

Читать  
онлайн  
Read  
online

Панев Н.И., Филимонов С.Н., Панев Р.Н., Евсеева Н.А., Коротенко О.Ю.

## Персонализированное прогнозирование вероятности развития артериальной гипертензии и ишемической болезни сердца у шахтёров с антракосиликозом с помощью автоматизированной системы

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», 654041, Новокузнецк, Россия

**Введение.** Сохраняющийся высокий уровень производственно обусловленной сердечно-сосудистой заболеваемости определяет необходимость своевременных профилактических мероприятий. Разработка автоматизированной методики прогнозирования позволит реализовать персонализированный и дифференцированный подходы в профилактике сердечно-сосудистой патологии у лиц, контактирующих с вредными производственными факторами.

**Материалы и методы.** Объектом исследования стали работники, занятые на подземной добыче угля ( $n = 319$ ): 168 шахтёров с ранее диагностированным антракосиликозом и 151 шахтёр контрольной группы без патологии лёгких. Выявление болезней системы кровообращения и факторов риска осуществляли с использованием клинических, лабораторных, инструментальных методов. Для разработки системы прогнозирования использовали метод Байеса. Компьютерная программа прогнозирования разрабатывалась в среде Lazarus с использованием методов объектно-ориентированного программирования.

**Результаты.** Определены наиболее информативные маркёры, связанные с высокой вероятностью формирования артериальной гипертензии и ишемической болезни сердца у работников с антракосиликозом. Разработана программа для ЭВМ «Автоматизированная система персонализированного прогнозирования вероятности развития артериальной гипертензии и ишемической болезни сердца у шахтёров с антракосиликозом». Автоматизированная система прогнозирования по результатам суммы прогностических коэффициентов определяет степень риска заболевания.

**Ограничения исследования.** Ограничение исследования связано с выборкой работников угольных шахт, обследованных в клинике института: возраст от 40 до 54 лет, длительный (более 15 лет) стаж работы во вредных условиях труда. В исследование не включали шахтёров, имевших наряду с антракосиликозом другие профессиональные болезни.

**Заключение.** Автоматизированная система персонализированного прогнозирования обеспечивает выявление с минимальными временными затратами групп высокого сердечно-сосудистого риска, что позволяет своевременно начать первичную профилактику кардиологической патологии.

**Ключевые слова:** антракосиликоз; факторы риска; артериальная гипертензия; ишемическая болезнь сердца; прогнозирование

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», проведено с соблюдением этических принципов, представленных в последней версии Хельсинкской декларации, разработанной Всемирной медицинской ассоциацией. Все обследованные лица дали информированное согласие на участие в исследовании.

**Для цитирования:** Панев Н.И., Филимонов С.Н., Панев Р.Н., Евсеева Н.А., Коротенко О.Ю. Персонализированное прогнозирование вероятности развития артериальной гипертензии и ишемической болезни сердца у шахтёров с антракосиликозом с помощью автоматизированной системы. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(7): 675–681. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-7-675-681> <https://elibrary.ru/zyefef>

**Для корреспонденции:** Панев Николай Иванович, доктор мед. наук, начальник научно-клинического отдела медицины труда ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», 654041, Новокузнецк. E-mail: [panevni@gmail.com](mailto:panevni@gmail.com)

**Участие авторов:** Панев Н.И. – концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, статистическая обработка, написание текста; Филимонов С.Н. – редактирование; Панев Р.Н. – статистическая обработка данных, написание текста; Евсеева Н.А. – сбор материала и обработка данных, написание текста; Коротенко О.Ю. – сбор материала, редактирование. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**Финансирование.** Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 07.04.2023 / Принята к печати: 07.06.2023 / Опубликована: 30.08.2023

Nikolay I. Panev, Sergey N. Filimonov, Roman N. Panev, Natalya A. Evseeva, Olga Yu. Korotenko

## Personalized prediction of the probability of developing arterial hypertension and coronary heart disease in miners with anthracosilicosis using an automated system

Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation

**Introduction.** The remaining high level of production-related cardiovascular morbidity necessitates timely preventive measures. The development of an automated forecasting technique will make it possible to implement personalized and differentiated approaches in the prevention of cardiovascular pathology in persons in contact with harmful production factors.

**Materials and methods.** The object of the study were workers employed in underground coal mining: One hundred sixty eight miners with previously diagnosed anthracosilicosis and 151 miners of the control group without lung pathology (a total of 319 people). Identification of diseases of the circulatory system and risk factors was carried out using clinical, laboratory, instrumental methods. The Bayes method was used to develop a forecasting system. The forecasting software as developed in the Lazarus environment using object-oriented programming methods.

**Results.** The most informative markers associated with a high probability of developing arterial hypertension and coronary heart disease in workers with anthracosilicosis have been identified. A software “Automated system for personalized prediction of the probability of developing arterial hypertension and coronary

heart disease in miners with anthracosilicosis" has been developed. An automated forecasting system determines the degree of risk of diseases based on the results of the sum of prognostic coefficients.

**Limitations.** The limitation of the study was related to the sample of coal mine workers examined in the clinic of the Institute, namely: age from 40 to 54 years, long-term (more than 15 years) work experience in harmful working conditions. The study did not include miners who had other occupational diseases besides anthracosilicosis.

**Conclusions.** An automated system of personalized forecasting ensures the formation of high cardiovascular risk groups with minimal time costs, which allows starting primary prevention of cardiological pathology in a timely manner.

**Keywords:** anthracosilicosis; risk factors; arterial hypertension; coronary heart disease; prediction

**Compliance with ethical standards:** The study was approved by the Local Ethics Committee of the Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases and was conducted in compliance with the ethical principles presented in the latest version of the Declaration of Helsinki developed by the World Medical Association. From patients there was obtained voluntary informed consent.

