

УДК 612.221

DOI: 10.25688/2076-9091.2024.54.2.08

**Екатерина Александровна Клокотова<sup>1</sup>,  
Валентина Николаевна Пушкина<sup>2</sup>,  
Людмила Владимировна Соколова<sup>3</sup>,  
Светлана Юрьевна Размахова<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова,  
Архангельск, Россия,

<sup>2,3</sup> Московский государственный университет спорта и туризма,  
Москва, Россия

<sup>4</sup> Московский городской педагогический университет,  
Москва, Россия

## **ПОКАЗАТЕЛИ ГАЗООБМЕНА У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА, ЗЛУПОТРЕБЛЯЮЩИХ ТАБАКОКУРЕНИЕМ**

**Аннотация.** Актуальность исследования обусловлена широким распространением курения в среде молодежи, что создает риски развития различных патологий, в частности заболевания системы внешнего дыхания. При сочетании с климатическими нагрузками, свойственными северному региону России, никотиновая зависимость может спровоцировать значительные нарушения в состоянии здоровья. Целью исследования было изучение показателей газообмена у молодых людей при воздействии естественных факторов среды (холод) и дополнительной искусственной нагрузки (табакокурение). Для оценки легочной вентиляции и газообмена использовали систему MetaMax 3B. В исследовании принимали участие 50 молодых людей в возрасте 18–24 года, разделенные на 2 группы — курящие (24 человека) и некурящие (26 человек). Исследование проводилось в зимний период года. Результаты исследования показали, что для молодых северян характерны высокие значения потребления кислорода и минутного объема дыхания, а также снижение эффективности газообменных процессов относительно нормированных величин. В группе некурящих юношей зарегистрирован более эффективный процесс оксигенации за счет повышения парциального давления кислорода в альвеолах и коэффициента использования кислорода, что свидетельствует о рентабельном насыщении крови кислородом и последующем питании тканей организма. В группе курящих молодых людей на фоне альвеолярной гипервентиляции, а также значительных величин вентиляционного эквивалента по потреблению кислорода и выделению углекислого газа отмечена более высокая концентрация  $O_2$  в конечной порции выдыхаемого воздуха. Данный процесс может указывать на лимитирование тканевого дыхания за счет сохранения определенного кислородного резерва для нивелирования рисков возможного никотинового отравления.

**Ключевые слова:** юноши, табакокурение, респираторная система, газообмен

UDC 612.221

DOI: 10.25688/2076-9091.2024.54.2.08

**Ekaterina Aleksandrovna Klokotova<sup>1</sup>,**  
**Valentina Nikolaevna Pushkina<sup>2</sup>,**  
**Sokolova Lyudmila Vladimirovna<sup>3</sup>,**  
**Svetlana Yurievna Razmakhova<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> *Lomonosov Northern (Arctic) Federal University,  
Arkhangelsk, Russia*

<sup>2,3</sup> *Moscow State University of Sports and Tourism,  
Moscow, Russia*

<sup>4</sup> *Moscow City University,  
Moscow, Russia*

## **GAS EXCHANGE PARAMETERS IN YOUNG PEOPLE LIVING IN THE EUROPEAN NORTH WHO ABUSE TOBACCO SMOKING**

**Abstract.** The relevance of the study is due to the widespread use of smoking among young people, which determines the risks of developing various pathologies, in particular, diseases of the external respiratory system. Combined with climatic stresses typical of the northern region of Russia, nicotine addiction can provoke significant health disorders. The aim of the study was to investigate gas exchange indices in young people under the influence of natural environmental factors (cold) and additional artificial load (tobacco smoking). The MetaMax 3B system was used to assess pulmonary ventilation and gas exchange. The study involved 50 young people aged 18–24 years divided into 2 groups — smokers (24 people) and non-smokers (26 people). The study was conducted during the winter period of the year. The results of the study showed that young northerners are characterised by high values of oxygen consumption and minute volume of respiration, as well as a decrease in the efficiency of gas exchange processes relative to normalised values. In the group of non-smoking young men a more efficient oxygenation process was registered due to higher partial pressure of oxygen in alveoli and oxygen utilisation coefficient, which indicates cost-effective oxygen saturation of blood and subsequent nourishment of body tissues. In the group of young smokers against the background of alveolar hyperventilation, more significant values of ventilation equivalent in oxygen consumption and carbon dioxide release, a higher concentration of O<sub>2</sub> in the final portion of exhaled air was observed. This process may indicate the limitation of tissue respiration at the expense of preserving a certain oxygen reserve for levelling the risks of possible nicotine poisoning.

