**Научная статья**

**УДК** 616.62:616-001.11:
624.192.5

**DOI:** 10.24412/2658-4255-2025-3-08-16

**EDN:** TIMXEE

**Для цитирования:**
Никанов А.Н., Петрухин Н.Н., Рочева И.И., Шилов В.В., Макеева Л.В. Тепловизионное исследование – как один из методов диагностики вибрационной болезни у работников промышленного комплекса Арктической зоны Российской Федерации // Российская Арктика. 2025. Т. 7. № 3. С. 08-16. https://doi.org/10.24412/2658-4255-2025-3-08-16

Получена: 09.06.2025
Принята: 08.09.2025
Опубликована: 10.10.2025

**For citation:**
Nikanov AN, Petrukhin NN, Rocheva II, Shilov VV, Makeeva LV. Thermal imaging study as a method of diagnostic of vibration disease in industrial workers in the Arctic zone of the Russian Federation. *Russian Arctic*. 2025;7(3):08-16. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/2658-4255-2025-3-08-16

**Конфликт интересов.**
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**Финансирование.**
Исследование не имело спонсорской поддержки



# ТЕПЛОВИЗИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ – КАК ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ВИБРАЦИОННОЙ БОЛЕЗНИ У РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.Н. Никанов[1]*, Н.Н. Петрухин[1,2], И.И. Рочева[1], В.В. Шилов[1,3], Л.В. Макеева[1]

[1] Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия
[2] Санкт-Петербургский медико-социальный институт, Санкт-Петербург, Россия
[3] Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: *a.nikanov@s-znc.ru

**Аннотация**
Профессиональная и производственно-обусловленная заболеваемость работников, занятых добычей и переработкой полезных ископаемых в районах Арктической зоны Российской Федерации, занимает одно из ведущих мест в основных отраслях промышленности. Внедрение и использование современных технологий в медицине создало возможность существенного улучшения диагностики профессиональных заболеваний. Одним из дополнительных диагностических методов в составе комплексной диагностики периферических нейро–сосудистых нарушений профессионального генеза, вошедших в практическую медицину, является тепловизионный. Цель исследования заключалась в представлении тепловизионной диагностики как одного из методов объективизации диагноза вибрационной болезни у работников промышленного комплекса Арктической зоны Российской Федерации. Проведен анализ 6872 случаев профзаболеваний, установленных работникам промышленного комплекса Мурманской области за период с 1995 по 2024 гг. В структуре профессиональных заболеваний начиная с 2016-2018 гг. вибрационная болезнь занимает одно из ведущих мест, составляя 16,4 %, и ее доля в структуре увеличивается до 30,6 % в 2022-2024 гг. В условиях стационара клиники профпатологии проведены термографические исследования 91 пациенту основной группы (бурильщики, проходчики) и 33 пациентам контрольной группы (взрывники, электрогазосварщики). Вибрационная болезнь с периферическим ангиодистоническим синдромом в сочетании с полирадикулярными нарушениями отмечена у всех пациентов основной группы. Детальный анализ термографического обследования пациентов основной группы указывает на то, что на термограммах кистей в 100 % случаев отмечено снижение инфракрасного излучения, а у 48 % обследованных выявлена термоасимметрия инфракрасного излучения вне зависимости от степени клинических проявлений. Целесообразность применения тепловизионного метода в медицине труда для диагностики начальных проявлений нейро-сенсорных нарушений, а также в объективизации степени клинических проявлений при вибрационной болезни у работников виброопасных профессий не вызывает сомнений.

**Ключевые слова:** профессиональные заболевания, вибрационная болезнь, диагностика, метод медицинской термографии (тепловидение)

# THERMAL IMAGING STUDY AS A METHOD OF DIAGNOSTIC OF VIBRATION DISEASE IN INDUSTRIAL WORKERS IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

A.N. Nikanov[1*], N.N. Petrukhin[1,2], I.I. Rocheva[1], V.V. Shilov[1,3], L.V. Makeeva[1]

[1] Northwest Public Health Research Center, Saint Petersburg, Russia
[2] St. Petersburg medical and social institute, Saint Petersburg, Russia
[3] North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Ministry of Health of Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