**For citation:** Panev N.I., Filimonov S.N., Panev R.N., Evseeva N.A., Korotenko O.Yu. Personalized prediction of the probability of developing arterial hypertension and coronary heart disease in miners with anthracosilicosis using an automated system. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(7): 675–681. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-7-675-681> <https://elibrary.ru/zyefef> (In Russ.)

**For correspondence:** Nikolay I. Panev, MD, PhD, DSci., head of the scientific and clinical department of occupational medicine, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation. E-mail: [panevni@gmail.com](mailto:panevni@gmail.com)

#### Information about the authors:

Panev N.I., <https://orcid.org/0000-0001-5775-2615>

Filimonov S.N., <https://orcid.org/0000-0001-6816-6064>

Panev R.N., <https://orcid.org/0000-0001-7882-952X>

Evseeva N.A., <https://orcid.org/0000-0002-2533-6251>

Korotenko O.Yu., <https://orcid.org/0000-0001-7158-4988>

**Contribution:** Panev N.I. – the concept and design of the study, collection and processing of material, statistical processing, writing a text; Filimonov S.N. – editing; Panev R.N. – statistical processing of material, writing a text; Evseeva N.A. – collection and processing of material, writing a text; Korotenko O.Yu. – collection of material, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship.

Received: April 7, 2023 / Accepted: June 7, 2023 / Published: August 30, 2023

## Введение

Профилактика хронических неинфекционных болезней является приоритетным направлением здравоохранения, большое значение имеет оценка риска и возможности прогнозирования развития сердечно-сосудистых болезней [1–3]. Известно, что на протяжении многих лет патологии системы кровообращения стойко удерживают первенство среди причин заболеваемости и смертности трудоспособного населения [4, 5]. На предприятиях с вредными и опасными условиями труда у работников выше распространённость болезней сердца и кровеносных сосудов [6–8]. Воздействие вредных факторов рабочей среды создаёт условия для развития производственно обусловленных патологий, в частности ишемической болезни сердца (ИБС) и гипертонической болезни [9–11]. Для сохранения здоровья трудоспособного населения особенно важна эффективная профилактика клинически значимых форм болезней, в связи с чем очевидны преимущества прогностических методик определения сердечно-сосудистого риска [12, 13]. Наиболее эффективной стратегией первичной профилактики признаётся снижение распространённости поведенческих и корректируемых факторов риска, чем обосновано их использование в качестве прогностических маркёров [14]. Выделение наиболее информативных предикторов риска с учётом вклада условий производственной среды в формирование патологии позволяет реализовать персонализированный и дифференцированный подходы к профилактике кардиоваскулярных болезней у работников, контактирующих с вредными производственными факторами [15].

**Цель исследования** – разработать систему прогнозирования вероятности развития артериальной гипертензии (АГ) и ИБС у шахтёров с антракосиликозом и оптимизировать с помощью компьютерных технологий определение групп высокого сердечно-сосудистого риска.

## Материалы и методы

Процесс создания автоматизированной прогностической системы осуществлялся в три этапа: на первом этапе была изучена частота АГ, ИБС и факторов кардиоваскулярного риска у работников с антракосиликозом, изучено влия-

ние вредных производственных факторов на частоту АГ и ИБС у работников с антракосиликозом; на следующем этапе были определены наиболее значимые профессиональные и непрофессиональные факторы риска, связанные с высокой вероятностью развития АГ или ИБС; на третьем этапе проводилась разработка программы для ЭВМ «Автоматизированная система персонализированного прогнозирования вероятности развития артериальной гипертензии и ишемической болезни сердца у шахтёров с антракосиликозом» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022668540 от 07.10.2022 г. Заявка № 2022663132 от 12.07.2022 г.).

Исследование проведено в клинике ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний» (Кемеровская область, Новокузнецк). В исследовании принимали участие работники основных профессий угольных предприятий юга Кемеровской области (всего 319 мужчин): 168 человек, имеющие подтверждённый диагноз антракосиликоза (основная группа), 151 человек без профзаболеваний и патологий органов дыхания (контрольная группа). Возраст обследованных работников – от 40 до 54 лет, стаж работы во вредных условиях труда – от 15 до 25 лет и более. По возрасту и длительности подземного стажа группы статистически значимо не различались ( $p > 0,05$ ).

Для диагностики антракосиликоза использовали «Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике пневмокозиозов» (2016 г.), при выявлении АГ применяли клинические рекомендации «Артериальная гипертензия у взрослых» (2019 г.), ИБС диагностировали согласно критериям, представленными в клинических рекомендациях «Стабильная ишемическая болезнь сердца» (2020 г.). Для диагностики метаболического синдрома применяли критерии, изложенные в «Национальных рекомендациях по диагностике и лечению метаболического синдрома» (2013 г.). Наличие дыхательной недостаточности оценивали по методу пульсоксиметрии, тип нарушений вентиляционной способности лёгких – по данным спирометрии; проводился бронходилатационный тест. Тяжёлый семейный анамнез по сердечно-сосудистым заболеваниям учитывался при перенесённом инфаркте миокарда или ишемическом инсульте у родственников первой линии: у женщин – до 65 лет, у мужчин – до 45 лет.

Табакокурением считали систематическое выкуривание одной сигареты и более в день, при этом рассчитывали индекс курящего человека (ИК). Определяли тип личности А по Фридману и Розенману при помощи анкетирования. Оценку количества употребляемой поваренной соли проводили по критериям, рекомендованным ВОЗ. Наличие избыточной массы тела и ожирения оценивали по индексу Кетле (ИМТ). Абдоминальный тип ожирения определяли при отношении окружности талии к окружности бёдер (ОТ/ОБ) более 0,9. Проводили соматотипирование по величинам индексов Риса – Айзенка и Тэннера. При биохимическом исследовании крови оценивали показатели липидного спектра, уровень гликемии, С-реактивного белка, гомоцистеина, мочевой кислоты; изучали параметры гемостазиограммы (уровень фибриногена, растворимых фибрин-мономерных комплексов – РФМК), определяли антигены групп крови систем ABO, Rh, MN.

