

DOI: 10.20514/2226-6704-2023-13-1-75-80

УДК 616.248-06

EDN: VYASBL



В.В. Гноевых<sup>1\*</sup>, Ю.А. Шорохова<sup>1</sup>, А.Ю. Смирнова<sup>1</sup>,  
Е.В. Ефремова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> — ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»,  
кафедра пропедевтики внутренних болезней, Ульяновск, Россия

<sup>2</sup> — ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»,  
кафедра терапии и профессиональных болезней, Ульяновск, Россия

## ДИАГНОСТИКА И КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ «СКРЫТЫХ» СПЕКТРАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ ОКСИГЕНАЦИИ КРОВИ У КУРИЛЬЩИКОВ С ОБОСТРЕНИЕМ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ

V.V. Gnoevykh<sup>1\*</sup>, Yu.A. Shorokhova<sup>1</sup>, A.Yu. Smirnova<sup>1</sup>,  
E.V. Efremova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> — Ulyanovsk State University, Department of Propedeutics of Internal Diseases,  
Ulyanovsk, Russia

<sup>2</sup> — Ulyanovsk State University, Department of Therapy and Occupational Diseases,  
Ulyanovsk, Russia

## Diagnosis and Clinical Significance of «Hidden» Spectral Disorders of Blood Oxygenation Among Smokers with Exacerbation of Bronchial Asthma

### Резюме

**Цель** — выявить и оценить клиническое значение «скрытых» нарушений оксигенации крови у курильщиков с обострением бронхиальной астмы. **Материалы и методы.** Обследовано 19 курильщиков (средний возраст 54,6±2,05 лет) с обострением смешанной (68 %) или аллергической (32 %) бронхиальной астмы. Пациентам проводились: спирометрия, пульсоксиметрия, СО-метрия выдыхаемого воздуха. **Результаты:** точность клинической оценки оксигенации крови у курильщиков с обострением бронхиальной астмы существенно возросла после коррекции уровня оксигемоглобина (SpO<sub>2</sub>) на карбоксигемоглобин (HbCO) с помощью разработанной оригинальной программы ЭВМ, что позволило у пациентов с бронхиальной астмой своевременно диагностировать жизнеугрожающее обострение данного заболевания за счёт выявления «скрытой» дыхательной недостаточности.

**Ключевые слова:** табакокурение, «скрытые» спектральные нарушения оксигенации крови, дыхательная недостаточность

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что данная работа, её тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов

### Источники финансирования

Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования

Статья получена 02.06.2022 г.

Принята к публикации 13.09.2022 г.

**Для цитирования:** Гноевых В.В., Шорохова Ю.А., Смирнова А.Ю. и др. ДИАГНОСТИКА И КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ «СКРЫТЫХ» СПЕКТРАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ ОКСИГЕНАЦИИ КРОВИ У КУРИЛЬЩИКОВ С ОБОСТРЕНИЕМ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ. Архивъ внутренней медицины. 2023; 13(1): 75-80. DOI: 10.20514/2226-6704-2023-13-1-75-80. EDN: VYASBL

\*Контакты: Валерий Викторович Гноевых, e-mail: valvik@inbox.ru

\*Contacts: Valery V. Gnoevykh, e-mail: valvik@inbox.ru

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8009-0557>

## Abstract

**The purpose of the study** — to identify and evaluate the clinical significance of "hidden" disorders of blood oxygenation in smokers with exacerbation of bronchial asthma. **Materials and methods:** spirometry, pulse oximetry, CO-metry of exhaled air. To diagnose "hidden" disorders of blood oxygenation, including "hidden" violations of the spectral characteristics of the level of hemoglobin oxygen saturation, 19 male smokers (middle age  $54,6 \pm 2,05$  years) with exacerbation of mixed (68 %) or allergic (32 %) bronchial asthma were examined. **The results:** the accuracy of the clinical assessment of blood oxygenation in smokers increased significantly after the correction of the  $SpO_2$  level to the level of carboxyhemoglobin with the help of a computer program developed by us, which made it possible to diagnose a clinically significant life-threatening exacerbation of this disease in smoking patients with bronchial asthma, since "hidden" respiratory insufficiency was detected in a timely manner.