**Keywords:** young men, tobacco smoking, respiratory system, gas exchange

## Введение

Известно, что территории Севера являются суровой средой для проживания, характеризуются комплексом неблагоприятных климато-географических и техногенных факторов [9, 10]. Дополнительные риски для здоровья городских жителей провоцируются увеличивающейся информационной нагрузкой и психоэмоциональными стрессами [15]. Результатом сочетания таких внешних воздействий является прогресс различных соматических расстройств, где одно из лидирующих мест занимают заболевания дыхательной системы [4, 9]. Несомненно, злоупотребление вредными привычками, такими как курение табака [2], которое является проблемой XXI века [13, 14], дополнительно провоцирует легочную патологию [12]. Научные данные свидетельствуют о том, что в Архангельске регистрируется значительное количество взрослых курильщиков (26 %), из которых более 40 % — мужчины. Кроме того, в данном городе отмечается высокий процент пассивных курильщиков [1]. Система внешнего дыхания является основной мишенью воздействия табачного дыма, в котором содержится значительное количество опасных химических веществ [6, 12]. Следует помнить, что курение любых сигарет опасно для здоровья, вне зависимости от качества табачных изделий, так как содержание в сигаретах потенциально опасных химических соединений, в том числе имеющих канцерогенную активность, не снижается при уменьшении количества смол и никотина. Увлечение табакокурением является крайне опасным для здоровья [11, 16], так как для нивелирования опасных воздействий на функциональные системы человека требуется разбавить табачный дым чистым воздухом в 400 000 раз [7].

Исходя из вышесказанного, целью нашего исследования было изучение показателей газообмена у молодых людей при воздействии естественных факторов среды (холод) и дополнительной искусственной нагрузки (табакокурение).

## Материалы и методы исследования

Исследование функционального состояния параметров дыхательной системы проводили у практически здоровых студентов в возрасте 18–24 лет, родившихся и постоянно проживающих в Архангельске в зимний период (декабрь – февраль). На момент обследования все молодые люди были здоровы, не имели хронических заболеваний и не состояли на учете у кардиолога и пульмонолога. Студенты были разделены на 2 группы: I — студенты, не употребляющие курительный табак ( $n = 26$ ); II — студенты, употребляющие курительный табак ( $n = 24$ ). Лица, употребляющие курительный табак, заполняли тест Фагерстрема. Согласно результатам теста, молодые люди имели слабую степень никотиновой зависимости.

Анализ вдыхаемого и выдыхаемого воздуха проводили с помощью кардиопульмонарной системы MetaMax 3B (компания CORTEX Biophysik GmbH). Выполнен анализ следующих показателей: потребление кислорода ( $\text{PO}_2$ ), выделение углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), минутный объем дыхания (МОД), частота дыхания (ЧД), вентиляторный эквивалент по  $\text{O}_2$  (ВЭО<sub>2</sub>), вентиляторный эквивалент по  $\text{CO}_2$  (ВЭСО<sub>2</sub>), парциальное давление по  $\text{O}_2$  (ПДО<sub>2</sub>), парциальное давление по  $\text{CO}_2$  (ПДСО<sub>2</sub>), конечно-выдыхаемая концентрация  $\text{O}_2$  (КО<sub>2</sub>), конечно-выдыхаемая концентрация  $\text{CO}_2$  (КСО<sub>2</sub>), коэффициент использования кислорода (КИО<sub>2</sub>), минутная альвеолярная вентиляция (МАВ).

