

Научная статья

КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РИСКА НАРУШЕНИЙ ЗДОРОВЬЯ ПРИ РАБОТЕ НА ОТКРЫТОЙ ТЕРРИТОРИИ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОХЛАЖДАЮЩИХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Е.М. Полякова¹, А.В. Мельцер², И.Ш. Якубова², Н.В. Ерастова², А.В. Суворова²

¹Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья, Россия, 191036, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Советская, 4

²Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, Россия, 191015, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41

Добыча природных ресурсов сопряжена с постоянным воздействием охлаждающих метеорологических факторов открытых производственных площадок, что обуславливает необходимость оценки риска и управления риском нарушений здоровья от воздействия данных факторов производственной среды. Однако разработанные модели оценки риска не позволяют в полной мере оценить существующий риск от воздействия метеорологических опасностей.

Дизайн исследования включал: гигиеническую оценку условий труда и состояния здоровья работников АО «Самотлорнефтегаз», осуществляющих трудовые операции в условиях воздействия охлаждающих метеорологических факторов открытых производственных площадок, с расчетом группового риска; оценку индивидуальных особенностей с использованием субъективных (анкетирование 547 человек) и объективных методов оценки (оценка теплового состояния организма – 76 человек, кожная термометрия с холодовой нагрузкой – 54); оценку априорного и апостериорного риска.

Оценка априорного группового риска позволила определить группы риска, имеющие значимый риск развития профессиональной и общей патологии, и проранжировать рабочие места по степени опасности для здоровья. Оценка апостериорного риска позволила подтвердить результаты оценки априорного риска о потенцирующем негативном воздействии охлаждающего метеорологического фактора. Оценка развития общих и локальных нарушений терморегуляции показала, что существенный вклад в их развитие вносят индивидуальные особенности, такие как продолжительная работа на открытой территории в условиях воздействия охлаждающих метеорологических факторов – 60 % рабочего времени и более, наличие хронической патологии, привычки табакокурения. По результатам проведенного исследования предложена комплексная модель оценки, управления риском и информирования о риске нарушений здоровья при работе в условиях воздействия охлаждающих метеорологических факторов.

Ключевые слова: работа на открытой территории, нефтедобывающее производство, охлаждающие метеорологические факторы, оценка риска нарушений здоровья, априорный риск, апостериорный риск, индивидуальные особенности при работе на открытой территории.

К районам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям полностью или частично относится 69,7 % территории Российской Федерации [1].

В северных регионах сосредоточено почти 80 % запасов всех полезных ископаемых страны (более 90 % природного газа, 75 % нефти) [2, 3], на данных

территориях расположены крупные промышленные комплексы АО «Роснефть», ПАО «Газпром».

Несмотря на совершенствование технологических процессов при нефтедобыче, риск развития нарушений здоровья работников остается высоким [4–9].

© Полякова Е.М., Мельцер А.В., Якубова И.Ш., Ерастова Н.В., Суворова А.В., 2022

Полякова Екатерина Михайловна – младший научный сотрудник, и.о. старшего научного сотрудника отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне РФ (e-mail: ustimenkoekaterina_2009@mail.ru; тел.: 8 (981) 125-59-53; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3493-4592>).

Мельцер Александр Виталиевич – доктор медицинских наук, профессор, проректор по развитию регионального здравоохранения и медико-профилактическому направлению, заведующий кафедрой профилактической медицины и охраны здоровья (e-mail: aleksandr.meltcer@szgmu.ru; тел.: 8 (812) 303-50-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4186-457X>).

Якубова Ирек Шавкатовна – доктор медицинских наук, профессор кафедры профилактической медицины и охраны здоровья (e-mail: yakubova-work@yandex.ru; тел.: 8 (812) 543-17-47; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2437-1255>).

Ерастова Наталья Вячеславовна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры профилактической медицины и охраны здоровья, начальник Центра аналитическо-методического обеспечения развития регионального здравоохранения и медико-профилактического направления (e-mail: nataliya.erastova@szgmu.ru; тел.: 8 (812) 303-50-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4062-9578>).

Суворова Анна Васильевна – доктор медицинских наук, доцент кафедры профилактической медицины и охраны здоровья (e-mail: suvorova-work@mail.ru; тел.: 8 (812) 303-50-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0990-8299>).

Технологический процесс на нефтедобывающих предприятиях сопряжен с постоянным пребыванием работников на открытых производственных площадках, что обусловлено перемещением работника на большие расстояния в течение рабочей смены. Ряд авторов указывает на возможность опосредованного ухудшения условий труда под влиянием охлаждающего микроклимата в связи с изменением интенсивности воздействия на организм работающих некоторых других вредных производственных факторов [10–15]. Комплексное воздействие вредных и (или) опасных производственных факторов, а также неблагоприятных климатических условий обуславливает высокий уровень профессионального риска¹. Поэтому актуальными становятся оценка риска и управление риском нарушений здоровья работников при работе на холоде [16].