**Key words:** tobacco smoking, «hidden» violations of the spectral characteristics of the level of hemoglobin oxygen saturation, respiratory failure

## Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests

## Sources of funding

The authors declare no funding for this study

Article received on 02.06.2022

Accepted for publication on 13.09.2022

**For citation:** Gnoevykh V.V., Shorokhova Yu.A., Smirnova A.Yu. et al. Diagnosis and Clinical Significance of «Hidden» Spectral Disorders of Blood Oxygenation Among Smokers with Exacerbation of Bronchial Asthma. The Russian Archives of Internal Medicine. 2023; 13(1): 75-80. DOI: 10.20514/2226-6704-2023-13-1-75-80. EDN: VYASBL

БА — бронхиальная астма, СО — окись углерода,  $O_2$  — кислород, HbCO — карбоксигемоглобин,  $SpO_2$  — транскутанный уровень насыщения гемоглобина кислородом, ППЛ — показатель пачка/лет

## Введение

Табакокурение — один из известных экзогенных источников поступления монооксида углерода (СО) в организм человека. Окись углерода вытесняет из связи с гемоглобином кислород ( $O_2$ ) с образованием карбоксигемоглобина (HbCO), что приводит к многообразным нарушениям кислородотранспортной функции крови, поэтому учёт уровня HbCO у курильщиков, особенно при наличии у них хронической бронхообструктивной патологии, необходим [1-3]. Такой диагностический подход позволяет уточнить и объективизировать оценку нарушений оксигенации крови, в частности, у курильщиков с бронхиальной астмой (БА).

У больных бронхиальной астмой распространённость курения высока. Установлено, что 25-35 % пациентов с бронхиальной астмой активно курят [4, 5]. Табачный дым приводит у части курильщиков с БА к нейтрофильной трансформации воспаления дыхательных путей с более частыми и более тяжёлыми обострениями бронхиальной астмы [6, 7].

Для оценки оксигенации крови во всём мире наиболее широко используется транскутанная двухволновая пульсоксиметрия, проведение которой у курильщиков приводит к диагностической ошибке, поскольку карбоксигемоглобин поглощает инфракрасный свет почти идентично оксигемоглобину. Вследствие этого у курильщиков уровень насыщения гемоглобина кислородом по данным транскутанной двухволновой пульсоксиметрии всегда завышен [8-12].

Современные двухволновые пульсоксиметры позволяют мониторировать оксигенацию крови, и проводить её спектральный анализ с определением процентного соотношения насыщения крови кислородом ( $SpO_2$ ) в диапазонах 95-100 %, <95 %, 90-94 %, 85-89 % и других [13]. Однако без учёта карбоксигемоглобина

уровни, а также спектральные характеристики насыщения гемоглобина кислородом, всегда искажены. Клиническую значимость указанного искажения подтверждают данные федеральных клинических рекомендаций «Токсическое действие окиси углерода», согласно которым у некурящих лиц уровень HbCO составляет 1-2 %, в то время как у курильщиков он колеблется в пределах от 5 до 10 % со среднесуточной концентрацией HbCO от 5 до 15 % [14].

Достоверная информация о точном уровне и спектральных характеристиках  $SpO_2$  критически важна для диагностики и оценки степени тяжести дыхательной недостаточности, в частности, при жизнеугрожающем обострении бронхиальной астмы. Одним из важнейших диагностических критериев жизнеугрожающего обострения БА является снижение оксигенации крови ниже 92 %.

Цель работы — выявить и оценить клиническое значение «скрытых» нарушений оксигенации крови у курильщиков с обострением бронхиальной астмы.

## Материалы и методы исследования

Для диагностики «скрытых» нарушений оксигенации крови, включая «скрытые» нарушения спектральных характеристик  $SpO_2$ , было обследовано 19 курильщиков мужского пола в возрасте  $54,6 \pm 2,05$  лет с обострением смешанной ( $n=13$ ; 68 %) или аллергической ( $n=6$ ; 32 %) бронхиальной астмы. Исследование одномоментное, поперечное, у пациентов получено информированное согласие на исследование. Диагноз БА ставился в соответствии с клиническими рекомендациями по бронхиальной астме Минздрава РФ 2021 года [7]. Клиническая характеристика пациентов представлена в таблице 1.