Статистическая обработка данных проведена с использованием программных пакетов Microsoft Excel 2019, IBM SPSS Statistica v. 20. Для анализа связи между качественными признаками применяли критерий  $\chi^2$ , в том числе с поправками Йетса на непрерывность. Критический уровень статистической значимости принимался равным 0,05. При описании взаимоотношений между изучаемыми факторами определяли относительный риск и отношения шансов, также рассчитывали доверительный интервал.

Создание прогностической системы основывалось на байесовском подходе и анализе Вальда: для каждого фактора риска рассчитано значение прогностического коэффициента (ПК) в соответствии с частотой изучаемого признака у лиц, имеющих АГ (ИБС) и не имеющих АГ (ИБС).

Автоматизированная система персонализированного прогнозирования вероятности развития болезни представляет собой программу для персонального компьютера, имеющую удобный визуальный интерфейс. Системные требования: IBM PC-совместимый персональный компьютер с операционной системой Windows XP (32 bit) и выше, оперативная память от 512 МВ и 50 МВ свободного дискового пространства. Программа разрабатывалась в открытой среде разработки Lazarus (лицензия GNU General Public License) с использованием методов объектно-ориентированного программирования.

## Результаты

Анализ полученного материала показал, что у больных антракосиликозом в сочетании с АГ чаще встречаются следующие непрофессиональные факторы риска: возраст 50 лет и старше, табакокурение, особенно с индексом курения выше 20, абдоминальный тип ожирения, избыточное потребление соли, тип личности А, наличие гипергликемии натощак, гипергомоцистеинемия, гиперурикемия, гиперстенический тип телосложения по индексу Риса – Айзенка, группы крови АВ (IV), В (III), MN и NN. Выявлены профессиональные факторы риска, чаще встречающиеся у работников с антракосиликозом и АГ: стаж работы во вредных условиях труда 25 лет и более, запылённость рабочей зоны, превышающая предельно допустимые концентрации в 10 и более раз.

У шахтёров с антракосиликозом в сочетании с ИБС наиболее часто встречались следующие непрофессиональные факторы риска: возраст 45 лет и старше, табакокурение, наличие артериальной гипертензии, абдоминального ожирения, метаболического синдрома, гипергомоцистеинемии, гиперфибриногенемии, повышение уровней РФМК и СРБ, снижение уровня холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС-ЛПВП), андроморфный тип телосложения по индексу Тэннера, группа крови NN. Также выявлены профессиональные факторы риска, чаще встречающиеся у шахтёров с антракосиликозом и ИБС: стаж работы во вредных условиях труда 20 лет и более, наличие дыхательной недостаточности (как осложнение профессиональных болезней).

В табл. 1 и 2 приведены значения прогностических коэффициентов для каждого маркёра риска.

Данные о наиболее информативных маркёрах риска развития АГ и ИБС у работников с антракосиликозом и значении ПК для каждого маркёра были использованы при разработке программы для ЭВМ «Автоматизированная система персонализированного прогнозирования вероятности развития артериальной гипертензии и ишемической болезни сердца у шахтёров с антракосиликозом». Принцип работы автоматизированной системы прогнозирования состоит в суммировании ПК каждого маркёра с учётом знака: сумма +5 баллов и более свидетельствует о потенциально высоком риске развития АГ (ИБС) у шахтёра с антракосиликозом; сумма –5 баллов и менее показывает низкую степень риска; значение от 0 до +4 баллов – вероятно предрасположенный, от –4 до 0 баллов – вероятно устойчивый к возникновению АГ (ИБС) работник с антракосиликозом.

До начала работы с программой необходимо получить данные о возрасте работника, продолжительности работы в подземных условиях, среднесменной концентрации угольно-породной пыли, наличии дыхательной недостаточности, АГ, табакокурении, избыточном потреблении соли, метаболическом синдроме, рассчитать соматотип по индексам Риса – Айзенка и Тэннера и индекс ОТ/ОБ, определить тип личности по Фридману и Розенману; выявить лабораторные маркёры (уровень гликемии, ХС-ЛПВП, гомоцистеина, мочевой кислоты, СРБ, фибриногена, РФМК) и группы крови по системам АВ0 и MN. Непосредственно процесс расчёта прогноза автоматизированной системой занимает несколько минут, осуществляется следующим образом: на «Главном экране» необходимо определиться с прогнозируемой патологией – АГ или ИБС, нажать кнопку «Начать прогнозирование». Программа переключится на экран ввода показателей, где нужно отметить значение каждого маркёра в соответствии с таблицами прогнозирования и нажать «Сформировать прогноз». В случае отсутствия каких-либо показателей прогнозирования невозможно. Далее на экране «Результаты прогнозирования» отобразится сумма ПК, в соответствии со значением которой выдаётся прогноз риска развития патологии. Возможны следующие варианты прогнозов: «Низкий риск развития патологии», «Высокий риск развития патологии», «Неопределённый результат». Пользователь имеет возможность сохранить все внесённые данные вместе с результатом прогнозирования или распечатать их на принтере.

Программа для персонализированного прогнозирования успешно внедрена в лечебно-профилактическую работу клиники НИИ КППГЗ. Использование программы позволяет в кратчайшие сроки определить величину риска развития АГ или ИБС у работников с антракосиликозом и выделить группу высокого риска. Ниже представлены некоторые случаи из практики клиники НИИ КППГЗ, подтверждающие эффективность автоматизированной системы прогнозирования.