Отсутствие методики отнесения к классу условий труда воздействия охлаждающего микроклимата на открытых пространствах [17] затрудняет проведение гигиенической оценки условий труда и оценки риска нарушений здоровья, а также осуществление профилактических мероприятий по минимизации данного фактора риска.

Существующие модели оценки риска при воздействии охлаждающих метеорологических факторов в большинстве случаев основаны на учете метеорологических параметров [18–20]. Однако они не позволяют комплексно оценить существующий риск, в том числе связанный со стажем, особенностями труда работников, индивидуальной реакцией на холод.

Цель исследования – разработка комплексной модели оценки риска нарушений здоровья при работе на открытой территории в условиях воздействия охлаждающих метеорологических факторов.

Материалы и методы. Объектами исследования явились состояние здоровья и условия труда работников нефтедобывающего предприятия. Исследование проведено на базе организационных единиц АО «Самотлорнефтегаз»: цеха подготовки и перекачки нефти № 1 и 2 (ЦППН № 1, 2), цеха подготовки и сдачи нефти № 1 и 2 (ЦПСН № 1, 2), цеха восстановления экологии (ЦВЭ) и профессиональных групп работников: операторов обессоливающей и обезвоживающей установки (ООУ); машинистов компрессорных установок (КУ); машинистов по

закачке рабочего агента в пласт (ЗРАП) и слесарей-ремонтников [21].

Климатический регион изучаемой территории характеризуется общей продолжительностью холодного периода до 270 дней и относится к климатическому поясу II (III) со средней температурой в зимний период –18 °С.

Гигиеническая оценка условий труда работников проведена на основании результатов производственного контроля (ПК) и специальной оценки условий труда (СОУТ) за период с 2014 по 2018 г.

Оценка производственного микроклимата осуществлялась в соответствии руководством Р 2.2.2006-05². Эквивалентную температуру определяли на основании данных суточного мониторинга температуры и скорости движения воздуха информационно-аналитической системы (ИАС) предприятия.

Оценка априорного риска нарушений здоровья от воздействия производственного шума, общей вибрации, воздействия химических веществ воздуха рабочей зоны, тяжести трудового процесса и охлаждающего микроклимата на открытой территории в холодный период года [21] выполнена согласно разработанным моделям³.

Анализ патологической пораженности проведен по результатам периодических медицинских осмотров (ПМО) 1063 работников предприятия [5]. Для выявления статистических различий в состоянии здоровья работников были сформированы две группы исследования, имеющие наименьшую и наибольшую недельную продолжительность времени нахождения на холоде [5]. В группу 1 были включены 616 человек из числа операторов ООУ (192 человека), слесарей-ремонтников (80) и машинистов технологических установок (344), выполняющих трудовые операции на открытых площадках длительностью от 10,5 до 14,0 ч, то есть до 35 % рабочего времени в течение рабочей недели. В группу 2 были включены 447 человек из числа операторов ООУ (128) и слесарей-ремонтников (319), выполняющих трудовые операции на открытых площадках длительностью от 24 до 31 ч, то есть от 60 % рабочего времени и более в течение рабочей недели.

Оценка апостериорного риска проведена в соответствии с руководством⁴. В качестве критерия статистической надежности выбран не менее чем 95%-ный доверительный интервал ($p < 0,05$).

¹ О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года: Указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645 [Электронный ресурс] // Президент России. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972> (дата обращения: 02.03.2022).

² Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда / утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 29.07.2005 г.; введ. в действие 01.11.2005 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справочно-правовая система. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_85537/ (дата обращения: 09.03.2022).

³ Мельцер А.В., Ерастова Н.В., Киселев А.В. Методические основы оценки априорного профессионального риска: методические рекомендации. – СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2021. – 44 с.

⁴ Профессиональный риск для здоровья работников: руководство / под ред. Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова. – М.: Троянт, 2003. – 448 с.

Проведена оценка индивидуальных особенностей при работе на открытой территории с использованием субъективных (анкетирование 547 человек) и объективных методов оценки (оценка теплового состояния организма⁵ – у 76, кожная термометрия с холодовой нагрузкой⁶ – у 54).

Анкетирование работников проводилось с помощью разработанного опросника. Анкета содержала 35 вопросов об условиях труда, профессии, стаже, состоянии здоровья, образе жизни и других факторах.

Оценка теплового состояния проводилась в стандартных условиях до и после 2 ч работы в условиях холода. В качестве прямых показателей теплового состояния человека использованы: температура тела и кожи, теплоощущение работника и теплосодержание. Температуру тела измеряли в подмышечной впадине, температуру кожи – на пяти участках поверхности тела работника. Всего было проведено более 1000 измерений [21].