Таблица 1. Клиническая характеристика курильщиков с бронхиальной астмой  
Table 1. Clinical characteristics of smokers with bronchial asthma

Признаки/ Signs	Курильщики с бронхиальной астмой/ Smokers with bronchial asthma, n=19
Возраст, лет/ Age, years	52,2±2,69
Мужчины/ Men, %	100
Табакокурение/ Tobacco smoking, %	100
Продолжительность заболевания, лет/ Disease duration, years	27,9±1,45
Продолжительность табакокурения, лет/ Duration of tobacco smoking, years	26,5±2,37
Смешанная БА/ Mixed bronchial asthma, %	68
Аллергическая БА/ Allergic bronchial asthma, %	32
Аллергены/ Allergens, %	100
Вирусная инфекция/ Viral infection, %	15
Крапивница/ Urticaria, %	7,3
Эозинофилия крови и/или мокроты/ Eosinophilia of blood and/or sputum, %	11
Артериальная гипертония/ Arterial hypertension, %	17
Ожирение/ Obesity, %	27
Стенокардия II-III функциональный класс/ Angina pectoris II-III functional class, %	27
Сахарный диабет II типа с целевым уровнем сахара крови/ Type II diabetes mellitus with a target blood sugar level, %	14

У всех пациентов анализировали уровень карбоксигемоглобина с помощью Micro CO-monitor, («Micro Medical», Великобритания) по фракции окиси углерода в выдыхаемом воздухе. HbCO измеряли не ранее, чем через 2 часа после табакокурения.

Jarvis M.J. с соавторами провели исследование оценки точности СО-метрии выдыхаемого воздуха в сопоставлении с данными газовой хроматографии. Результаты подтвердили высокую точность измерения HbCO по измерению FECO — коэффициент корреляции при оценке точности измерения HbCO указанными методами составил 0,98 для «здоровых» курильщиков и 0,92 — для курящих больных с эмфиземой [1].

Оценку вентиляционной способности лёгких проводили на спирометре «Spirodod SpO<sub>2</sub>» (Италия).

Для оценки оксигенации крови применяли 15-минутную транскутанную двухволновую пульсоксиметрию

в покое с помощью аппарата «Spirodod SpO<sub>2</sub>» (Италия). Анализ насыщения гемоглобина кислородом, включая спектральные характеристики SpO<sub>2</sub>, проводили как без учёта, так и с учётом карбоксигемоглобина. Для коррекции результатов мониторингирования оксигенации крови по HbCO применяли разработанную нами «Программу ЭВМ для коррекции по уровню карбоксигемоглобина результатов мониторингирования оксигенации крови при проведении транскутанной двухволновой пульсоксиметрии» (<https://elibrary.ru/item.asp?id=43888052&ysclid=17ulwur86q612655985>).

Язык программирования и пользовательский интерфейс программы ЭВМ реализованы на языке Java Script с использованием HTML и CSS. Программа предоставляется в виде исходных кодов на условиях лицензии GNU General Public License. Типы реализующей ЭВМ — Intel, ARM, MIPS, версии операционной системы — Windows, Linux, FreeBSD.

Алгоритм применения программы ЭВМ:

1. Мониторирование оксигенации крови с помощью транскутанной двухволновой пульсоксиметрии.
2. Извлечение массива данных оксигенации крови из кривой SpO<sub>2</sub>, зафиксированной «Spirodod SpO<sub>2</sub>» и их загрузка в программу ЭВМ.
3. Коррекция данных оксигенации крови на усреднённый уровень HbCO после введения в программу усредненного значения HbCO.

Статистическую обработку результатов исследования проводили с помощью лицензированной русской версии программы Statistica 13.3. При сравнении показателей применяли тест Манна-Уитни. Данные представлены в виде M±m. Различия анализируемых величин считали статистически значимыми при уровне α-ошибки < 0,05.