*Пример 1.* Шахтёр Ч., 46 лет, машинист горных выемочных машин, продолжительность работы в подземных условиях – 22 года, среднесменные концентрации угольно-породной пыли до 17 раз превышали ПДК. Курит (индекс курильщика 22,3), избыточно употребляет соль. Диагноз антракосиликоза установлен в клинике НИИ КППГЗ, признаков дыхательной недостаточности не выявлено. При обследовании уровень глюкозы – 5,63 ммоль/л, мочевой кислоты – 318 мкмоль/л; выявлена гипергомоцистеинемия (21,5 мкмоль/л). Высокий индекс ОТ/ОБ – 1,16. Тип личности А не выявлен. Гиперстенический соматотип по Рису – Айзенку. Группы крови В (III) и MN.

Сумма ПК в соответствии с табл. 1:  $-2-1+2+2+3-1+5-1+3-1+2+1+3 = +15$  баллов. Прогноз системы прогнозирования – «Высокий риск развития артериальной гипертензии», что было подтверждено при стационарном обследовании: выявлена гипертоническая болезнь II стадии, контролируемая артериальная гипертензия, риск 3.

Таблица 1 / Table 1

Таблица прогнозирования вероятности развития артериальной гипертензии у шахтёров с антракосиликозом  
Table for predicting the likelihood of developing arterial hypertension in miners with anthracosilicosis

| Фактор риска<br>Risk factor   | P <sub>1</sub> (%) | P <sub>2</sub> (%) | Прогностический коэффициент<br>Predictive coefficient |
|---|--------------------|--------------------|---|
| Возраст, лет: / Age, years:   |                    |                    |   |
| до (up to) 49   | 49.25              | 72.28              | –2  |
| 50 и старше (and older)   | 50.75              | 27.72              | +3  |
| Стаж работы во вредных условиях труда:<br>Work experience in hazardous working conditions:                                  |                    |                    |   |
| до (up to) 20   | 8.96               | 20.79              | –4  |
| 20–25   | 26.87              | 35.64              | –1  |
| 25 и более (and over)   | 64.18              | 43.56              | +2  |
| Запылённость рабочей зоны: / Dustiness of the working area:   |                    |                    |   |
| в 10 и более раз выше предельно допустимой концентрации<br>10 or more times higher than the maximum allowable concentration | 76.12              | 51.49              | +2  |
| менее чем в 10 раз выше предельно допустимой концентрации<br>less than 10 times the maximum allowable concentration         | 23.88              | 48.51              | –3  |
| Индекс курения (ИК): / Smoking index (SI):  |                    |                    |   |
| более 20 / over 20  | 47.76              | 31.68              | +2  |
| равен или ниже 20 / equal to or below 20  | 34.33              | 29.7               | +1  |
| не курит / doesn't smoke  | 17.91              | 38.61              | –3  |
| Избыточное потребление соли: / Excessive salt intake:   |                    |                    |   |
| есть / yes  | 43.28              | 20.79              | +3  |
| нет / no  | 56.72              | 79.21              | –1  |
| Гипергликемия натощак: / Fasting hyperglycemia:   |                    |                    |   |
| есть / yes  | 22.3               | 3.96               | +8  |
| нет / no  | 77.61              | 96.04              | –1  |
| Гипергомоцистеинемия: / Hyperhomocysteinemia:   |                    |                    |   |
| есть / yes  | 22.39              | 6.93               | +5  |
| нет / no  | 77.61              | 93.07              | –1  |
| Гиперурикемия: / Hyperuricemia:   |                    |                    |   |
| есть / yes  | 22.39              | 2.97               | +9  |
| нет / no  | 77.61              | 97.03              | –1  |
| Индекс отношения окружности талии к окружности бёдер:<br>Index of the waist circumference to hip circumference ratio:       |                    |                    |   |
| более 0,9 / over 0.9  | 79.1               | 43.56              | +3  |
| равен или ниже 0,9 / equal to or below 0.9  | 20.9               | 56.44              | –4  |
| Личность типа А: / Type A personality:  |                    |                    |   |
| да / yes  | 37.31              | 12.87              | +5  |
| нет / no  | 62.69              | 87.13              | –1  |
| Конституционально-морфологический тип по Рису – Айзенку:<br>Constitutional-morphological type according to Rees – Eysenck:  |                    |                    |   |
| гиперстеник / hypersthenic person   | 67.16              | 43.56              | +2  |
| нормостеник / normostenic person  | 28.36              | 48.51              | –2  |
| астеник / astenic person  | 4.48               | 7.92               | –2  |
| Группа крови АВ0: / АВ0 blood type:   |                    |                    |   |
| 0 (I)   | 28.36              | 45.54              | –2  |
| A (II)  | 31.34              | 30.69              | +0  |
| B (III)   | 25.37              | 20.79              | +1  |
| AB (IV)   | 14.93              | 2.097              | +7  |
| Группа крови MN: / Blood type MN:   |                    |                    |   |
| MM  | 47.76              | 65.35              | –1  |
| MN  | 28.36              | 13.86              | +3  |
| NN  | 23.88              | 20.79              | +1  |