Оценка локальных нарушений терморегуляции с холодовой нагрузкой проводилась в специально выделенном теплом помещении предприятия до начала работы на холоде. При проведении оценки локальных нарушений терморегуляции в течение 10 мин в положении сидя проводилась термоадаптация обследуемого. Методика предполагала погружение кистей рук работника в холодную воду до появления локальных дискомфортных ощущений с последующим динамическим измерением температуры до восстановления исходных значений в течение 25 мин.

Статистический анализ результатов проводился с использованием пакетов прикладных программ MS Excel 2010, Statistica 10.

Результаты и их обсуждение. Расчеты априорного риска от воздействия ведущих вредных производственных факторов с учетом стажа работы на выбранных рабочих местах [5, 21, 22] представлены в табл. 1.

На большинстве рабочих мест ведущим фактором для развития нарушений здоровья является производственный шум. На ряде рабочих мест, включая машинистов ЗРАП КНС-6 ЦППН-1 и слесарей-ремонтников ДНС-4, КСП-6 цеха восстановления экологии (ЦВЭ), ведущим фактором риска развития профессиональной патологии определен охлаждающий микроклимат открытых производственных площадок [21].

Показано, что вклад различных производственных факторов в суммарные значения риска

различен и может иметь уровни как значимые, так и малозначимые для развития профессиональных заболеваний в зависимости от рабочих мест. Значимые показатели суммарного риска для возникновения профессиональных заболеваний (более 16 %) установлены при стаже работы 10 лет на рабочих местах операторов ООУ площадки центрального резервуарного парка (ЦРП) цеха подготовки и сдачи нефти № 1 и машинистов КУ вакуумной компрессорной установки (ВКС-28) ЦППН-2; при стаже 15 лет – операторов ООУ дожимной насосной станции (ДНС-1) ЦППН-2 и машинистов КУ ВКС ТАКАТ-1,2,3 ЦПСН-1; при стаже 20 лет – машинистов ЗРАП кустовой насосной станции (КНС-1Е) ЦППН-2, и при стаже 25 лет – машинистов ЗРАП КНС-6 ЦППН-1 и слесарей-ремонтников ДНС-4, КСП-6 цеха восстановления экологии (ЦВЭ) [21].

Существенный вклад в развитие профессиональной и общей заболеваемости работников вносит воздействие охлаждающего микроклимата [5]. В зависимости от стажа работы и рабочего места вклад охлаждающих метеорологических факторов в значение суммарного риска нарушений здоровья варьировался от малозначимого в первый год стажа работы до 65,1 % при стаже работы 30 лет. При стаже работы 5 лет вклад охлаждающих метеорологических факторов составил от 13,3 % на рабочем месте операторов ООУ ЦРП ЦПСН-1 до 37 % на рабочих местах машинистов ЗРАП КНС-6 ЦППН-1. При достижении 30 лет стажа работы процентный вклад охлаждающих метеорологических факторов в суммарный риск достигал максимальных значений – от 37,2 % на рабочем месте оператора ООУ ЦРП ЦПСН-1 до 65,1 % у машиниста ЗРАП КНС-6 ЦППН-1 (табл. 2).

С использованием методологии оценки риска здоровью в ходе исследования применены модели оценки априорного группового риска нарушений здоровья, позволившие установить вклады отдельных факторов в суммарное значение риска. Важным этапом идентификации опасности являлось проведение хронометража на рабочих местах с различными трудовыми действиями в течение смены, при этом продолжительность работы на открытой территории имела в целом ряде случаев определяющее значение последствий для здоровья. Так, в ходе исследования установлено, что работники, осуществляющие трудовые операции на открытой

⁵ МУК 4.3.1895-04. Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания: методические указания / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 03.03.2004 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справочно-правовая система. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_129636/ (дата обращения: 09.03.2022).

⁶ Вопросы ранней диагностики и профилактики при сосудистых нарушениях у горнорабочих Заполярья: методические рекомендации / под ред. А.В. Иванова, А.С. Кононова, С.К. Кашулина. – Кировск: НИЛ комплексных проблем гигиены труда с клиникой профессиональных заболеваний Минздрава РСФСР, 1981. – 17 с.

Априорный риск нарушений здоровья работников при различном стаже работы в условиях воздействия неблагоприятных факторов