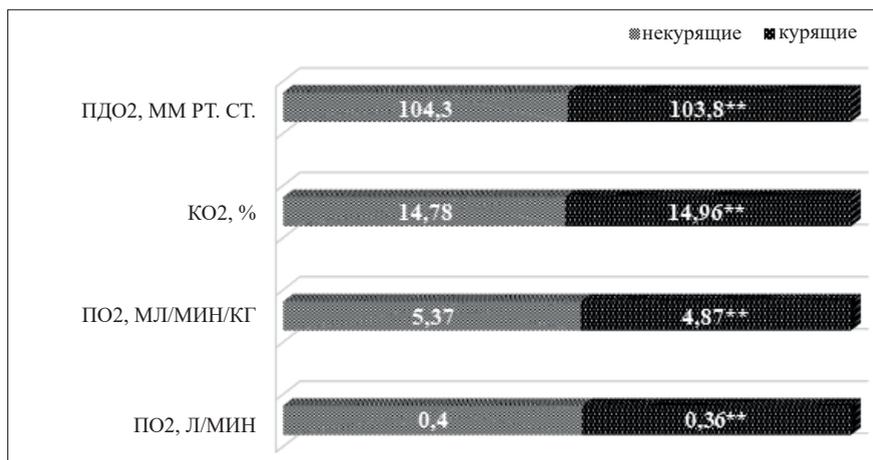
При обработке и анализе эмпирических данных использовали пакет статистических программ Statistica 11.0. Проверка на нормальность распределения измеренных переменных осуществлялась при помощи теста Шапиро – Уилка ( $n \leq 50$ ). Было определено, что параметры не подчиняются закону нормального распределения, поэтому для выявления статистически значимых различий между показателями использовали критерий Манна – Уитни с поправкой Бонферрони. Уровень значимости принимался  $p < 0,05$ – $0,01$ . Расчетные данные представлены в виде медианы (Me), первого ( $Q_1$ ) и третьего ( $Q_3$ ) квартиля.

## Результаты исследования

Известно, что основной функцией внешнего дыхания является газообмен между внешней средой и легкими. Величина поглощения  $\text{O}_2$  не зависит от его содержания в крови, а определяется внутренней потребностью в нем клеток и тканей и осуществляется на уровне целостного организма. Несомненно, курение негативно отражается на деятельности респираторной системы, осложняя ее работу.

Анализ данных показателей газообмена свидетельствует, что у некурящих молодых людей при практически идентичных показателях длины и массы тела (в группе I —  $179,15 \pm 1,20$  см и  $75,56 \pm 1,90$  кг; в группе II —  $181,13 \pm 1,27$  см и  $75,71 \pm 2,48$  кг) показатель потребления кислорода на 1 кг массы тела на 10 % выше относительно лиц, злоупотребляющих табакокурением ( $p \leq 0,001$ ) (рис. 1).

Более высокий уровень  $\text{PO}_2$  у молодых людей из группы I в состоянии относительного мышечного покоя указывает на более высокий уровень энерготрат. Можно предположить, что более низкие величины данного показателя у лиц из группы II могут свидетельствовать об адаптивных изменениях в системе внешнего дыхания курильщиков, направленных на нивелиацию попадания вредных веществ в организм в процессе курения. В норме данный показатель находится в пределах 200–300 мл/мин. Следовательно, относительно должных величин показатель потребления кислорода в обеих группах превышает нормированные величины довольно значительно (на 20–50 %). Учитывая тот факт, что величины  $\text{PO}_2$  зависят от скорости метаболизма, можно предположить,



**Рис. 1.** Показатели, отражающие содержание кислорода в организме молодых людей

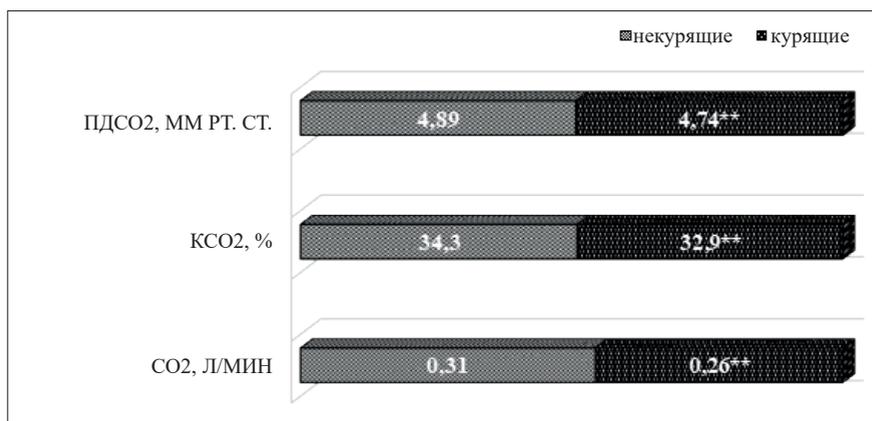
что особые климатические условия северного региона оказывают влияние на обменно-энергетические процессы организма жителей и повышенный кислородный запрос детерминируется экологическими особенностями данного региона.