E-mail: *a.nikanov@s-znc.ru

**Abstract**
Occupational and production-related morbidity of workers engaged in the extraction and processing of minerals in the regions of the Arctic zone of the Russian Federation occupies one of the leading places in the main industries. The introduction and use of modern technologies in medicine has created the possibility of a significant improvement in the diagnosis of occupational diseases. One of the additional diagnostic methods as a part of the comprehensive diagnosis of peripheral neurovascular disorders of occupational genesis, which have become part of practical medicine, is thermal imaging. The purpose of the study is to present thermal imaging diagnostics as one of the methods of objectifying the diagnosis of vibration desease in workers of the industrial complex of the Arctic zone of the Russian Federation. In the structure of occupational diseases, starting from 2016-2018, vibration disease occupies one of the leading places, accounting for 16.4%, and its share in the structure increases to 30.6% in 2022-2024. In the inpatient conditions of the occupational pathology clinic, thermographic examinations has been carried out for 91 patients of the main group (drillers, tunnelers) and 33 patients of the control group (blasters, electric and gas welders). Vibration disease with peripheral angiodystonic syndrome in combination with polyradicular disorders is noted in all patients of the main group. A detailed analysis of the thermographic examination of the patients of the study group indicates that in 100% of cases, a decrease in infrared radiation is noted on the thermograms of the hands, and in 48% of the examined, thermal asymmetry of infrared radiation is revealed, regardless of the degree of clinical manifestations. The expediency of using the thermal imaging method in occupational medicine for the diagnosis of the initial manifestations of neurosensory disorders, as well as in the objectification of the degree of clinical manifestations in vibration disease in workers of vibration-hazardous professions is beyond doubt.

**Keywords:** occupational diseases, vibration disease, diagnostics, medical thermography method (thermal imaging)

## Введение

Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) представлена территориально-административными районами 9 северных субъектов Федерации, в том числе Мурманской областью. Предприятия промышленного комплекса, расположенные на территории Мурманской области, осуществляют добычу и переработку полезных ископаемых (руд черных, цветных, редкоземельных, апатито-нефелиновых и др.), имеющих стратегическую важность для России. Анализ условий труда рабочих предприятий горно-металлургического комплекса Мурманской области, пострадавших вследствие профессиональных заболеваний (ПЗ), свидетельствует, что ведущими вредными производственными факторами являются производственный шум, локальная и общая вибрация, тяжесть трудового процесса, пыле-газовые аэрозоли сложного состава. Одно из основных направлений государственной политики Российской Федерации в области охраны труда – профилактика профессиональных заболеваний и производственного травматизма работников. Доказано, что вредные производственные факторы и суровые климатические условия Арктики при их сочетанном действии могут ускорять развитие и изменять течение профессиональных заболеваний [1-4].

Закономерно, что по уровню профессиональной и производственно-обусловленной заболеваемости работники, занятые добычей и переработкой полезных ископаемых в АЗРФ, занимают одно из ведущих мест как в целом по экономике России, так и среди других основных отраслей промышленности [5-9].

Внедрение и использование современных технологий в медицине создало возможность существенного улучшения диагностики ПЗ. Одним из современных диагностических методов, вошедших в практическую медицину, является тепловизионный (медицинская термография), основанный на регистрации естественного инфракрасного излучения тела человека, которое зависит от состояния циркуляционных изменений в тканях и от напряжения метаболических процессов в них. Патологические процессы, которые влияют на обмен веществ в организме, а также на состояние сосудистой системы, могут быть достаточно точно выявлены и охарактеризованы с помощью тепловизионного исследования (ТИ). Таким образом, была получена возможность видеть распределение температур по поверхности тела человека. Приборы первого поколения обладали невысоким качеством изображения, а интерпретация результатов возлагалась целиком на врача, и отсутствовали какие-либо средства математической обработки результатов. В последние годы были сконструированы быстродействующие приборы, которые позволили изучить динамику распределения температуры в реальном времени, что дало новый мощный импульс в развитии методов визуальной тепловизионной диагностики [10-15].

Метод медицинской термографии (тепловидение) как дополнительный метод в составе комплексной диагностики периферических нейро–сосудистых нарушений применяется в специализированных профпатологических центрах. Клинические результаты и накопленный опыт ТИ во многих медицинских учреждениях показали целесообразность включения ТИ в арсенал существующих методов функциональной диагностики, наряду с ультразвуковыми, нейромиографическими и реовазографическими методами исследований [16-19].

**Цель исследования** заключалась в представлении тепловизионной диагностики как одного из методов объективизации диагноза вибрационной болезни у работников промышленного комплекса Арктической зоны Российской Федерации.