Стаж работы, лет	Априорный риск					
	Шум	Микроклимат в холодный период года	Общая вибрация	Тяжесть трудового процесса	Хим. фактор неканцерогенного риска	Суммарный риск
<i>Операторы ООУ ДНС-1 ЦППН-2</i>						
10	<i>0,133</i>	0,02	≤0,02	≤0,02	0,000453	<i>0,151</i>
15	0,162	0,02	≤0,02	≤0,02	0,00053	0,179
20	0,184	<i>0,05</i>	≤0,02	≤0,02	0,00059	0,225
25	0,203	<i>0,10</i>	≤0,02	0,02	0,00063	0,297
30	0,218	0,16	≤0,02	<i>0,05</i>	0,00067	0,376
<i>Операторы ООУ ЦРП ЦПСН-1</i>						
10	0,184	0,02	≤0,02	≤0,02	0,00023	0,201
15	0,219	0,02	≤0,02	≤0,02	0,00027	0,235
20	0,245	<i>0,05</i>	≤0,02	≤0,02	0,00030	0,283
25	0,267	<i>0,10</i>	≤0,02	0,02	0,00032	0,354
30	0,286	0,16	≤0,02	<i>0,05</i>	0,00034	0,430
<i>Машинисты по закатке рабочего агента в пласт КНС-1Е ЦППН-2</i>						
10	<i>0,093</i>	0,02	≤0,02	≤0,02	0,000347	<i>0,111</i>
15	<i>0,116</i>	0,02	≤0,02	≤0,02	0,000409	<i>0,134</i>
20	<i>0,134</i>	<i>0,05</i>	≤0,02	≤0,02	0,00045	0,178
25	<i>0,149</i>	<i>0,10</i>	0,02	≤0,02	0,00049	0,250
30	0,162	0,16	<i>0,05</i>	≤0,02	0,00051	0,332
<i>Машинисты по закатке рабочего агента в пласт КНС-6 ЦППН-1</i>						
10	<i>0,055</i>	0,02	≤0,02	≤0,02	0,000043	<i>0,074</i>
15	<i>0,069</i>	0,02	≤0,02	≤0,02	0,000051	<i>0,088</i>
20	<i>0,082</i>	<i>0,05</i>	≤0,02	≤0,02	0,000056	<i>0,128</i>
25	<i>0,093</i>	<i>0,10</i>	≤0,02	≤0,02	0,00006	0,184
30	<i>0,102</i>	0,16	≤0,02	≤0,02	0,00006	0,246
<i>Машинисты компрессорных установок ВКС ТАКАТ-1,2,3 ЦПСН-1</i>						
10	<i>0,119</i>	0,02	≤0,02	≤0,02	0,000233	<i>0,137</i>
15	<i>0,145</i>	0,02	≤0,02	≤0,02	0,00027	0,162
20	0,166	<i>0,05</i>	≤0,02	≤0,02	0,00030	0,208
25	0,184	<i>0,10</i>	0,02	≤0,02	0,00032	0,281
30	0,199	0,16	<i>0,05</i>	≤0,02	0,00034	0,361
<i>Машинисты компрессорных установок ВКС-28 ЦППН-2</i>						
10	0,166	0,02	≤0,02	≤0,02	0,00035	0,183
15	0,199	0,02	≤0,02	≤0,02	0,00041	0,215
20	0,223	<i>0,05</i>	≤0,02	≤0,02	0,00045	0,262
25	0,245	<i>0,10</i>	≤0,02	≤0,02	0,00049	0,321
30	0,262	0,16	≤0,02	≤0,02	0,00051	0,380
<i>Слесари-ремонтники ДНС-4, КСП-6 ЦВЭ</i>						
10	<i>0,055</i>	0,02	≤0,02	≤0,02	0,01473	<i>0,088</i>
15	<i>0,069</i>	0,02	≤0,02	≤0,02	0,01488	<i>0,101</i>
20	<i>0,082</i>	<i>0,05</i>	≤0,02	≤0,02	0,01499	<i>0,141</i>
25	<i>0,093</i>	<i>0,10</i>	≤0,02	0,02	0,01507	0,212
30	<i>0,103</i>	0,16	≤0,02	<i>0,05</i>	0,01514	0,295

Примечание: жирным шрифтом отмечены показатели риска нарушений здоровья, имеющие значения, соответствующие значимым уровням риска для развития профзаболеваний (Risk пз ≥ 0,16), а курсивом – показатели умеренного риска, имеющие значимые значения для развития общих заболеваний (Risk пз ≥ 0,05 и < 0,16).

Вклад охлаждающих метеорологических факторов в значение суммарного риска нарушений здоровья на изучаемых рабочих местах в зависимости от стажа работы

Профессиональная группа	Рабочее место	Стаж работы значимый для развития ПЗ*, лет	Вклад охлаждающих метеорологических факторов в риск развития общесоматических и профессиональных заболеваний, %					
			Стаж работы, лет					
			5	10	15	20	25	30
Операторы ООУ	ДНС-1 ЦППН-2, <i>n</i> = 10	15	18,0	13,3	11,2	22,2	33,6	42,5
	ЦРП ЦПСН-1, <i>n</i> = 24	10	13,3	10,0	8,5	17,7	28,3	37,2
Машинисты ЗРАП	КНС-6 ЦПНН-1, <i>n</i> = 7	25	37,0	27,0	22,7	39,1	54,4	65,1
	КНС-1Е ЦППН-2, <i>n</i> = 3	20	24,7	18,0	14,9	28,1	40,0	48,2
Машинисты КУ	ВКС ТАКАТ-1,2,3 ЦПСН-1, <i>n</i> = 4	15	19,8	14,6	12,3	24,0	35,6	44,3
	ВКС-28 ЦППН-2, <i>n</i> = 4	10	14,7	10,9	9,3	19,1	31,2	42,1
Слесари-ремонтники	ДНС-4 ЦВЭ, <i>n</i> = 52	25	29,4	22,7	19,8	35,5	47,2	54,2
	КСП-6 ЦВЭ, <i>n</i> = 51	25	29,4	22,7	19,8	35,5	47,2	54,2

Примечание: * – ПЗ – профессиональные заболевания.