При дальнейшем анализе показателей, информирующих о содержании кислорода в организме, показано, что концентрация  $O_2$  в конечной порции выдыхаемого воздуха была выше у курящих юношей ( $p \leq 0,01$ ). Более объемное содержание  $O_2$  в венозной крови может указывать на более высокий кислородный резерв организма у курящих молодых людей. В то же время парциальное давление  $O_2$  в альвеолах было выше у некурящих юношей ( $p \leq 0,01$ ). Такие данные указывают на более эффективный процесс оксигенации у некурящих юношей и, следовательно, рентабельное насыщение крови кислородом и последующее питание тканей организма. В целом полученные показатели парциального давления (103–104 мм рт. ст.) у молодых людей соответствовали нормированным данным парциального давления  $O_2$  в альвеолярном воздухе (100–110 мм рт. ст.).

Анализ показателей, отражающих изменение содержания углекислого газа в организме молодых людей, свидетельствует, что у некурящих юношей величины выделения  $CO_2$  на 17 % выше, чем у курящих ( $p \leq 0,01$ ) (см. рис. 2). В целом данный показатель у молодых людей соответствует нормированным значениям (200–250 мл/мин).

Важным показателем является значение концентрации  $CO_2$  в конце выдоха, которое у некурящих студентов выше ( $p \leq 0,05$ ). Уменьшение данного показателя может говорить об альвеолярной гипервентиляции. Гипервентиляция может вызываться у здоровых людей разными причинами, в том числе на данный процесс может оказать влияние и злоупотребление табакокурением.

Анализ величин парциального давления  $CO_2$ , зафиксированного у юношей в процессе исследования, указывает на более активный процесс вывода  $CO_2$

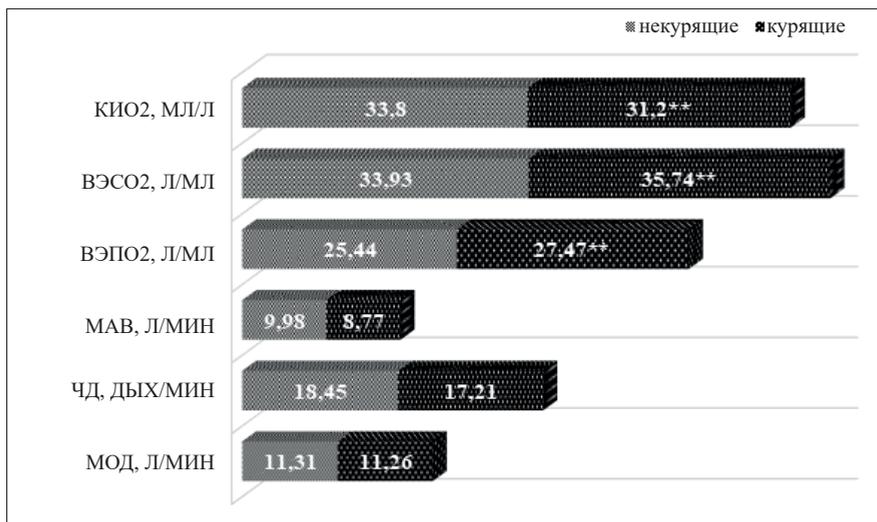


**Рис. 2.** Показатели, отражающие изменение содержания углекислого газа в организме молодых людей

из организма у некурящих молодых людей ( $p \leq 0,01$ ). Известно, что снижение скорости выведения  $\text{CO}_2$  из легких может провоцировать увеличение напряжения  $\text{CO}_2$  в артериальной крови до уровня респираторного ацидоза. Данный процесс может сопровождаться увеличением легочной вентиляции [5], что, в свою очередь, может информировать о росте энергетических затрат организма на обеспечение деятельности у курящих респондентов, хотя в целом показатели концентрации  $\text{CO}_2$  в выдыхаемом воздухе у молодых людей соответствовали нормированным величинам (30–43 мм рт. ст.).