### Результаты и обсуждение

Среднетяжёлое обострение было выявлено у 5 пациентов (26 %), тяжёлое обострение БА — у 8 пациентов (42 %) и жизнеугрожающее обострение — у 6 пациентов (32 %) по уровню пиковой скорости выдоха и клиническим признакам тяжести обострений БА. При этом ни у кого из обследованных пациентов не наблюдалось клинически значимого снижения SpO<sub>2</sub> ниже 92 % (в случае проведения пульсоксиметрии без последующей коррекции на карбоксигемоглобин).

Основными клиническими проявлениями бронхообструктивной патологии у курильщиков оказались: приступообразный кашель у 5 (27 %), эпизоды затруднённого дыхания у 19 (100 %), одышка при повышенной у 7 (39 %), умеренной у 10 (51 %) физической нагрузке, а также одышка в покое у 2 (10 %) пациентов. Выделение преимущественно слизистой мокроты было выявлено у 4 (19 %) пациентов. Для исключения пневмонии всем пациентам проводили рентгенографию органов грудной клетки.

По уровню показателя пачка/лет (ППЛ) у 5 пациентов с бронхиальной астмой мы выявили категорию «безусловных» (ППЛ > 10, 26 %) и у 10 — категорию

«злостных» (ППЛ>25, 53 %) курильщиков. У 4 пациентов (21 % случаев) курение было менее интенсивным и менее продолжительным (ППЛ≤10). Средний уровень карбоксигемоглобина превысил верхнюю границу нормы (<1,12 %) и составил 2,4±0,17 %. Показатель пачка/лет при этом оказался на уровне 35,1±5,15 за счёт преобладания категории «злостных» курильщиков. Средняя продолжительность пребывания пациентов в стационаре составила 11,1±0,40 дней.

У всех обследованных пациентов был выявлен обструктивный тип нарушения функции внешнего дыхания со снижением жизненной ёмкости лёгких (ЖЕЛ) и форсированной жизненной ёмкости лёгких (ФЖЕЛ), а также соотношений объёма форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ<sub>1</sub>) к ЖЕЛ (ОФВ<sub>1</sub>/ЖЕЛ) и ФЖЕЛ (ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ) — табл. 2. Известно, что ЖЕЛ при выраженной обструкции снижается, а уменьшению ФЖЕЛ способствуют воздушные ловушки, возникающие как при табакокурении, так и при обострении БА.

При проведении пульсоксиметрии без последующей коррекции среднего значения насыщения гемоглобина кислородом на карбоксигемоглобин у всех обследованных пациентов сатурация гемоглобина кислородом превысила 92 %. При этом нормальные средние величины SpO<sub>2</sub> (SpO<sub>2</sub>mean≥95 %) были обнаружены у 13 (69 %), а умеренно сниженные средние величины (92 %≤SpO<sub>2</sub>mean<95 %) — у 6 (31 %) курильщиков с обострением бронхиальной астмы.

Коррекция насыщения гемоглобина по кислороду на HbCO(усреднённое значение окиси углерода в выдыхаемом воздухе, по которому определяли уровень карбоксигемоглобина, представлено ниже в таблице 3) позволила у 9 (48 %) пациентов выявить «скрытые» нарушения оксигенации крови. Распространённость нормальных средних значений оксигенации при этом

снизилась с 69 до 21 %, а распространённость умеренного снижения среднего значения насыщения гемоглобина кислородом возросла с 31 до 53 %. У 5 (26 %) курильщиков было выявлено снижению SpO<sub>2</sub> ниже 92 %, что характерно для жизнеугрожающего обострения БА (рис. 1).

В результате представление о степени тяжести обострения БА у обследованных курильщиков с бронхиальной астмой принципиально изменилось: распространённость среднетяжёлого обострения снизилась с 26 (n=5) до 21 % (n=4), тяжёлого — с 42 (n=8) до 26 % (n=5), а распространённость жизнеугрожающего обострения возросла с 32 (n=6) до 53 % (n=10) — p<0,05 (рис. 2).

Очевидно, что точность клинической оценки оксигенации крови у курильщиков после коррекции уровня SpO<sub>2</sub> на уровень HbCO существенно возросла, что позволило диагностировать у курящих больных клинически значимое жизнеугрожающее обострение бронхиальной астмы за счёт своевременного выявления дыхательной недостаточности.

