99,3 %	28,4 %
$t_{cp} - \frac{t_4+t_5+t_6+t_7}{4}$ ( $0,3, \infty$ )	РТМ	10,4 %	99,3 %	28,3 %

Примечание: Sens – чувствительность признака, Spec – его специфичность, Acc – точность.

Так как каждый признак рассматривался в ИК- и РТМ-диапазонах, при анализе данных и выведении

их на монитор видно, в каком диапазоне имеются нарушения. Так, разность кожной температуры между первыми точками правой и левой железы – признак с высокой специфичностью (табл. 2), но при отсутствии изменений по этому же признаку в других диапазонах он скорее всего свидетельствует об изменении кровообращения в коже, например вследствие остеохондроза шейно-грудного отдела позвоночника или неврита.

На базе найденных высокоинформативных признаков была также проведена классификация с помощью логистической регрессии и алгоритма классификации типа «взвешенного голосования» с некоторым правилом минимизации набора признаков. Как следует из результатов представленных в таблице 3, высокая специфичность, характерная для любого высокоинформативного признака, снижается при использовании более широкого набора таких признаков. Однако при этом возрастает чувствительность. Для врача такая ситуация значительно сужает группу риска и возможность ложноположительного диагноза.

Таблица 3

Результаты работы алгоритмов логистической регрессии и алгоритма классификации типа «взвешенного голосования» с некоторым правилом минимизации набора признаков

Алгоритм	Информативность	Выборка	Sens	Spec	Acc	D
Логистическая регрессии	Эвристическая	Обучающая	81,87	81,11	86,12	81,49
		Тестовая	73,42	60,34	70,71	66,56
	Среднее гармоническое статистической, эвристической	Обучающая	66,48	83,33	69,82	74,43
		Тестовая	64,86	58,62	63,57	61,66
	Комбинированная статистической и эвристической	Обучающая	65,93	81,11	68,94	73,13
		Тестовая	64,41	58,62	63,21	61,45
«Взвешенное голосование» с некоторым правилом минимизации набора признаков	Среднее гармоническое статистической, эвристической, энтропийной	Обучающая	86,81	85,56	86,56	86,18
		Тестовая	79,73	58,62	75,36	68,37
	Среднее гармоническое статистической, эвристической	Обучающая	80,49	77,78	79,96	79,12
		Тестовая	76,58	51,72	71,43	62,94
	Эвристическая	Обучающая	78,57	80	78,85	79,28
		Тестовая	73,42	53,45	69,29	62,64

Примечание. D – среднее геометрическое между чувствительностью и специфичностью.

**Заключение.** Математический анализ качественных признаков патологии молочной железы позволил расширить и конкретизировать описание известных признаков, выявить новые, значимые с точки зрения диагностики аномалии поведения температурных полей молочных желез, которые практически не встречаются у здоровых лиц. За счет новых высоко-специфичных признаков значительно увеличилась чувствительность метода, что важно на ранних этапах диагностического процесса. Использование в группе повышенного риска минимального набора высокоинформативных признаков с высокой специфичностью позволит выявлять быстрорастущие опухоли, случаи диффузных и многоочаговых поражений молочной железы, которые плохо диагностируются рентгенологически и при ультрасонографии. Минимизация

количества высокоинформативных признаков, а также разделение их по признаку качественных изменений на наборы позволит с помощью «подсказки» консультативной интеллектуальной системы быстро ориентироваться в изменениях температурных полей при постановке диагноза.

Публикация подготовлена при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области (грант № 15-47-02475-р\_поволжье\_а).

Авторы выражают глубокую благодарность руководству и сотрудникам «Фирмы РЭС», в частности Н. Н. Тихомировой и доценту кафедры радиотерапии и радиологии ГОУ ДПО РМАПО Ч. К. Мустафину, за предоставленную возможность использовать архивные данные по радиотермометрии молочных желез.

Конфликт интересов отсутствует.

Литература/References

1. Чиссов В. И., Старинский В. В., Петрова Г. В. Злокачественные заболевания в России в 2011 году (заболеваемость и смертность). Москва: «МНИОИ им. П. А. Герцена», 2013. [Chissov V. I., Starinskij V. V., Petrova G. V. Zlokachestvennye zabolevanija v Rossii v 2011 godu (zabolevaemost' i smertnost'). Moscow: «NMRC»; 2013. (In Russ.)].

2. Веснин С. Г., Каплан А. М., Авакян Р. С. Современная микроволновая радиотермометрия молочных желез. *Медицинский альманах*. 2008;3:82-87. [Vesnin S. G., Kaplan A. M., Avakjan R. S. Modern microwave radio-thermometry of the breast. *Medicinskij al'manah*. – *Medical almanac*. 2008;(3): 82-87. (In Russ.)].