Анализ показателей легочной вентиляции у молодых людей, участвующих в исследовании, таких как МОД и ЧД, не выявили значимых различий между представителями разных групп (см. рис. 3). Такая динамика указывает на факт стабильности легочной вентиляции у юношей на фоне различий, имеющих в показателях легочного газообмена ( $\text{PO}_2$  и выделения  $\text{CO}_2$ ). Уменьшение  $\text{PO}_2$  и выделения  $\text{CO}_2$  у курящих при стабильности показателей легочной вентиляции может быть связано со снижением интенсивности процесса газообмена в тканях. Вместе с тем показатели МОД у участников эксперимента из обеих групп превышают значения должных величин примерно на 40–50 %, что указывает на гипервентиляцию, которая может быть связана с высокими показателями ЧД.

Полученные в исследовании результаты свидетельствуют о том, что у юношей из группы II показатель ВЭПО<sub>2</sub> выше, чем у юношей из группы I ( $p \leq 0,01$ ). Такие данные указывают на выраженные (по сравнению с респондентами из группы I) энергетические траты организма на обеспечение функции вентиляции. Аналогичные данные получены и по величинам ВЭСО<sub>2</sub> — в группе II значение данного показателя выше, чем в группе I. Также в группе II величины ВЭПО<sub>2</sub> и ВЭСО<sub>2</sub> превышают нормированные значения на 6–8 % соответственно. Сделанные выше предположения подтверждаются величинами КИО<sub>2</sub>.



**Рис. 3.** Показатели легочной вентиляции и легочного газообмена у молодых людей

В группе I показатель КИО<sub>2</sub> выше, чем в группе II ( $p \leq 0,05$ ). Снижение показателя КИО<sub>2</sub> может свидетельствовать о недостаточной газообменной эффективности вентиляции, что является следствием затруднения диффузии газов через альвеолярную мембрану [3]. В норме величина КИО<sub>2</sub> должна быть в пределах 35–40 мл/л. Учитывая тот факт, что полученные у юношей результаты ниже нормированных величин (данный процесс в группе II более выражен), можно предположить, что в северном регионе у молодых людей наблюдается напряжение в системе газообмена и отмечается снижение эффективности дыхания.

## Заключение

Таким образом, результаты исследования процессов газообмена у молодых людей, жителей северного региона, позволяют сделать следующие выводы:

1. У молодых северян вне зависимости от наличия поведенческих факторов риска зафиксировано повышение потребления кислорода и минутного объема дыхания, превышающих нормированные показатели на 20–50 % и 40–50 % соответственно, что указывает на рост энергетических затрат на обеспечение деятельности дыхательной системы жителей северного региона. Кроме того, для северян характерно снижение эффективности дыхания, что проявляется в уменьшении на 3–11 % величин коэффициента использования кислорода относительно его нормированных значений.

2. Наличие никотиновой зависимости провоцирует у молодых людей ухудшение процесса насыщения крови кислородом и недостаточную газообменную

эффективность вентиляции, о чем свидетельствует более низкое парциальное давление и величины коэффициента использования кислорода. Зафиксировано наличие альвеолярной гипервентиляции и увеличение энергетических затрат организма на обеспечение деятельности дыхательной системы, подтверждаемое более низким уровнем концентрации  $\text{CO}_2$  в конце выдоха, более значительными величинами вентиляционного эквивалента по потреблению кислорода и выделению углекислого газа у курящих лиц относительно некурящих молодых людей.