территории в течение 60 % рабочего времени и более, имеют высокий риск формирования хронической патологии [21].

Оценка апостериорного риска позволила установить наличие прямой связи воздействия производственных вредностей в сочетании с охлаждающим метеорологическим фактором с заболеванием, так как по приоритетным классам болезней показатель превышал единицу – как в среднем, так и по верхней и нижней границам [22]. Значения этиологической доли более 50 % по данным классам болезней позволили установить высокую степень связи и отнести болезни системы кровообращения (ОР = 2,87; ДИ: 2,36–3,48; $p < 0,001$), уха и сосцевидного отростка (ОР = 2,49; ДИ: 1,85–3,36; $p < 0,001$), нервной системы (ОР = 5,12; ДИ: 3,21–8,16; $p < 0,001$), костно-мышечной системы (ОР = 3,18; ДИ: 2,46–4,09; $p < 0,001$), органов пищеварения (ОР = 3,35; ДИ: 2,04–5,48; $p < 0,001$) и дыхания (ОР = 4,9; ДИ: 2,64–9,25; $p < 0,001$) к профессионально обусловленным, связанным с влиянием продолжительного пребывания работников на открытой территории в условиях холода (табл. 3) [21].

На следующем этапе проведена оценка индивидуальных особенностей на основании анкетирования, а также в натуральных и модельных испытаниях.

По результатам субъективной и объективной оценки нарушений терморегуляции у работников, выполняющих работу в условиях воздействия охлаждающих метеорологических факторов, определены

индивидуальные особенности, способствующие развитию локальных и общих нарушений терморегуляции: продолжительная работа – 60 % рабочего времени и более (ОР = 3,0; ДИ: 1,20–7,45; $p = 0,017$), наличие хронической патологии, в том числе болезней системы кровообращения (ОР = 1,46; ДИ: 1,30–1,63; $p < 0,0001$), уха и сосцевидного отростка (ОР = 1,33; ДИ: 1,20–1,47; $p < 0,0001$), эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ (ОР = 1,31; ДИ: 1,16–1,48; $p = 0,015$), болезней костно-мышечной системы (ОР = 1,35; ДИ: 1,22–1,48; $p < 0,0001$), нервной системы (ОР = 1,57; ДИ: 1,19–2,07; $p = 0,003$) и привычки табакокурения (ОР = 1,13; ДИ: 1,02–1,27; $p = 0,0378$) (табл. 4).

Индивидуальные особенности указаны для работников изучаемого предприятия, осуществляющих трудовые операции на открытой территории в холодный период года.

Полученные результаты персонифицированной оценки нарушений терморегуляции работников обуславливают необходимость их учета в рамках оценки риска нарушений здоровья и позволяют разработать целенаправленные медико-профилактические мероприятия для данной категории работников.

Проведенное исследование позволило предложить комплексную модель оценки, управления риском и информирования о риске нарушений здоровья при работе на открытой территории в холодный период года, с учетом оценки группового профессионального риска и оценки индивидуальных особенностей работника (рисунок).

Таблица 3

Апостериорный риск нарушений здоровья у работников с наиболее продолжительным пребыванием на открытой территории

№ п/п	Класс болезней по МКБ-10	Относительный риск (ОР) (95%-ный доверительный интервал (ДИ))	Чувствительность, %	Специфичность, %	Этиологическая доля ЕФ, %	Статистика
1	Болезни системы кровообращения	2,87 (2,36–3,48)	67,6	69,6	65,2	$\chi^2 = 129,56$; $p < 0,001$
2	Болезни уха и сосцевидного отростка	2,49 (1,85–3,36)	64,4	62,0	59,8	$\chi^2 = 39,52$; $p < 0,001$
3	Болезни органов пищеварения	3,35 (2,04–5,48)	70,8	60,0	70,1	$\chi^2 = 26,26$; $p < 0,001$
4	Болезни нервной системы	5,12 (3,21–8,16)	78,8	61,7	80,5	$\chi^2 = 60,46$; $p < 0,001$
5	Болезни костно-мышечной системы	3,18 (2,46–4,09)	69,7	65,5	68,5	$\chi^2 = 91,30$; $p < 0,001$
6	Болезни органов дыхания	4,90 (2,64–9,25)	78,2	59,9	79,6	$\chi^2 = 31,07$; $p < 0,001$

Таблица 4

Параметры риска развития локальных и общих нарушений терморегуляции при работе на открытой территории в холодный период года лиц с индивидуальными особенностями