Таблица 2 / Table 2

Таблица прогнозирования вероятности развития ишемической болезни сердца у шахтёров с антракосиликозом  
Table for predicting the probability of developing coronary heart disease in miners with anthracosilicosis

| Фактор риска<br>Risk factor   | P <sub>1</sub> (%) | P <sub>2</sub> (%) | Прогностический коэффициент<br>Predictive coefficient |
|---|--------------------|--------------------|---|
| Возраст, лет: / Age, years:   |                    |                    |   |
| до (up to) 45   | 13.04              | 30.33              | −4  |
| 45–49   | 39.13              | 36.88              | +0  |
| 50 и старше (and older)   | 47.83              | 32.79              | +2  |
| Стаж работы во вредных условиях труда:<br>Work experience in hazardous working conditions:                            |                    |                    |   |
| до (up to) 20   | 4.35               | 20.49              | −7  |
| 20–25   | 30.43              | 32.79              | +0  |
| 25 и более (and over)   | 65.22              | 46.72              | +1  |
| Курение: / Smoking:   |                    |                    |   |
| да / yes  | 86.96              | 63.11              | +1  |
| нет / no  | 13.04              | 36.89              | −5  |
| Артериальная гипертензия: / Arterial hypertension:  |                    |                    |   |
| есть / yes  | 56.52              | 33.61              | +2  |
| нет / no  | 43.48              | 66.39              | −2  |
| Метаболический синдром: / Metabolic syndrome:   |                    |                    |   |
| есть / yes  | 19.57              | 4.92               | +6  |
| нет / no  | 80.43              | 95.08              | −1  |
| Индекс отношения окружности талии к окружности бёдер:<br>Index of the waist circumference to hip circumference ratio: |                    |                    |   |
| более 0,9 / over 0.9  | 71.74              | 52.46              | +1  |
| равен или ниже 0,9 / equal to or below 0.9  | 28.26              | 47.54              | −2  |
| Дыхательная недостаточность: / Respiratory failure:   |                    |                    |   |
| есть / yes  | 89.13              | 63.11              | +1  |
| нет / no  | 10.87              | 36.89              | −5  |
| Снижение уровня холестерина липопротеинов высокой плотности: / Lowering high-density lipoprotein cholesterol levels:  |                    |                    |   |
| есть / yes  | 41.3               | 18.85              | +3  |
| нет / no  | 58.7               | 81.15              | −1  |
| Гипергомоцистеинемия: / Hyperhomocysteinemia:   |                    |                    |   |
| есть / yes  | 26.09              | 8.2                | +5  |
| нет / no  | 73.91              | 91.8               | −1  |
| Уровень С-реактивного белка: / Level of C-reactive protein:   |                    |                    |   |
| выше 2.0 г/л (above 2.0 g/l)  | 65.22              | 33.61              | +3  |
| равно или ниже 2.0 г/л (equal to or below 2.0 g/l)  | 34.78              | 66.39              | −3  |
| Гиперфибриногенемия: / Hyperfibrinogenemia:   |                    |                    |   |
| есть / yes  | 45.65              | 22.13              | +3  |
| нет / no  | 54.35              | 77.87              | −2  |
| Уровень растворимых фибрин-мономерных комплексов:<br>Level of soluble fibrin-monomer complexes:                       |                    |                    |   |
| выше 4.0 мг/дл (above 4.0 mg/dl)  | 26.09              | 9.84               | +4  |
| равен или ниже 4.0 мг/дл (equal to or below 4.0 mg/dL)  | 73.91              | 90.16              | −1  |
| Конституционально-морфологический тип по Тэннеру:<br>Constitutional-morphological type according to Tanner:           |                    |                    |   |
| андроморф / andromorph type   | 47.83              | 26.23              | +3  |
| мезоморф / mesomorph type   | 45.65              | 55.74              | −1  |
| гинекоморф / gynecomorph type   | 6.52               | 18.03              | −4  |
| Группа крови MN: / M-N blood group:   |                    |                    |   |
| MM  | 50.0               | 61.48              | −1  |
| MN  | 15.22              | 21.31              | −1  |
| NN  | 34.78              | 17.21              | +3  |

**Пример 2.** Шахтёр С., 49 лет, работает горнорабочим очистного забоя, подземный стаж 32 года, среднесменные концентрации угольно-породной пыли до 25 раз превышают ПДК, не курит, избыточного употребления соли нет. Антракосиликоз диагностирован в клинике НИИ КППГЗ; признаков дыхательной недостаточности нет. При обследовании уровень глюкозы – 4,54 ммоль/л, мочевой кислоты – 349 мкмоль/л, гомоцистеина – 14,1 мкмоль/л. Индекс ОТ/ОБ в пределах нормы – 0,84. Тип личности А не выявлен. Нормостенический соматотип по Рису – Айзенку. Группы крови 0 (I) и MM.

Сумма ПК в соответствии с табл. 1:  $-2+2+2-3-1-1-1-1-4-1-2-2-1 = -15$  баллов, что значительно меньше  $-5$  баллов. Прогноз системы прогнозирования – «Низкий риск развития артериальной гипертензии». Клиническое обследование шахтёра С. с проведением суточного мониторирования АД признаков артериальной гипертензии не выявило.

**Пример 3.** Шахтёр К., 52 года, машинист горных выемочных машин, работает на добыче угля 29 лет, антракосиликоз диагностирован в клинике НИИ КППГЗ; нарушения функции дыхания нет, продолжает работать. Курит (индекс курильщика 12,5). Клиники стенокардии нет. Проведённое обследование, в том числе суточное мониторирование АД, данных за АГ не выявило. Метаболического синдрома нет. Индекс ОТ/ОБ в пределах нормы – 0,82. При обследовании выявлено: уровень ХС-ЛПВП – 1,63 ммоль/л, гомоцистеина – 11,3 мкмоль/л, СРБ – 1,7 мг/л, фибриногена – 2,6 г/л, РФМК – 0 мг/дл. Мезоморфный конституционально-морфологический тип по индексу Тэннера. Группа крови MM. Сумма ПК в соответствии с табл. 2:  $+2+1+1-2-1-2-5-1-1-3-2-1-1-1 = -16$  баллов. Прогноз: «Низкий риск развития ИБС».