## Материалы и методы

Проведен анализ 6872 случаев профзаболеваний, установленных работникам промышленного комплекса Мурманской области за период с 1995 по 2024 гг. Данные получены из архива клиники профпатологии филиала ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» (г.Кировск, Мурманская область), выполняющего функции областного Центра профпатологии с 1995 г. В условиях стационара клиники профпатологии проведены термографические исследования (ТИ) 124 пациентам (мужчины), в том числе 91 пациенту основной группы (бурильщики, проходчики) и 33 пациентам контрольной группы (взрывники, электрогазосварщики). Критериями включения в основную группу явилось наличие диагноза «Вибрационная болезнь, связанная с воздействием локальной вибрации» с наличием основных клинических синдромов: периферический ангиодистонический синдром верхних конечностей, синдром полинейропатии верхних конечностей с сенсорными и вегетативно-трофическими нарушениями, миофиброз предплечий, периартроз лучезапястных суставов, артроз лучезапястных и локтевых суставов. В контрольную группу вошли пациенты, у которых в санитарно-гигиенических характеристиках условий труда отсутствовал вредный производственный фактор – вибрация. Средний стаж в профессии среди основной группы составил 18,8±0,4 года, средний возраст – 51,2±0,3 года. Средний стаж контрольной группы составил 23,6±0,3 года, средний возраст 53,6±0,4 года. ТИ проводились на компьютерном тепловизионном комплексе «Радуга-6» в стандартных условиях после 8-минутной адаптации в помещении с температурой воздуха 21-23°C. В норме термографическое изображение человека симметрично относительно его продольной оси, и выявление патологических очагов основано прежде всего на сравнении термографической картины контрлатеральных участков. Для статистической обработки использовались функции Excel пакета MicroSoft Office 2016. Числовые данные представлены как абсолютные и процентные значения, среднее арифметическое и среднее отклонение (M±m). Значимость нулевой гипотезы считалась критической при $p<0,05$.

## Результаты исследования

Наиболее высокий уровень профессиональной заболеваемости в Российской Федерации регистрируется на предприятиях промышленного комплекса Мурманской области и составляет 11,21 случая (2023 год) и 12,21 случая (2024 год) на 10 тыс. работников [20]. За изучаемый период с 1995 по 2024 гг. впервые установлены 6872 случая профзаболеваний у работников промышленного комплекса Мурманской области, из них 15,9% случаев приходится на вибрационную болезнь (ВБ). Все профзаболевания были объединены в 10 групп с трехлетним периодом наблюдения каждая (табл.1).

*Таблица 1*

*Распределение профессиональных заболеваний за 3-летние периоды наблюдения (M ± m), случаи*

| Период наблюдения, гг. | Профзаболевания, случаи M ± m | Вибрационная болезнь, случаи M ± m | Доля ВБ в структуре ПЗ, % |
|---|---|---|---|
| 1995-1997 | 226,7 ±27,5* | 26,3 ±10,2* | 11,6 |
| 1998-2000 | 112,7 ±23,6*** | 14,3 ±2,2*** | 12,7 |
| 2001-2003 | 141,0 ±19,3*** | 14,3 ±9,8*** | 10,2 |
| 2004-2006 | 186,0 ±67,3* | 23,7 ±8,9*** | 12,7 |
| 2007-2009 | 373,7 ±22,9*** | 36,0 ±6,7*** | 9,6 |
| 2010-2012 | 346,3 ±54,4 | 41,7 ±5,6** | 12,0 |
| 2013-2015 | 260,0±35,3 | 57,0±1,3* | 21,9 |
| 2016-2018 | 188,7±31,0** | 24,2±10,7*** | 16,4 |
| 2019-2021 | 209,3±34,2* | 44,0±10,0** | 21,0 |
| 2022-2024 | 246,3±83,6 | 75,3±28,9 | 30,6 |

Примечание: *, **, *** – установлены статистически значимые отличия от величин периода наблюдения 2022-2024 гг. при $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$ и $p \leq 0,001$ соответственно

Этиологическим фактором развития ВБ является производственная вибрация, а такие сопутствующие факторы, как физические перегрузки и охлаждающий микроклимат, уменьшают сроки развития заболевания [2, 8, 16]. Проведенный анализ профессиональной заболеваемости выявил волнообразную картину зарегистрированных случаев ПЗ и ВБ за изучаемый период в Мурманской области. Период с 1998 по 2012 гг. связан с постоянным увеличением выявляемости случаев ПЗ, а случаев ВБ – с 1998 по 2015 гг. В течение 2016-2024 гг. наблюдается увеличение не только впервые выявленных случаев ПЗ с 188,7±31,0 до 246,3±83,6 ($p \leq 0,01$), но также и случаев ВБ с 24,2±10,7 до 75,3±28,9 ($p \leq 0,001$). В структуре профессиональных заболеваний начиная с 2016-2018 гг. вибрационная болезнь занимает одно из ведущих мест, составляя 16,4%, и ее доля в структуре увеличивается до 30,6% в 2022-2024 гг. (табл.1). В связи с увеличением числа случаев ПЗ вибрационной этиологии повышается роль функциональных методов исследования в принятии экспертных решений связи заболевания с профессией.

Для подтверждения степени нейро-сенсорных нарушений и периферического кровообращения проведены термографические обследования 91 пациента клиники профпатологии с диагнозом «Вибрационная болезнь от воздействия локальной вибрации». По результатам ТИ верхних конечностей у всех обследованных выявлены нарушения кровообращения в кистях и предплечьях, которые усиливаются в зависимости от степени клинических проявлений (табл. 2).