№	Индивидуальные особенности	Относительный риск (ОР) (95%-ный доверительный интервал (ДИ)), уровень значимости p	
		Локальные нарушения терморегуляции	Общие нарушения терморегуляции
1	Наличие привычки табакокурения	2,69 (1,23–5,88) $p = 0,007$	1,13 (1,02–1,27) $p = 0,0378$
A	Интенсивность курения – 11–20 сигарет	4,17 (1,33–13,04) $p = 0,005$	$p > 0,05$
B	Стаж курения более 20 лет	$p > 0,05$	1,23 (1,05–1,43) $p = 0,043$
2	<i>Нарушения здоровья</i>		
A	Болезни системы кровообращения	1,88 (1,43–2,46) $p < 0,0001$	1,46 (1,30–1,63) $p < 0,0001$
B	Болезни уха и сосцевидного отростка	$p > 0,05$	1,33 (1,20–1,47) $p < 0,0001$
B	Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	1,61 (1,25–2,13) $p = 0,0008$	1,35 (1,22–1,48) $p < 0,0001$
Г	Болезни эндокринной системы	2,19 (1,62–2,96) $p = 0,0001$	1,31 (1,16–1,48) $p = 0,015$
Д	Болезни нервной системы	1,57 (1,19–2,07) $p = 0,003$	$p > 0,05$
3	Продолжительность работы на открытой территории в 40-часовую рабочую неделю 24,0–31,0 ч (60 % от рабочего времени и более)	1,92 (1,18–3,14) $p = 0,005$	3,0 (1,20–7,45) $p = 0,017$

Выводы:

1. Количественная оценка априорного риска позволила определить группы работников, имеющих значимый риск развития профессиональной и общей патологии, и проранжировать рабочие места по степени «опасности» для здоровья, а также разработать профилактические мероприятия, направленные на предупреждение вредного воздействия как охлаждающего микроклимата открытых производственных площадок, так и факторов производ-

ственной среды и трудового процесса на здоровье работника.

2. Оценка апостериорного риска позволила подтвердить результаты оценки априорного риска о потенцирующем негативном воздействии охлаждающего метеорологического фактора в совокупности с вредными производственными факторами на здоровье профессиональных групп работников, пребывание на открытых площадках у которых занимает более 60 % рабочего времени.



Рис. Модель оценки, управления риском и информирования о риске нарушений здоровья при работе на открытой территории в холодный период года

3. Установленные индивидуальные особенности обуславливают необходимость их учета в процессе оценки риска нарушений здоровья и позволяют разработать адресные персональные медико-профилактические мероприятия для данной категории работников.

4. Предложена комплексная модель оценки риска, управления риском и информирования о риске нарушений здоровья при работе на открытой территории в условиях воздействия охлаждающих метеорологических факторов, на основе которой разработаны адресные мероприятия (первичной и вторичной профилактики) по минимизации риска и