По результатам проведённого в клинике НИИ КППГЗ обследования работника (ЭКГ, эхоКГ, велоэргометрия, суточное мониторирование ЭКГ) данных за ИБС не получено.

**Пример 4.** Шахтёр М., 53 года, горнорабочий очистного забоя, стаж работы в подземных условиях 29 лет. Диагноз антракосиликоза установлен в клинике НИИ КППГЗ. Контрольное обследование в клинике выявило наличие дыхательной недостаточности первой степени, продолжение работы в условиях запылённости противопоказано, рекомендовано направить в БМСЭ. Последние 7 мес отмечал появление эпизодов ангинозной боли при интенсивной физической нагрузке, которая проходит в покое через 1–2 мин. За медицинской помощью по данному поводу не обращался. Курит. Проведённое обследование выявило наличие АГ, метаболического синдрома. Высокий индекс ОТ/ОБ – 1,11. При обследовании выявлено: снижение уровня ХС-ЛПВП – 0,83 ммоль/л, гипергомоцистеинемия (23,5 мкмоль/л), высокий уровень СРБ – 6,7 мг/л. Уровень фибриногена – 3,33 г/л, РФМК – 0 мг/дл. Мезоморфный соматотип по индексу Тэннера. Группа крови NN.

Сумма ПК в соответствии с табл. 2:  $+2+1+1+2+6+1+1+3+5+3-2-1-1+3 = +24$  балла. Прогноз автоматизированной системы: «Высокий риск развития ИБС». Проведённая велоэргометрия подтвердила диагноз стенокардии II функционального класса.

## Обсуждение

Современная научная база располагает большим количеством работ, посвящённых изобретению рискметров развития сердечно-сосудистых болезней. В профпатологии, как и в других медицинских специальностях, ясно обозначилась

необходимость расширять применение методов математического прогнозирования. Современные системы оценки предрасположенности к развитию болезней системы кровообращения базируются на концепции факторов риска и позволяют повысить эффективность профилактической стратегии «высокого риска» для конкретного пациента [16]. По сравнению с рискметрами на основе определения только генетических маркёров шкалы, разработанные с использованием поведенческих факторов риска, имеют несомненное преимущество в связи с возможностью коррекции этих факторов и, следовательно, снижения риска. Очевидная производственная обусловленность АГ и ИБС у работающих в небезопасных условиях труда требует учитывать вклад вредных факторов трудового процесса в формирование прогноза [17, 18]. Для работников угольной отрасли особое значение представляет угольно-породная пыль в связи с её местным (структуры респираторной системы) и системным повреждающим действием [19–21]. Это нашло подтверждение в нашем исследовании: АГ у шахтёров с антракосиликозом встречалась чаще, если среднесменные концентрации угольно-породной пыли в воздухе рабочей зоны превышали предельно допустимые в 10 и более раз. Необходимо отметить, что полученные результаты свидетельствуют о более весомой роли модифицируемых предикторов в формировании АГ и ИБС у работников с антракосиликозом. При ранжировании факторов по степени значимости определены предикторы, значительно повышающие риск развития АГ у больных антракосиликозом (гиперурикемия, гипергликемия натощак, группа крови АВ, гипергомоцистеинемия, личность типа А), и выявлены факторы, которые существенно снижают риск развития АГ у шахтёров с антракосиликозом: стаж работы во вредных условиях труда менее 20 лет, отсутствие абдоминального ожирения. Значительно предрасположенными к развитию ИБС оказались лица с антракосиликозом, имеющие метаболический синдром, повышенные уровни гомоцистеина и РФМК. Отсутствие таких факторов, как курение и дыхательная недостаточность, наличие стажа работы в подземных условиях менее 20 лет, ассоциированы с относительно небольшой вероятностью развития ИБС. Оценка сердечно-сосудистого риска по совокупности генетических, поведенческих и профессиональных факторов приобретает качественно новый уровень прогнозирования АГ и ИБС у пациентов с профессиональной патологией. Автоматизация прогнозирования риска развития кардиоваскулярных болезней является перспективным направлением ввиду непрерывного совершенствования информационного обеспечения лечебно-профилактической деятельности в России.

## Заключение

Применение автоматизированной системы персонализированного прогнозирования рекомендовано в рамках периодических медицинских осмотров, при углублённом обследовании лиц с профессиональной патологией, может использоваться врачами центров и отделений профпатологии. Выявление ведущих предикторов риска и их прицельная коррекция обеспечат эффективное снижение сердечно-сосудистой заболеваемости. Программа определяет с минимальными временными затратами вероятность развития АГ или ИБС у работников с антракосиликозом, что позволит врачу-профпатологу немедленно приступить к разработке персональных профилактических мероприятий в отношении производственно обусловленной сердечно-сосудистой патологии.

## Литература (п.п. 20, 21 см. References)

- Калинина А.М., Кушунина Д.В., Горный Б.Э., Антонов К.А., Бетяева О.В., Соколов Г.Е. Потенциал профилактики сердечно-сосудистых заболеваний по результатам диспансеризации взрослого населения. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2019; 18(4): 69–76. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2019-4-69-76>
- Турдиев М.Р., Исмаилов С.И., Камилова У.К. Оценка факторов риска и сердечно-сосудистого риска в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний. *Евразийский кардиологический журнал*. 2019; (S2): 72. <https://elibrary.ru/cviucm>