*Таблица 2*

*Основные характеристики термограмм при вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации*

| Диагноз | Характеристика термограммы |
|---|---|
| Вибрационная болезнь 1 степени | Дистальная гипотермия верхних конечностей, акроспазм в кистях, D≈S. Контуры нечёткие. Вертикальный перепад температур (ΔT°) до 1,0°C, без латерализации инфракрасного излучения. Незначительное снижение инфракрасной эмиссии неоднородной структуры над локтевыми суставами по задней поверхности, D≈S. |
| Вибрационная болезнь 1-2 степени | Дистальная, неоднородная гипотермия верхних конечностей, D=S. Вертикальный перепад температур (ΔT°) на руках «палец – верхняя треть плеча» составляет 2,1°C. "Пятнистая" умеренная гипотермия в области правого надплечья и плечевого сустава, ΔT° с левым плечевым суставом составляет 0,7°C. |
| Вибрационная болезнь 2 степени | Дистальная негомогенная гипотермия верхних конечностей от средней трети предплечий, с нарастанием её интенсивности к пальцам рук (D≈S). Вертикальный перепад температур (ΔT°) «палец – предплечье» составляет 1,8…2,0°C. Положительный симптом «затухания» инфракрасного излучения над пальцами рук. Зоны усиленного инфракрасного излучения над позвоночником, эпицентры его над $Th_{4-8}$, $L_{3-5}$ – $S_1$ с небольшой латерализацией инфракрасной эмиссии в правую поясничную область, ΔT° с контрлатеральной областью составляет 1,3°C. Дистальная умеренная гипотермия стоп, нижней трети голеней, Вертикальный перепад температур (ΔT°) «стопа – голень» составляет 2,1°C. |

Детальный анализ термографического обследования пациентов основной группы указывает на то, что на термограммах кистей в 100% случаев отмечено снижение инфракрасного излучения (ИКИ), а у 48% обследованных выявлена термоасимметрия ИКИ вне зависимости от степени клинических проявлений. Менее выраженные изменения термографической картины регистрировались у пациентов в области предплечий. Вертикальный перепад температур (ΔT°) на руках увеличивался от 1,0°С до 2,1°С в зависимости от степени клинических проявлений (табл. 2). В норме распределение температуры на поверхности тела симметрично, разница между симметричными участками не превышает 0,2–0,4°С [11-14].

Вибрационная болезнь с периферическим ангиодистоническим синдромом в сочетании с полирадикулярными нарушениями отмечена у 91 пациента. Вегетативная дисфункция наблюдалась у 41 обследуемого (45%), у 36 пациентов (39,5%) имелись выраженные нарушения опорно-двигательного аппарата. В зависимости от выраженности клинических проявлений у пациентов с вибрационной болезнью выявлялись различные варианты нарушений.

Термографические исследования пациентов с вибрационной болезнью позволили дать четкую картину полиневритического синдрома и нарушения периферического кровообращения, проявлявшуюся в выраженной негомогенной гипотермии отдельных участков верхних и нижних конечностей, соответствовавших зонам нарушения чувствительности и снижения кровотока в них. Чаще всего зоны гипотермии располагались на наружных поверхностях плеч и предплечий, переходя на тыльную поверхность кистей и пальцев рук, на боковых поверхностях бёдер (нередко по типу «лампасов»), голеней с переходом на тыл стоп, включая пальцы. В некоторых случаях при незначительных изменениях теплового рисунка плеч и предплечий отсутствовал тепловой рисунок пальцев рук. Перепад температур (ΔT°) между тылом кисти и пальцами достигал двух и более градусов Цельсия (рис. 1).

Термографические исследования пациентов контрольной группы, у которых в санитарно-гигиенических характеристиках условий труда основными вредными производственными факторами обозначены физические перегрузки отдельных органов и систем, производственный шум и охлаждающий микроклимат при отсутствии контакта с производственной вибрацией, позволили определить термографические критерии проявлений остеохондроза позвоночника, а также заболеваний костно-мышечной системы (рис. 2.): зона усиленного инфракрасного излучения над поясничной областью позвоночника $Th_{10-12}$ – $L_{1-5}$, распространяющаяся на паравертебральные ткани вправо и влево на уровне тел $L_5$ – $S_1$, ΔT° с окружающими тканями 1,1-1,2°С; умеренное усиление теплового рисунка над пораженным суставом неоднородной структуры и без четких контуров, неоднородная гипо-, гипертермия в области надплечий; дистальная акрогипотермия пальцев рук и стоп с уменьшением интенсивности ИКИ на стороне поражения.