информированию о риске, включающие технические и административные методы ограничения риска, времени воздействия опасностей, использование средств индивидуальной защиты, коррекцию поведенческих факторов риска, организацию и проведение предварительных, периодических медицинских осмотров, диспансеризации и оздоровительно-реабилитационных мероприятий.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Фаузер В.В., Лыткина Т.С., Фаузер Г.Н. Демографические и миграционные процессы на Российском Севере: 1980–2000 гг.: монография / под ред. д-ра экон. наук, проф. В.В. Фаузера. – Сыктывкар: Изд-во СГУ им. Питирима Со рокина, 2016. – 168 с.
2. Геворкян С.Г. Криолитозона как предмет и территория пограничных конфликтов // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. – 2013. – Т. 3, № 1. – С. 14.
3. Крупко А.Э., Шульгина Л.В. Роль Крайнего Севера и приравненных к нему местностей для устойчивого развития экономики страны // ФЭС: Финансы. Экономика. – 2021. – Т. 18, № 8. – С. 10–18.
4. Заболевания костно-мышечной и периферической нервной систем у нефтяников в условиях сочетанного воздействия вибрации и тяжести трудового процесса / Г.Г. Гимранова, А.Б. Бакиров, Э.Р. Шайхлисламова, Л.К. Каримова, Н.А. Бейгул, Л.Н. Маврина // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 6. – С. 552–555. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-6-552-555
5. Гигиеническая оценка вклада охлаждающих метеорологических факторов в формирование профессионального риска нарушений здоровья работающих на открытой территории в холодный период года / Е.М. Полякова, А.В. Мельцер, В.П. Чащин, Н.В. Ерастова // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 3. – С. 108–116. DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.13
6. Mäkinen T.M., Hassi J. Health problems in cold work // Ind. Health. – 2009. – Vol. 47, № 3. – P. 207–220. DOI: 10.2486/indhealth.47.207
7. Механизмы гипоксии в Арктической зоне Российской Федерации / О.А. Нагибович, Д.М. Уховский, А.Н. Желалов, Н.А. Ткачук, Л.Г. Аржавкина, Е.Г. Богданова, Е.В. Мурзина, Т.М. Беликова // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2016. – № 2 (54). – С. 202–205.
8. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р., Величковский Б.Т. Физиологические нормы напряжения организма при физическом труде в высоких широтах // Журнал медико-биологических исследований. – 2017. – Т. 5, № 1. – С. 25–36. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.1.25
9. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике / В.П. Чащин, А.Б. Гудков, О.Н. Попова, Ю.О. Одланд, А.А. Ковшов // Экология человека. – 2014. – № 1. – С. 3–12.
10. Субъективная и объективная оценки состояния костно-мышечной системы у рабочих подземных рудников Арктической зоны России / Л.В. Талыкова, И.В. Гушин, С.Н. Купцова, Б.А. Скрипаль // Экология человека. – 2017. – Т. 24, № 9. – С. 28–34. DOI: 10.33396/1728-0869-2017-9-28-34
11. Вибрационная болезнь от воздействия локальной вибрации у горнорабочих в условиях Сибири и Севера / Лахман О.Л., Колесов В.Г., Панков В.А., В.С. Рукавишников, С.Ф. Шаяхметов, М.П. Дьякович. – Иркутск: Изд-во Научный центр реконструктивной и восстановительной хирургии Сибирского отделения РАМН, 2008. – 208 с.
12. Combined effects of noise, vibration, and low temperature on the physiological parameters of labor employees / P.-C. Chao, Y.-J. Juang, C.-J. Chen, Y.-T. Dai, C.-Y. Yeh, C.-Y. Hu // Kaohsiung J. Med. Sci. – 2013. – Vol. 29, № 10. – P. 560–567. DOI: 10.1016/j.kjms.2013.03.004
13. Skin temperature responses to hand-arm vibration in cold and thermoneutral ambient temperatures / H. Pettersson, S. Rissanen, J. Wahlström, H. Rintamäki // Ind. Health. – 2018. – Vol. 56, № 6. – P. 545–552. DOI: 10.2486/indhealth.2018-0013
14. Musculoskeletal symptoms and exposure to whole-body vibration among open-pit mine workers in the Arctic / L. Burström, A. Aminoff, B. Björ, S. Mänttari, T. Nilsson, H. Pettersson, H. Rintamäki, I. Rödin [et al.] // Int. J. Occup. Med. Environ. Health. – 2017. – Vol. 30, № 4. — P. 553–564. DOI: 10.13075/ijomh.1896.00975
15. Golmohammadi R., Darvishi E. The combined effects of occupational exposure to noise and other risk factors – a systematic review // Noise Health. – 2019. – Vol. 21, № 101. – P. 125–141. DOI: 10.4103/nah.NAH_4_18
16. Holmér I. Evaluation of cold workplaces: an overview of standards for assessment of cold stress // Ind. Health. – 2009. – Vol. 47, № 3. – P. 228–234. DOI: 10.2486/indhealth.47.228
17. К вопросу об оценке условий труда на открытой территории в зимний период года / Р.С. Рахманов, Д.А. Гаджиибрагимов, Г.Г. Бахмудов, М.Х. Аликберов, А.В. Тарасов // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 4. – С. 424–427. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-4-424-427
18. Оценка биоклиматических индексов на территориях субарктического и континентального климатических поясов Красноярского края / Р.С. Рахманов, Е.С. Богомолова, Д.А. Нарутдинов, С.А. Разгулин, Н.Н. Потехина, Д.В. Непряхин // Гигиена и санитария. – 2022. – Т. 101, № 3. – С. 288–293. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-3-288-293
19. An introduction to the Universal Thermal Climate Index (UTCI) / K. Włajczyk, G. Jendritzky, P. Bröde, D. Fiala, G. Havenith, Y. Epstein, A. Psikuta, B. Kampmann // Geographia Polonica. – 2013. – Vol. 1, № 86. – P. 5–10. DOI: 10.7163/GPol.2013.1
20. Pettersson J., Kuklane K., Gao C. Is There a Need to Integrate Human Thermal Models with Weather Forecasts to Predict Thermal Stress? // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2019. – Vol. 16, № 22. – P. 4586. DOI: 10.3390/ijerph16224586
21. Полякова Е.М., Мельцер А.В., Чащин В.П. Априорная и апостериорная оценка риска нарушений здоровья при работе на открытой территории в холодный период года // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 2 т. / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2020. – С. 86–93.
22. Мельцер А.В., Полякова Е.М. Оценка комбинированного профессионального риска при выполнении трудовых операций на открытой территории в холодный период года // Профилактическая и клиническая медицина. – 2019. – Т. 72, № 3. – С. 4–13.