## Original article

- Смирнова О.А., Воронцова Т.В. Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний у мужчин, работников нефтегазовой отрасли города Сургута. *Здравоохранение Югры: опыт и инновации*. 2016; (4): 10–7. <https://elibrary.ru/xcmntp>
- Каримова Л.К., Гимаева З.Ф., Галимова Р.Р., Мулдашева Н.А., Калимуллина Д.Х., Маврина Л.Н. и др. Оценка кардиоваскулярного риска у работников нефтехимических производств и разработка программы профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(9): 978–83. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-9-978-983> <https://elibrary.ru/jwhlprk>
- Ракитский В.Н., Липатова Л.В., Измайлова О.А. Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний у работников предприятий горнодобывающей промышленности. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2016; 60(1): 10–2. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2016-60-1-10-12> <https://elibrary.ru/vocbfv>
- Страшников Т.Н., Олещенко А.М., Суржиков Д.В., Кислицына В.В. Оценка риска для здоровья работников горнорудного производства на основе кластерного анализа условий труда. *Медицина в Кузбассе*. 2017; 16(4): 8–12. <https://elibrary.ru/zofqwh>
- Ладик Е.А., Шипилов И.В., Воронин В.Н. Хронические неинфекционные заболевания и факторы их развития. *Вопросы диетологии*. 2019; 9(4): 24–36. <https://doi.org/10.20953/2224-5448-2019-4-24-36> <https://elibrary.ru/atxvud>
- Тихонова Г.И., Пиктушанская Т.Е., Горчакова Т.Ю., Чуранова А.Н., Брылева М.С. Влияние длительности и интенсивности воздействия производственных факторов на уровни смертности шахтеров-угольщиков. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; 58(7): 16–21. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-7-16-21>
- Бойцов С.А., Драпкина О.М., Шляхто Е.В., Конради А.О., Баланова Ю.А., Жернакова Ю.В. и др. Исследование ЭССЕ-РФ (Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний и их факторов риска в регионах Российской Федерации). Десять лет спустя. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2021; 20(5): 143–52. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2021-3007> <https://elibrary.ru/zpgrp>
- Гимаева З.Ф., Бакиров А.Б., Капцов В.А., Каримова Л.К. Основные факторы риска и распространенности сердечно-сосудистых заболеваний у работников нефтехимических производств. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(2): 152–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-2-152-155> <https://elibrary.ru/yirfcd>
- Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Алексеев В.Б., Уланова Т.С., Носов А.Е., Вознесенский Н.К. Особенности производственно обусловленных заболеваний у шахтеров, занятых подземной добычей хромовых руд. *Медицина труда и экология человека*. 2018; 58(1): 13–23. <https://elibrary.ru/xfbeth>
- Филимонов С.Н., Панев Н.И., Коротенко О.Ю., Евсеева Н.А., Данилов И.П., Зацепина О.В. Распространенность соматической патологии у работников угольных шахт с профессиональными заболеваниями органов дыхания. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(6): 381–4. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-6-381-384> <https://elibrary.ru/nqienj>
- Филимонов Е.С., Коротенко О.Ю. Система прогнозирования атеросклероза на основе выявления наиболее значимых факторов риска у работников основных профессий угольной промышленности юга Кузбасса. *Медицина в Кузбассе*. 2022; 21(3): 80–5. <https://doi.org/10.24412/2687-0053-2022-3-80-85> <https://elibrary.ru/yrxkpo>
- Шляхто Е.В., ред. *Кардиология: Национальное руководство*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2015.
- Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Ухабов В.М. Влияние вредных физических факторов и производственной пыли на изменения некоторых биохимических и функциональных показателей состояния сердечно-сосудистой системы и органов дыхания у работников, занятых подземной добычей руды. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(11): 920–5. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-920-925> <https://elibrary.ru/mgbzsn>
- Максикова Т.М., Калаягин А.Н. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний в России: возможности оптимизации. *Менеджер здравоохранения*. 2019; (4): 34–40. <https://elibrary.ru/kbntnyk>
- Каримова Л.К., Галимова Р.Р., Шайхлисламова Э.Р., Мулдашева Н.А., Маврина Л.Н., Габдулвалеева Э.Ф. Влияние вредных производственных факторов на распространенность хронических неинфекционных заболеваний у работников производств изопропанового каучука. *Медицина труда и экология человека*. 2019; 59(3): 15–22. <https://doi.org/10.24411/2411-3794-2019-10031> <https://elibrary.ru/hurfxb>
- Кутихин А.Г., Ефимова О.С., Исмагилов З.Р., Барбараш О.Л. Влияние пылевого загрязнения от угольной и углехимической промышленности на риск развития сердечно-сосудистых заболеваний. *Химия в интересах устойчивого развития*. 2018; 26(6): 647–55. <https://doi.org/10.15372/KhUR20180612> <https://elibrary.ru/ysaytz>
- Михайлова Н.Н., Бугаева М.С., Бондарев О.И., Шавцова Г.М. Системные морфологические изменения, ассоциированные с динамикой развития пневмокозиоза. *Медицина в Кузбассе*. 2017; 16(4): 68–73. <https://elibrary.ru/zofran>