Коррекция данных мониторингирования оксигенации крови на HbCO позволила, кроме снижения среднего, минимального и максимального значений SpO<sub>2</sub>, выявить значительные изменения основных спектров оксигенации крови (табл. 3).

В частности, доля нормальных значений оксигенации крови [95-100 %) снизилась с 79,3 % до 19,2 %. При этом, например, доля сниженных значений [90-95 %) SpO<sub>2</sub> значительно возросла с 20,7 % до 79,3 % в сочетании с уменьшением средних значений оксигенации крови в указанных спектрах оксигенации крови.

Таблица 2. Вентиляционная способность лёгких у курильщиков с бронхиальной астмой  
Table 2. Characteristics of lung ventilation in smokers with bronchial asthma

Показатели/ Indicators, (M±m)	Курильщики с бронхиальной астмой/ Smokers with bronchial asthma, n=19
ЖЕЛ, %	54,7±3,97
VC, %	
ФЖЕЛ, %	42,3±3,33
FVC, %	
ОФВ <sub>1</sub> , %	40,0±3,56
FEV <sub>1</sub> , %	
ОФВ <sub>1</sub> /ЖЕЛ, %	58,5±5,38
FEV <sub>1</sub> / VC, %	
ОФВ <sub>1</sub> /ФЖЕЛ	67,9±4,11
FEV <sub>1</sub> / FVC, %	
СОС <sub>25-75</sub> , %	32,5±4,33
MEF <sub>25-75</sub> , %	

Примечание: ЖЕЛ — жизненная ёмкость лёгких; ФЖЕЛ — форсированная жизненная ёмкость лёгких; ОФВ<sub>1</sub> — объём форсированного выдоха за 1 сек.; СОС<sub>25-75</sub> — средняя объёмная скорость на уровне выдоха 25-75 % ФЖЕЛ  
Note: VC — vital capacity of the lungs; FVC — forced vital capacity of the lungs; FEV<sub>1</sub> — volume of forced exhalation in 1 sec.; MEF<sub>25-75</sub> — middle expiratory flow of 25-75 % FVC

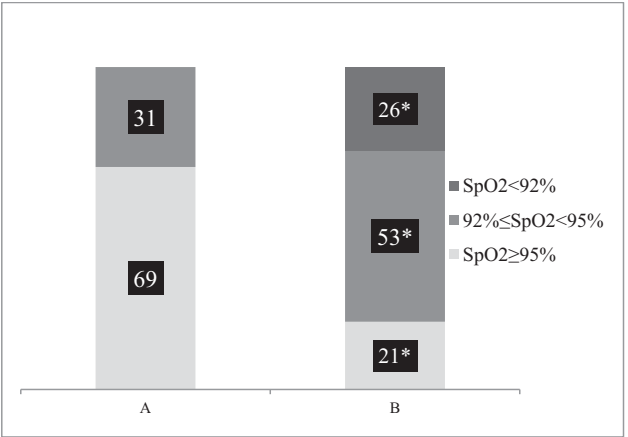
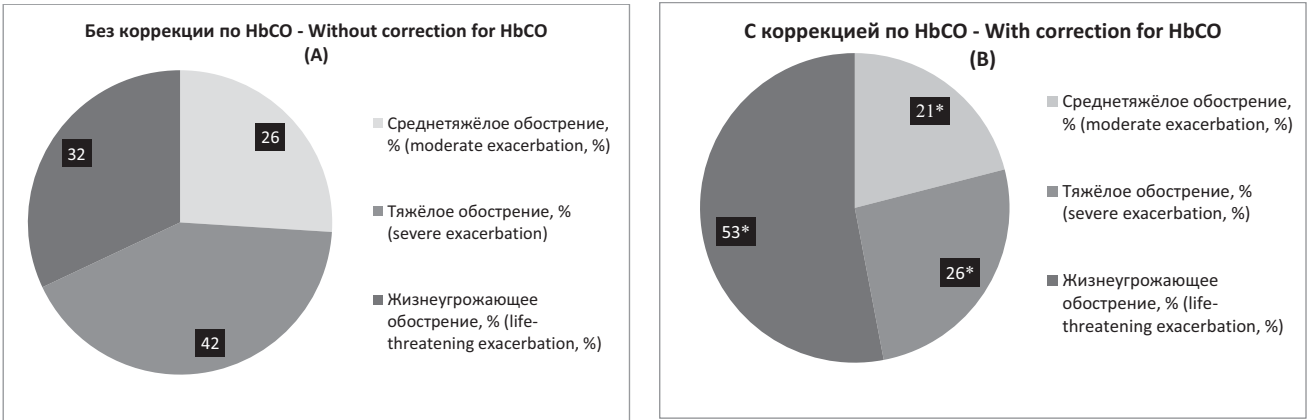