### Список источников

1. Андреева Е. А., Похазникова М. А., Кузнецова О. Ю. Распространенность курения среди жителей двух городов северо-западного региона России по данным международного исследования «РЕСПЕКТ». Казань: Современная клиническая медицина, 2017. С. 45–61. URL: <http://elib.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=398468>
2. Буслович И. А., Ишеков Н. С., Соловьев А. Г. Оценка системы внешнего дыхания подростков, употребляющих различные виды психоактивных веществ // Наркология. 2018. Т. 17. № 2. С. 56–60. URL: <http://elib.fesmu.ru/Article.aspx?id=368322>
3. Вдовенко С. И., Суханова И. В. Влияние табакокурения на функциональное состояние организма молодых жителей магаданской области // Вестник СамГУ. Естественно-научная серия. 2014. № 3 (114). С. 158–169. URL: <https://nsu.ru/xmlui/handle/nsu/5093>
4. Вишняк Д. А., Попова М. А. Динамика параметров функции внешнего дыхания и развитие коронарных катастроф у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких на севере // Архив внутренней медицины. 2019. № 2 (46). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-parametrov-funktsii-v>
5. Гришин О. В. Различия в изменениях легочной вентиляции и газообмена при слабой респираторной резистивной нагрузке у здоровых лиц и больных с хронической обструктивной болезнью легких / О. В. Гришин, Д. Ю. Урюмцев, В. В. Гульятяева, М. И. Зинченко // Сибирский научный медицинский журнал. 2017. Т. 37. № 2. С. 69–74. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=yjyfl>
6. Клокотова Е. А., Пушкина В. Н., Борисовец Д. Р. Влияние табакокурения на систему внешнего дыхания девушек приарктического региона // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2023. № 2 (50). С. 103–110. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=nccsyh>
7. Краснова Ю. А. Влияние табачного дыма на органы дыхания // Сибирский медицинский журнал. Иркутск, 2015. № 6. С. 11–16. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25807762>
8. Кривошеков С. Г., Охотников С. В. Производственные миграции и здоровье человека на Севере. Москва; Новосибирск, 2000. 118 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20432026>
9. Лотков В. С., Дзюбайло А. В. Состояние легочной вентиляции при различной степени тяжести хронической обструктивной болезни легких, обусловленной табачной зависимостью // Терапевт. 2021. № 2. С. 76–85. DOI: 10.33920/MED-12-2102-09
10. Максимов А. Л., Аверьянова И. В. Изменение показателей гемодинамики, газообмена и вариабельности кардиограмм у юношей-европеоидов в процессе респирации. Сообщение 2 // Экология человека. 2021. № 2. С. 34–46. DOI: 10.33396/1728-0869-2021-2-34-46

11. Маркова О. Л. Пути минимизации негативного влияния компонентов табачного аэрозоля при пассивном курении / О. Л. Маркова, М. Н. Кирьянова, Е. В. Иванова, Е. В. Зарицкая // Гигиена и санитария. 2019. № 98 (6). С. 682–687. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-682-687
12. Мордык А. В., Багишева Н. В., Вершинина М. В. Курение, хроническая обструктивная болезнь легких и туберкулез: составляющие проблемы: монография. Омск, 2018. 126 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38515796>
13. Скачкова М. А. Функциональное состояние дыхательной и сердечно-сосудистой систем подростков при табакокурении / М. А. Скачкова, О. В. Никитина, Е. Г. Карпова и др. Оренбург: Оренбургский гос. мед. ун-т, 2019. С. 24–29. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=xaueru>
14. Табак. Информационный бюллетень ВОЗ. Май 2020 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/tobacco>
15. Федорова Е. Ю., Пушкина В. Н., Казаков Ю. А. Стресс-факторы городской среды: биологические особенности жителей мегаполиса различных социальных групп. Курск: Деловая полиграфия, 2022. 165 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47667470>
16. Gotts J. E. Cigarette Smoke Exposure Worsens Endotoxin-Induced Lung Injury and Pulmonary Edema in Mice / J. E. Gotts, J. Abbott, X. Fang et al. // Nicotine & Tobacco Research. 2017. Vol. 19. Issue 9. P. 1033–1039. DOI: 10.1093/ntr/ntx062