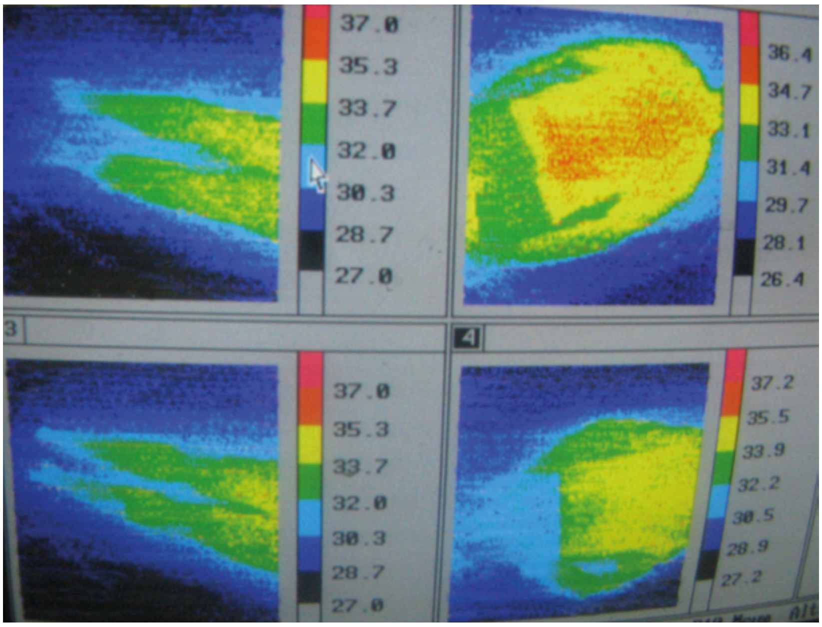


*Рисунок 1. Термографическое исследование пациента (бурильщик), возраст 56 лет, стаж работы 21 год*

Основной диагноз: вибрационная болезнь 2 ст. от воздействия локальной вибрации (вегетативно-сенсорная полиневропатия верхних конечностей, 2-х сторонний плечелопаточный периартроз). Сопутствующий диагноз: Вертеброгенная цервикалгия, люмбалгия, ремиссия.

На термограммах:

- дистальная негомогенная гипотермия верхних конечностей от средней трети предплечий, с нарастанием ее интенсивности к пальцам рук(D≈S). Вертикальный перепад температур (ΔT°) «палец – предплечье» составляет 1,8…2,0°С. Положительный симптом «затухания» инфракрасного излучения над пальцами рук.

- зона усиленного инфракрасного излучения над позвоночником, эпицентры его над $Th_{4\text{-}8}$, $L_{3\text{-}5}$ – $S_1$ с небольшой латеризацией инфракрасной эмиссии в правую поясничную область, ΔT0 с контрлатеральной областью – 1,3°С.

- дистальная умеренная гипотермия стоп, нижней трети голеней, вертикальный ΔT° «стопа – голень» 2,1°С.

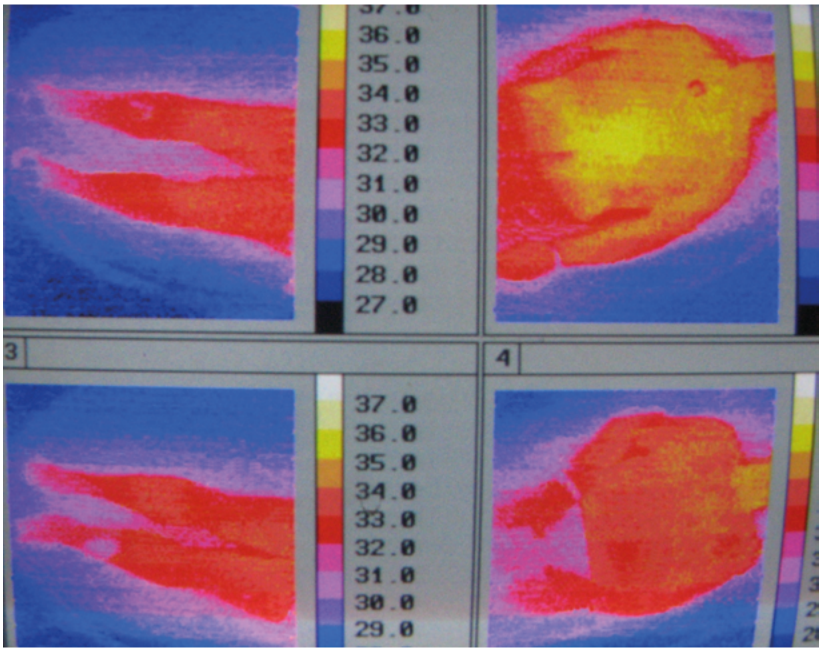


*Рисунок 2. Термографическое исследование пациента контрольной группы (взрывник), возраст 52 года, стаж работы 27 лет*

Обследование в клинике профпатологии по направлению. Предварительный диагноз: остеохондроз позвоночника.

На термограммах:

- зона усиленного инфракрасного излучения над поясничной областью позвоночника $Th_{10\text{-}12}$ – $L_{1\text{-}5}$, распространяющаяся на паравертебральные ткани вправо и влево на уровне тел $L_5$ – $S_1$, ΔT° с окружающими тканями 1,1-1,2°С;

- дистальная, умеренная акрогипотермия пальцев рук и стоп D≈S;

- легкая, неоднородная гипо-, гипертермия в области надплечий спереди, D≥S – признаки плечелопаточного периартроза.