Рисунок 1. Распространённость нормальной (SpO<sub>2</sub>≥95 %), умеренно сниженной (92 %≤SpO<sub>2</sub><95 %) и клинически значимой сниженной (SpO<sub>2</sub><92 %) оксигенации крови без коррекции (А) и с коррекцией по карбоксигемоглобину (В)  
Примечание: \* — вероятность α-ошибки <0,05 при сравнении показателей  
Figure 1. Prevalence of normal (SpO<sub>2</sub>≥95 %), moderately reduced (92 %≤SpO<sub>2</sub><95 %) and clinically significant reduced (SpO<sub>2</sub><92 %) blood oxygenation without correction (A) and with correction for carboxyhemoglobin (B)  
Note: \* — probability of α-error <0,05 when comparing indicators





возникает диагностическая ошибка вследствие сходного поглощения инфракрасного света  $\text{HbO}_2$  и  $\text{HbCO}$ , приводящая к «недооценке» нарушений оксигенации крови и, соответственно, к «недооценке» выраженности дыхательной недостаточности, возникающей у части больных с хронической бронхообструктивной патологией.

Поэтому для своевременного выявления и более точной диагностики дыхательной недостаточности необходимо после проведения двухволновой транскутанной пульсоксиметрии проводить поправку на уровень карбоксигемоглобина. Этим определяется практическая значимость данной работы. Для практической коррекции результатов мониторингирования  $\text{SpO}_2$  можно применить, например, разработанную нами программу ЭВМ.

Данная диагностическая тактика важна и для последующего лечения, характер и объём которого во многом зависят от своевременной и более точной оценки дыхательной недостаточности.

### Вклад авторов:

Все авторы внесли существенный вклад в подготовку работы, прочли и одобрили финальную версию статьи перед публикацией

**Гноевых В.В.** (ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8009-0557>): разработка концепции и дизайна статьи, написание, редактирование текста и утверждение финального варианта статьи

**Шорохова Ю.А.** (ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3991-0813>): набор материала, утверждение финального варианта статьи

**Смирнова А.Ю.** (ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8175-5867>): редактирование текста и утверждение финального варианта статьи

**Ефремова Е.В.** (ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7579-4824>): редактирование текста и утверждение финального варианта статьи

### Author Contribution

All the authors contributed significantly to the study and the article, read and approved the final version of the article before publication

**Gnoevykh V.V.** (ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8009-0557>): development of the concept and design, writing, editing of the text and approval of the final version of the article

**Shorokhova Yu.A.** (ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3991-0813>): a set of materials, design and approval of the final version of the article

**Smirnova A.Yu.** (ID ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8175-5867>): editing the text of the article and approval of the final version of the article

**Efremova E.V.** (ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7579-4824>): design, editing the text of the article and approval of the final version of the article