## References

- Kalinina A.M., Kushunina D.V., Gornyy B.E., Antonov K.A., Betyaeva O.V., Sokolov G.E. The potential of cardiovascular diseases' prevention according to the results of dispensary examinations of the adult population. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2019; 18(4): 69–76. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2019-4-69-76> (in Russian)
- Turdiev M.R., Ismailov S.I., Kamilova U.K. Assessment of risk factors and cardiovascular risk in the prevention of cardiovascular diseases. *Evrasiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2019; (S2): 72. <https://elibrary.ru/cviucm> (in Russian)
- Smirnova O.A., Vorontsova T.V. Prevention of cardiovascular diseases in men, workers in the oil and gas industry of the city of Surgut. *Zdravookhraneniye Yugry: opyt i innovatsii*. 2016; (4): 10–7. <https://elibrary.ru/xcmntp> (in Russian)
- Karimova L.K., Gimaeva Z.F., Galimova R.R., Muldasheva N.A., Kalimullina D.Kh., Mavrina L.N., et al. Cardiovascular risk assessment among petrochemical workers and development of a prevention program for cardiovascular diseases. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(9): 978–83. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-9-978-983> <https://elibrary.ru/jwhlprk> (in Russian)
- Rakitskiy V.N., Lipatova L.V., Izmaylova O.A. The prevention of cardiovascular diseases in workers of enterprises of mining industry. *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii*. 2016; 60(1): 10–2. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2016-60-1-10-12> <https://elibrary.ru/vocbfv> (in Russian)
- Strashnikova T.N., Oleshchenko A.M., Surzhikov D.V., Kislicyna V.V. Risk assessment for workers' health in mining production based on the cluster analysis of labour conditions. *Meditsina v Kuzbasse*. 2017; 16(4): 8–12. <https://elibrary.ru/zofqwh> (in Russian)
- Ladik E.A., Shipilov I.V., Voronin V.N. Chronic noninfectious diseases and risk factors of their development. *Voprosy dietologii*. 2019; 9(4): 24–36. <https://doi.org/10.20953/2224-5448-2019-4-24-36> <https://elibrary.ru/atxvud> (in Russian)
- Tikhonova G.I., Piktushanskaya T.E., Gorchakova T.Yu., Churanova A.N., Bryleva M.S. Influence of duration and intensity of exposure to occupational hazards on mortality levels of coal miners. *Meditsina труда i promyshlennaya ekologiya*. 2018; 58(7): 16–21. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-7-16-21> (in Russian)
- Boytskov S.A., Drapkina O.M., Shlyakhto E.V., Konradi A.O., Balanova Yu.A., Zhernakova Yu.V., et al. Epidemiology of cardiovascular diseases and their risk factors in regions of Russian Federation (ESSE-RF) study. Ten years later. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2021; 20(5): 143–52. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2021-3007> <https://elibrary.ru/zpgrp> (in Russian)
- Gimaeva Z.F., Bakirov A.B., Kaptsov V.A., Karimova L.K. Major risk factors and cardiovascular disease prevalence among petrochemical workers. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(2): 152–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-2-152-155> <https://elibrary.ru/yirfcd> (in Russian)
- Zaytseva N.V., Ustinova O.Yu., Alekseev V.B., Ulanova T.S., Nosov A.E., Voznesenskiy N.K. Features of work-related diseases in chrome ore miners. *Meditsina труда i ekologiya cheloveka*. 2018; 58(1): 13–23. <https://elibrary.ru/xfbeth> (in Russian)
- Filimonov S.N., Panev N.I., Korotenko O.Yu., Evseeva N.A., Danilov I.P., Zatspeina O.V. Prevalence of somatic pathology in coal mine workers with occupational respiratory diseases. *Meditsina труда i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(6): 381–4. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-6-381-384> <https://elibrary.ru/nqienj> (in Russian)
- Filimonov E.S., Korotenko O.Yu. Atherosclerosis prediction system based on the identification of the most significant risk factors in workers of the main professions of the coal industry in the south of Kuzbass. *Meditsina v Kuzbasse*. 2022; 21(3): 80–5. <https://doi.org/10.24412/2687-0053-2022-3-80-85> <https://elibrary.ru/yrxkpo> (in Russian)
- Shlyakhto E.V., ed. *Cardiology: National Guidelines [Kardiologiya: Natsional'noe rukovodstvo]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2015. (in Russian)
- Zemlyanova M.A., Koldibekova Yu.V., Ukhavov V.M. The influence of harmful physical factors and industrial dust on changes in some biochemical and functional indicators of the cardiovascular system and respiratory system in workers engaged in underground mining of ore. *Meditsina труда i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(11): 920–5. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-920-925> <https://elibrary.ru/mgbzsn> (in Russian)
- Maksikova T.M., Kalyagin A.N. Prevention of chronic non-infectious diseases prevention in Russia: possibilities of optimization. *Menedzher zdravookhraneniya*. 2019; (4): 34–40. <https://elibrary.ru/kbntnyk> (in Russian)
- Karimova L.K., Galimova R.R., Shaykhlislamova E.R., Muldasheva N.A., Mavrina L.N., Gabdulvalееva E.F. The effect of harmful industrial factors on the space-space of chronic non-infectious life in employees rubber. *Meditsina труда i ekologiya cheloveka*. 2019; 59(3): 15–22. <https://doi.org/10.24411/2411-3794-2019-10031> <https://elibrary.ru/hurfxb> (in Russian)
- Kutikhin A.G., Efimova O.S., Ismagilov Z.R., Barbarash O.L. Effect of dust pollution of coal and coal chemical industries on the risk of developing heart diseases. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*. 2018; 26(6): 647–55. <https://doi.org/10.15372/KhUR20180612> <https://elibrary.ru/ysaytz> (in Russian)
- Mikhaylova N.N., Bugaeva M.S., Bondarev O.I., Shavtsova G.M. Systemic morphological changes associated with the dynamics of pneumoconiosis. *Meditsina v Kuzbasse*. 2017; 16(4): 68–73. <https://elibrary.ru/zofran> (in Russian)
- Casey M.L., Fedan K.B., Edwards N., Blackley D.J., Hallidin C.N., Wolfe A.L., et al. Evaluation of high blood pressure and obesity among US coal miners participating in the Enhanced Coal Workers' Health Surveillance Program. *J. Am. Soc. Hypertens*. 2017; 11(8): 541–5. <https://doi.org/10.1016/j.jash.2017.06.007>
- Costello S., Attfield M.D., Lubin J.H., Neophytou A.M., Blair A., Brown D.M., et al. Ischemic heart disease mortality and diesel exhaust and respirable dust exposure in the diesel exhaust in miners study. *Am. J. Epidemiol.* 2018; 187(12): 2623–32. <https://doi.org/10.1093/aje/kwy182>