## Обсуждение

Проведенные исследования позволили подтвердить значение условий труда в формировании профессиональной патологии в условиях воздействия комплекса вредных производственных факторов на горнодобывающих предприятиях, расположенных в холодных климатических районах России [4, 5, 8]. Несмотря на постоянные технико-технологические мероприятия, направленные на модернизацию горного оборудования (подземное и карьерное), снижающие уровень воздействия вредных производственных факторов (вибрация, шум, тяжесть труда) на организм горнорабочих, выявляемость по результатам периодических медицинских осмотров и обращаемость работников в специализированные профпатологические центры для решения экспертных вопросов связи заболевания с профессией растет [7, 9].

Для периферических нейрососудистых нарушений вибрационного генеза характерны изменения капиллярного кровотока, а также вибрационной и температурной чувствительности. Состояние гемодинамики верхних и нижних конечностей горнорабочих в условиях длительного воздействия комплекса вредных производственных факторов при выполнении горнодобычных работ характеризуется увеличением объемно-пульсового кровенаполнения, обусловленного уменьшением скорости притока и оттока крови [17-19].

Нарушения гемоциркуляции конечностей при вибрационно-холодовом воздействии достаточно эффективно распознаются при использовании инфракрасной термографии. Кровоснабжение конечностей происходит в условиях повышения ригидности сосудистых стенок и снижения скорости венозного оттока. Эти изменения являются основными патогенетическим звеном при нарушениях гемоциркуляции.

Данные литературы и многочисленные собственные исследования указывают на частое сочетание вибрационной болезни и заболеваний периферической нервной системы – остеохондроза позвоночника, пояснично-крестцового радикулита (до 70%) у рабочих, подвергающихся воздействию вредных производственных факторов и сурового климата АЗРФ [1, 3, 5, 16, 18]. Таким образом, данные тепловизионных исследований служат подтверждением выявленных циркуляторных расстройств, и в ряде случаев помогают распознавать степень выраженности этих изменений.

**Ограничение исследований** по выявленным случаям профессиональных заболеваний и вибрационной болезни у работников промышленного комплекса Мурманской области обозначены периодом 1995-2024 гг. в связи с официальным исполнением функции областного центра профпатологии филиалом ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья».

## Заключение

Одним из диагностических методов, применяющихся в настоящее время в профилактической медицине, является тепловидение, основанное на изучении инфракрасного излучения от пациентов. Результаты выполненных тепловизионных диагностических исследований в клинике профессиональной патологии, в частности при вибрационной болезни, позволяют сделать следующие выводы:

- тепловизионная диагностика является адекватным методом диагностики и регистрации нейрососудистых расстройств при вибрационной болезни;
- применение метода термографического исследования позволяет дать достаточно полное представление о состоянии периферической нервной системы и микроциркуляции у больных вибрационной болезнью и регистрировать его графически;
- выделенные во время термографии объективные критерии для каждой степени клинических проявлений вибрационной болезни позволяют формулировать развёрнутый тепловизионный диагноз;
- как дополнительный метод, тепловидение в сложных диагностических случаях позволяет произвести дифференциальную диагностику рефлекторных и дискогенных радикулопатий.

Целесообразность применения тепловизионного метода в медицине труда для диагностики начальных проявлений нейро-сенсорных нарушений, а также в объективизации степени клинических проявлений при вибрационной болезни у работников виброопасных профессий, не вызывает сомнений.

## Список литературы:

1. Горяев Д.В., Фадеев А.Г., Шур П.З., Фокин В.А., Зайцева Н.В. Гигиеническая оценка условий труда и профессиональной заболеваемости работников горнодобывающей промышленности в Арктической зоне Норильского промышленного района // Анализ риска здоровью. 2023. № 2. С. 88–94. https://doi.org/10.21668/health. risk/2023.2.08
2. Мясников И.О., Кизеев А.Н. Риски развития профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний у работников горно-металлургических предприятий в российской Арктике // Российская Арктика. 2024. Т. 6. № 3. С. 26-42. https://doi. org/10.24412/2658- 4255-2024-3-26-42
3. Сюрин С.А., Скрипаль Б.А., Никанов А.Н. Продолжительность трудового стажа как фактор риска нарушений здоровья у горняков Кольского Заполярья // Экология человека. 2017. №3. С. 15–20. https://doi.org/10.33396/1728-0869-2017-3-15-20
4. Фадеев А.Г., Горяев Д.В., Зайцева Н.В., Шур П.З., Редько С.В., Фокин В.А. Нарушения здоровья работников, связанные с факторами риска условий труда в горнодобывающей промышленности Арктической зоны (аналитический обзор) // Анализ риска здоровью. 2023. № 1. С. 184–193. https://doi.org/10.21668/health. risk/2023.1.17
5. Рочева И.И., Петрухин Н.Н., Гудков А.Б., Бойко И.В., Кочетова О.А., Попов А.В., Окунева Е.Ю., Бурова Д.В. Региональные особенности формирования общей и профессиональной патологии у работников предприятий промышленного комплекса Кольского Заполярья // Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2022. Т. 17, № 3. С. 1102-1110. EDN: UDZZPF