3. Gautherie M. Breast Thermography and Cancer Risk Prediction. *Cancer*. 1980;45:51-56.

4. Соляник Г. И. Противоопухолевая антиангиогенная терапия: принципы, проблемы, перспективы. *Онкология*. 2006;8(2):206-208. [Soljanik G. I. Anticancer antiangiogenic therapy: principles, problems, prospects. *Onkologiya. – Oncology*. 2006;8(2):206-208. (In Russ.)].
5. Рожкова Н. И., Смирнова Н. А., Назаров А. А. Радиотермометрия молочной железы и факторы, влияющие на ее эффективность. *Опухоли женской репродуктивной системы*. 2007;3:21-25. [Rozhkova N. I., Smirnova N. A., Nazarov A. A. Radiometry of the breast and factors affecting its effectiveness. *Opuholi zhenskoj reproduktivnoj sistemy. – Tumors of female reproductive system*. 2007;3:21-25. (In Russ.)].
6. Лосев А. Г., Мазера Е. А., Замечник Т. В. О некоторых характерных признаках в диагностике патологии молочных желез по данным микроволновой радиотермометрии. *Современные проблемы науки и образования*. 2014;6:254. [Losev A. G., Mazera E. A., Zamechnik T. V. On some characteristic features in the diagnosis of breast pathology according to microwave radiometry. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – Modern problems of science and education*. 2014;6:254. (In Russ.)].
7. Лосев А. Г., Хоперсков А. В., Астахов А. С., Сулейманова Х. М. Проблемы измерения и моделирования тепловых и радиационных полей в биотканях: анализ данных микроволновой радиотермометрии. *Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 1: Математика. Физика*. 2015;6:31-71. [Losev A. G., Hoperskov A. V., Astahov A. S., Sulejmanova H. M. Problems of measurement and modeling of thermal and radiation fields in biotissues: analysis of microwave radiometry data. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija 1: Matematika. Fizika. – Science Journal of Volgograd State University. Series 1. Mathematics. Physics*. 2015;6:31-71. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15688/jvolsu.2015.6/3>

#### Сведения об авторах:

Замечник Татьяна Владимировна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры патофизиологии, клинической патофизиологии; тел.: (8442)385364, 89026514215; e-mail: tvzamechnik.61@mail.ru

Лосев Александр Георгиевич, доктор физико-математических наук, профессор, директор института математики и информационных технологий; тел.: (8442)460261, 89047746821; e-mail: alexander.losev@volsu.ru, allosev59@gmail.com

Левшинский Владислав Викторович, магистрант института; тел.: (8442)460261; e-mail: vladi.lev.email@gmail.com

© Коллектив авторов, 2019

УДК 616.248-001.19-08:615.234

DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2019.14048>

ISSN – 2073-8137

## ВЛИЯНИЕ ДЕСТРУКЦИИ ЭПИТЕЛИЯ БРОНХОВ НА КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ У БОЛЬНЫХ С ХОЛОДОВОЙ ГИПЕРРЕАКТИВНОСТЬЮ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ

А. Б. Пирогов<sup>1</sup>, С. В. Зиновьев<sup>2</sup>, Т. А. Мальцева<sup>1</sup>, А. Г. Приходько<sup>1</sup>,  
В. П. Колосов<sup>1</sup>, Ю. М. Перельман<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания, Благовещенск, Россия

<sup>2</sup> Амурская государственная медицинская академия, Благовещенск, Россия

## INFLUENCE OF BRONCHIAL EPITHELIUM DESTRUCTION ON CLINICAL MANIFESTATIONS OF ASTHMA IN PATIENTS WITH COLD AIRWAY HYPERRESPONSIVENESS

Pirogov A. B.<sup>1</sup>, Zinov'ev S. V.<sup>2</sup>, Maltseva T. A.<sup>1</sup>, Prikhodko A. G.<sup>1</sup>,  
Kolosov V. P.<sup>1</sup>, Perelman J. M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration, Blagoveshchensk, Russia

<sup>2</sup> Amur State Medical Academy, Blagoveshchensk, Russia

Изучены особенности деструкции бронхиального эпителия у больных бронхиальной астмой (БА) с холодовой гиперреактивностью дыхательных путей (ХГДП) и ее влияние на клинико-функциональные проявления болезни. 67 больным с ХГДП (1 группа – 33 больных легкой БА, 2 группа – 34 больных тяжелой БА) проведены клинико-функциональное обследование, сбор индуцированной мокроты (ИМ) с определением клеточного состава, степени повреждения бронхиального эпителия по пяти классам деструкции и подсчетом суммарного индекса деструкции клеток (ИДК). Группа контроля – 40 больных БА с отсутствием ХГДП. В ИМ больных 1 и 2 групп наблюдалось достоверно более высокое содержание нейтрофилов, чем в контроле. У больных 2 группы было больше поврежденных эпителиальных клеток с I по IV класс деструкции, выше ИДК, найдена тесная корреляционная связь между числом баллов по вопроснику АСТ и количеством эпителиальных клеток в ИМ; II и IV классами деструкции и ОФВ<sub>1</sub>, а также между III классом деструкции и приростом ОФВ<sub>1</sub> на введение β<sub>2</sub>-агониста. Таким образом, интенсификация деструкции бронхиального эпителия у больных БА с ХГДП оказывает негативное влияние на клинико-функциональные проявления болезни, ассоциируется с нарастанием тяжести течения астмы и манифестирует эскалацию ремоделирования бронхов.

**Ключевые слова:** бронхиальная астма, холодовая гиперреактивность дыхательных путей, воспаление, контроль заболевания, деструкция бронхиального эпителия