## References

1. Andreeva E. A., Pokhaznikova M. A., Kuznetsova O. Yu. The prevalence of smoking among residents of two cities in the Northwestern region of Russia according to an international study “RESPECT”. Kazan: Profilakticheskaya Meditsina, 2017. P. 45–61. (In Russ.). URL: <http://elib.fesmu.ru/elib/Article.aspx?id=398468>
2. Buslovich I. A., Ishekov N. S., Solovyov A. G. Assessment of the respiratory system of adolescents using various types of psychoactive substances. Narcology. 2018. Vol. 17. № 2. P. 56–60. (In Russ.). URL: <http://elib.fesmu.ru/Article.aspx?id=368322>
3. Vdovenko S. I., Sukhanova I. V. The effect of tobacco smoking on the functional state of the body of young residents of the Magadan region // Bulletin of Samara State University. Natural Sciences series. 2014. № 3 (114). P. 158–169. (In Russ.). URL: <https://nsu.ru/xmlui/handle/nsu/5093>
4. Vishnyak D. A., Popova M. A. Dynamics of parameters of respiratory function and the development of coronary catastrophes in patients with chronic obstructive pulmonary disease in the north // Archive of Internal Medicine. 2019. № 2 (46). P. 117–125. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-parametrov-funktsii-v>
5. Grishin O. V. Differences in changes in pulmonary ventilation and gas exchange with low respiratory resistive load in healthy individuals and patients with chronic obstructive pulmonary disease / O. V. Grishin, D. Yu. Uryumtsev, V. V. Gulyaeva, M. I. Zinchenko // Siberian Scientific Medical Journal. 2017. Vol. 37. № 2. P. 69–74. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=yjyfl>
6. Klokotova E. A., Pushkina V. N., Borisovets D. R. The influence of tobacco smoking on the respiratory system of girls in the arctic region // MCU Journal of Natural Sciences. 2023. № 2 (50). P. 103–110. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=nccsyh>
7. Krasnova Y. N. The effect of tobacco smoke on the respiratory system // Siberian Medical Journal. Irkutsk, 2015. № 6. P. 11–16. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25807762>

8. Krivoshchekov S. G., Okhotnikov S. V. Industrial migration and human health in the North. Moscow; Novosibirsk, 2000. 118 p. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20432026>
9. Lotkov V. S., Dzyubailo A. V. The state of pulmonary ventilation with varying degrees of severity of chronic obstructive pulmonary disease caused by tobacco dependence // *Therapist*. 2021. № 2. P. 76–85. (In Russ.). DOI: 10.33920/MED-12-2102-09
10. Maksimov A. L., Averyanova I. V. Changes in hemodynamic parameters, gas exchange and heart rate variability in Caucasian boys during respiration. Message 2 // *Human Ecology*. 2021. № 2. P. 34–46. (In Russ.). DOI: 10.33396/1728-0869-2021-2-34-46
11. Markova O. L. Ways to minimize the negative effects of tobacco aerosol components during secondhand smoke / O. L. Markova, M. N. Kiryanova, E. V. Ivanova, E. V. Zaritskaya // *Hygiene and Sanitation*. 2019. № 98 (6). P. 682–687. (In Russ.). DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-682-687
12. Mordyk A. V., Bagisheva N. V., Vershinina M. V. Smoking, chronic obstructive pulmonary disease and tuberculosis: components of the problem. Omsk, 2018. 126 p. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38515796>
13. Skachkova M. A. The functional state of the respiratory and cardiovascular systems of adolescents with tobacco smoking / M. A. Skachkova, O. V. Nikitina, E. G. Karpova et al. // *Orenburg Medical Bulletin*. 2019. P. 24–29. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=xauapu>
14. Tobacco. WHO Newsletter. May 2020. [Electronic resource]. (In Russ.). URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/tobacco>
15. Fedorova E. Y., Pushkina V. N., Kazakov Yu. A. Stress factors of the urban environment: biological characteristics of megalopolis residents of various social groups. Kursk: Business polygraphy, 2022. 165 p. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47667470>
16. Gotts J. E. Cigarette Smoke Exposure Worsens Endotoxin-Induced Lung Injury and Pulmonary Edema in Mice / J. E. Gotts, J. Abbott, X. Fang et al. // *Nicotine & Tobacco Research*. 2017. Vol. 19. Issue 9. P. 1033–1039. DOI: 10.1093/ntr/ntx062