6. Сюрин С.А., Никанов А.Н. Риски здоровью горняков, занятых на подземных буровзрывных работах на рудниках Кольского полуострова // Российская Арктика. 2024. Т. 6. № 2. С. 35-45. https://doi.org/10.24412/2658- 4255-2024-2-35-45
7. Сюрин С.А., Ковшов А.А. Условия труда и профессиональная заболеваемость на предприятиях горнодобывающей и металлургической промышленности Мурманской области // Здоровье населения и среда обитания. 2020. Т. 322. № 1. С. 34-38. https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-322-1-34-38
8. Сюрин С.А., Ковшов А.А. Условия труда и риск профессиональной патологии на предприятиях Арктической зоны Российской Федерации // Экология человека. 2019. № 10. С. 15–23. https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-10-15-23
9. Сюрин С.А. Профессиональная патология костно-мышечной системы у работников предприятий в Арктической зоне Российской Федерации // Российская Арктика. 2025. Т. 7. № 1. С. 05-14. https://doi.org/10.24412/2658- 4255-2025-1-05-14
10. Иванов А.В., Тароев В.Ф., Гагарин Г.П., Скрипаль Б.А. Использование тепловизионного метода при проведении профилактических осмотров рабочих Заполярья // Гигиена труда и профессиональные заболевания. 1982. № 5. С. 56 - 57.
11. Кожевникова И. С., Панков М. Н., Грибанов А. В., Старцева Л. Ф., Ермошина Н. А. Применение инфракрасной термографии в современной медицине (обзор литературы) // Экология человека. 2017. № 2. С. 39–46. https://doi.org/10.33396/1728-0869-2017-2-39-46
12. Никанов А.Н., Скрипаль Б.А. Тепловизионный метод в диагностике профессиональных болезней у работников промышленного комплекса Крайнего Севера: монография. – Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН. 2011. 136 с. EDN: NFWYRG
13. Ураков А.Л. Инфракрасная термография и тепловая томография в медицинской диагностике: преимущества и ограничения // Электронный научно-образовательный вестник Здоровье и образование в XXI веке. 2013. Т. 15. № 11. С. 45-51. EDN: RKRPHX
14. Hayward J.S. et al. Thermoregulatory heat production in man; prediction equation based on skin care temperatures. // J. Appl. Physiol. 1977, Vol. 42, № 3, P. 377-384.
15. Raskin M.M., Martinez-Lopez M., Sheldon Y. Lumbar thermography in discogenic disease // Radiology. 1976. Vol. 118. № 1. P. 149–152.
16. Бабанов С.А., Вакурова Н.В., Азовскова Т.А. Вибрационная болезнь. Оптимизация диагностических и лечебных мероприятий: монография. Самара: Офорт. 2012. 158 с. EDN: UXITUT
17. Логинова Н.Н., Войтенков В.Б. Инфракрасная термография и электронейромиография в диагностике профессиональных полинейропатий // Медицина труда и промышленная экология. 2013. № 8. С. 46–48. EDN: RAUGCT
18. Никанов А.Н., Шилов В.В., Яцына И.В., Куприна Н.И., Скрипаль Б.А. Инфракрасная термография в диагностике нейро-сосудистых нарушений у работников предприятий горнопромышленного комплекса // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы гигиены и профпатологии», посвященная 100-летию ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, СПб.:ИПК Коста, 2024. С. 224–233. EDN: AEPKPR
19. Никанов А.Н., Шилов В.В., Сюрин С.А., Петрухин Н.Н., Куприна Н.И. Инфракрасная термография в диагностике вибрационной болезни у работников горнодобывающих предприятий Северо-Запада России // Актуальные вопросы гигиены и профилактики: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, Омск: Омская гуманитарная академия, 2025. С. 227-232. EDN: JZNXOM
20. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2024 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2025. 424 с.