### Список литературы / References:

- Jarvis M.J., Russel M.A., Saloojee Y. Expired air carbon monoxide: a simple breath test of tobacco smoke intake. *BMJ*. 1980; 281 (16): 484-495. DOI: 10.1136/bmj.281.6238.484.
- West J.B. *Respiratory Physiology: The Essentials* (eighth edition). J.B. West: England. 2013; 150p.
- Фаткуллин К.В., Гильманов А.Ж., Костюков Д.В. Клиническое значение и современные методологические аспекты определения уровня карбокси- и метгемоглобина в крови. *Практическая медицина*. 2014; 3(14): 17-21.
- Fatkullin K.V., Gilmanov A.Zh., Kostyukov D.V. Clinical significance and modern methodological aspects of determining the level of carboxy- and methemoglobin in the blood. *Practical medicine*. 2014; 3(14): 17-21. [In Russian].
- Cerveri I. The impact of cigarette smoking on asthma: a population-based international cohort study. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 2012; 2(158): 75-183. DOI: 10.1159/000330900.
- Титова О., Козырев А., Суховская О. Влияние различных факторов риска на течение и прогноз бронхиальной астмы. *Врач*. 2013; (6): 85-87.
- Titova O., Kozyrev A., Sukhovskaya O. The influence of various risk factors on the course and prognosis of bronchial asthma. *Doctor*. 2013; (6): 85-87. [In Russian].
- Global Initiative for Asthma, GINA. 2022, 225p [Electronic resource]. URL: <https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2022/07/GINA-Main-Report-2022-FINAL-22-07-01-WMS.pdf> (date of the application: 05.09.2022).
- Клинические рекомендации по бронхиальной астме Минздрава РФ. 2021; 85 с. [Электронный ресурс] URL: [http://disuria.ru/\\_ld/10/1037\\_kr21J45J46MZ.pdf?ysclid=l7un7hzve9180338084](http://disuria.ru/_ld/10/1037_kr21J45J46MZ.pdf?ysclid=l7un7hzve9180338084) (дата обращения 05.09.2022).
- Clinical recommendations on bronchial asthma recommendations from the Ministry of Health. 2021; 85 p. [Electronic resource] URL: [http://disuria.ru/\\_ld/10/1037\\_kr21J45J46MZ.pdf?ysclid=l7un7hzve9180338084](http://disuria.ru/_ld/10/1037_kr21J45J46MZ.pdf?ysclid=l7un7hzve9180338084) (дата обращения 05.09.2022). [In Russian].
- Barker S.J., Tremper K.K. The effect of carbon monoxide inhalation on pulse oximeter signal detection. *Anesthesiology*. 1987; (67): 599-603. DOI: 10.1097/0000542-198705000-00014.
- Руководство ВОЗ по пульсоксиметрии. 2009; 23 с. [Электронный ресурс] URL: <https://mayak.help/wp-content/uploads/2016/05/WHO-Pulse-Oximetry-Training-Manual-Final-Russian.pdf> (дата обращения: 24.01.2022).
- WHO Guidelines on pulse oximetry. 2009; 23 p. [Electronic resource] URL: <https://mayak.help/wp-content/uploads/2016/05/WHO-Pulse-Oximetry-Training-Manual-Final-Russian.pdf> (date of the application: 24.01.2021) [In Russian].
- Wilson Iain. Pulse oximetry — Part 1/I. Wilson. *Anaesthesia Tutorial Of The Week* 123, -2<sup>nd</sup> March. 2009: 1-7p.
- Buckley R.G., Aks S.E., Eshom J.L. et al. The pulse oximetry gap in carbon monoxide intoxication. *Ann Emerg Med*. 1994; (24): 252-255.
- Gorge A. Guzman. Carbon Monoxide Poisoning. *Critical Care Clinics*. 2012; 28(4): 537-548.
- Бузунов Р.В., Иванова И.Л., Кононов Ю.Л. и др. Компьютерная пульсоксиметрия в диагностике нарушений дыхания во сне. *Ижевск*, 2013; 40 с.
- Buzunov R.V., Ivanova I.L., Kononov Yu.L. et al. Computer pulse oximetry in the diagnosis of breathing disorders during sleep. *Izhevsk*, 2013; 40 p. [In Russian].
- Клинические рекомендации ассоциации клинических токсикологов «Токсическое действие окиси углерода. Токсическое действие других газов, дымов и паров». 2020; 40 с. [Электронный ресурс] URL: [http://www.toxicology.ru/docs/rek/09\\_26112020.pdf](http://www.toxicology.ru/docs/rek/09_26112020.pdf) (дата обращения 20.07.2022).
- Clinical recommendations of the association of clinical toxicologists "Toxic effect of carbon monoxide. Toxic effects of other gases, fumes and vapours". 2020; 40 p. [Electronic resource] URL: [http://www.toxicology.ru/docs/rek/09\\_26112020.pdf](http://www.toxicology.ru/docs/rek/09_26112020.pdf) (date of the application: 20.07.2022) [In Russian].