**References:**

1. Goryaev DV, Fadeev AG, Shur PZ, Fokin VA, Zaitseva NV. Hygienic assessment of working conditions and occupational morbidity of mining workers in the Arctic zone of the Norilsk industrial region. *Analiz riska zdorov'yu*. 2023;(2):88–94. (In Russ.). https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.2.08
2. Myasnikov IO, Kizeev AN. Risks of developing occupational and productionrelated diseases in workers of mining and metallurgical enterprises in the Russian Arctic. *Russian Arctic*. 2024;6(3):26-42. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/2658- 4255-2024-3-26-42

3. Syurin SA, Skripal' BA, Nikanov AN. Length of employment as a risk factor for health problems in miners of the Kola Polar Region. *Human ecology*. 2017;(3):15–20. (In Russ.). https://doi.org/10.33396/1728-0869-2017-3-15-20
4. Fadeev AG, Goryaev DV, Zaitseva NV, Shur PZ, Redko SV, Fokin VA. Health problems among workers associated with risk factors of working conditions in the mining industry of the Arctic zone (analytical review). *Health risk analysis*. 2023;1:184–193. (In Russ.). https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.1.17
5. Rocheva II, Petrukhin NN, Gudkov AB, Boyko IV, Kochetova OA, Popov FV, Okuneva EYu, Burova DV. Regional features of the formation of general and professional pathology in workers of industrial complex enterprises of the Kola Arctic. *Health is the basis of human potential: problems and solutions*. 2022;17(3):1102-1110. (In Russ.). EDN: UDZZPF
6. Syurin SA, Nikanov AN. Health risks for miners engaged in underground drilling and blasting operations in the Kola Peninsula mines. *Russian Arctic*. 2024;6(2):35-45. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/2658- 4255-2024-2-35-45
7. Syurin SA, Kovshov AA. Working conditions and occupational morbidity at mining and metallurgical enterprises in the Murmansk region. *Public Health and Life Environment – PH&LE*. 2020;22(1):34-38. (In Russ.). https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-322-1-34-38
8. Syurin SA, Kovshov AA. Working conditions and the risk of occupational pathology at the enterprises of the Arctic zone of the Russian Federation. *Human ecology*. 2019;10:15-23. (In Russ.). https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-10-15-23
9. Syurin SA. Occupational musculoskeletal diseases in industrial workers in the Russian Arctic. *Russian Arctic*. 2025;7(1):05-14. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/2658-4255-2025-1-05-14
10. Ivanov AV, Taroev VF, Gagarin GP, Skripal BA. The use of the thermal imaging method in conducting preventive examinations of workers in the Arctic. *Gigiena truda i professionalnie zabolevaniya = Occupational hygiene and diseases*. 1982;5:56-57. (In Russ.).
11. Kozhevnikova IS, Pankov MN, Gribanov AV, Startseva LF, Ermoshina NA. Application of infrared thermography in modern medicine (literature review). *Human ecology*. 2017;2:39-46. (In Russ.). https://doi.org/10.33396/1728-0869-2017-2-39-46
12. Nikanov AN, Skripal BA. Thermal imaging method in diagnostics of occupational diseases in workers of the industrial complex of the Far North. Apatity. Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences Publ.; 2011. 136 p. (In Russ.). EDN: NFWYRG
13. Urakov AL. Infrared thermography and thermal tomography in medical diagnostics: advantages and limitations. *Electronic scientific and educational bulletin Health and education in the XXI century*. 2013;15(11):45-51. (In Russ.). EDN: RKRPHX
14. Hayward JS, et al. Thermoregulatory heat production in man; prediction equation based on skin care temperatures. *J. Appl. Physiol*. 1977;42(3):377-384.
15. Raskin MM, Martinez-Lopez M, Sheldon Y. Lumbar thermography in discogenic disease. *Radiology*. 1976;118(1):149–152.
16. Babanov SA, Vakurova NV, Azovskova TA. Vibration sickness. Optimization of diagnostic and therapeutic measures: monograph. Samara. Ofort Publ.; 2012. 158 p. (In Russ.). EDN: UXITUT
17. Loginova NN, Voitenkov VB. Infrared thermography and electroneuromyography in the diagnostics of professional polyneuropathies. *Occupational medicine and industrial ecology*. 2013;8:46-48. (In Russ.). EDN: RAUGCT
18. Nikanov AN, Shilov VV, Yatsyna IV, Kuprina NI, Skripal BA. Infrared thermography in the diagnosis of neurovascular disorders in workers of mining enterprises. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference "Actual problems of hygiene and occupational pathology", dedicated to the 100th anniversary of the Federal Budgetary Institution of Science "Northwestern Scientific Center of Hygiene and Public Health" of Rospotrebnadzor. St. Petersburg. IPK Costa Publ; 2024. p. 224-233. (In Russ.). EDN: AEPKPR
19. Nikanov AN, Shilov VV, Syurin SA, Petrukhin NN, Kuprina NI. Infrared thermography in the diagnostics of vibration disease in workers of mining enterprises in the North-West of Russia. Current issues of hygiene and prevention: Collection of articles of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of the FBSI "Novosibirsk Research Institute of Hygiene" of Rospotrebnadzor. Omsk. Omsk Humanitarian Academy Publ.; 2025. p. 227-232. (In Russ.). EDN: JZNXOM
20. On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2024: State Report. Moscow. Federal Service for Supervision in the Field of Protection of Consumer Rights and Human Well-Being; 2025. 424 p. (In Russ.).