Комплексная модель оценки риска нарушений здоровья при работе на открытой территории в условиях воздействия охлаждающих метеорологических факторов / Е.М. Полякова, А.В. Мельцер, И.Ш. Якубова, Н.В. Ерастова, А.В. Суворова // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 2. – С. 88–97. DOI: 10.21668/health.risk/2022.2.08



Research article

INTEGRATED MODEL OF HEALTH RISK ASSESSMENT FOR WORKERS HAVING TO WORK OUTDOORS UNDER EXPOSURE TO COOLING METEOROLOGICAL FACTORS

E.M. Polyakova¹, A.V. Meltser², I.S. Iakubova², N.V. Erastova², A.V. Suvorova²

¹North-West Public Health Research Center, 4 2nd Sovetskaya Str., Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

²I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, 41 Kirochnaya Str., Saint Petersburg, 195067, Russian Federation

Natural resources extraction involves continuous exposure to cooling meteorological factors typical for open production grounds. This necessitates relevant health risk assessment and management of health risks caused by exposure to these harmful occupational factors. However, the available risk assessment models do not provide a possibility to perform complete assessment of the existing risks created by exposure to meteorological hazards.

The study design included the following. We performed hygienic assessment of working conditions and health of workers employed by “Samotlorneftegaz” Joint Stock Company (JSC) who had to perform their work tasks under exposure to cooling meteorological factors on open production grounds; the assessment involved calculating the group health risk. Individual peculiarities were assessed using subjective (547 people took part in questioning) and objective assessment methods (76 people took part in estimating thermal state of their bodies and 54 people participated in thermometry with cold stress). Finally, we assessed prior and posterior risks.

The prior group risk assessment made it possible to identify risk groups who had a significant risk of developing occupational and non-occupational diseases and to rank working places as per health hazards. The posterior risk assessment confirmed the results produced by the prior risk assessment regarding potentiating negative effects produced by cooling meteorological factors. The assessment of developing general and local thermoregulation disorders revealed that certain individual peculiarities made a substantial contribution into their development. Among them, we can mention long-term outdoor work (60 % of work time or more) under exposure to cooling meteorological factors; a chronic pathology; tobacco smoking. The results produced by this study allowed us to suggest an integrated model for risk assessment, management and communication about health risks caused by working under exposure to cooling meteorological factors.

Keywords: outdoor work, oil production, cooling meteorological factors, health risk assessment, prior risk, posterior risk, individual peculiarities in outdoor work.

References

1. Fauzer V.V., Lytkina T.S., Fauzer G.N. Demograficheskie i migratsionnye protsessy na Rossiiskom Severe: 1980–2000 gg. [Demographic and migration processes in the Russian North: 1980–2000]. Syktyvkar, SGU im. Pitirima Sorokina Publ., 2016, 168 p. (in Russian).
2. Gevorkyan S.G. Permafrost zone as a subject and area of frontier conflicts. *Elektronnoe nauchnoe izdanie Al'manakh Prostranstvo i Vremya*, 2013, vol. 3, no. 1, pp. 14 (in Russian).
3. Krupko A.E., Shulgina L.V. The role of the Far North and equivalent areas for sustainable economic development. *FES: Finansy. Ekonomika*, 2021, vol. 18, no. 8, pp. 10–18 (in Russian).

© Polyakova E.M., Meltser A.V., Iakubova I.S., Erastova N.V., Suvorova A.V., 2022

Ekaterina M. Polyakova – acting Senior Researcher at the Department for Environmental and Public Health Studies in the Arctic Region of the Russian Federation (e-mail: ustimenkoekaterina_2009@mail.ru; tel.: +7 (981) 125-59-53; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3493-4592>).

Alexander V. Meltser – Doctor of Medical Sciences, Professor, Vice-Rector responsible for Regional Public Healthcare Development and Medical Prevention, Head of the Department for Preventive Medicine and Health Protection (e-mail: aleksandr.meltser@szgmu.ru; tel.: +7 (812) 303-50-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4186-457X>).

Irek S. Iakubova – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department for Preventive Medicine and Health Protection (e-mail: yakubova-work@yandex.ru; tel.: +7 (812) 543-17-47; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2437-1255>).

Nataliya V. Erastova – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department for Preventive Medicine and Health Protection, Head of the Department for Analytical and Methodical Support for Regional Healthcare Development and Medical and Prevention Activities (e-mail: nataliya.erastova@szgmu.ru; tel.: +7 (812) 303-50-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4062-9578>).

Anna V. Suvorova – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor of the Department for Preventive Medicine and Health Protection (e-mail: suvorova-work@mail.ru; tel.: +7 (812) 303-50-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0990-8299>).

4. Gimranova G.G., Bakirov A.B., Shaikhislamova E.R., Karimova L.K., Beigul N.A., Mavrina L.N. Musculo-skeletal and peripheral nervous diseases in employees of the oil industry in conditions of the combined impact of vibration and the heavy working process. *Gigiena i sanitariya*, 2017, vol. 96, no. 6, pp. 552–555. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-6-552-555 (in Russian).
5. Polyakova E.M., Mel'tser A.V., Chashchin V.P., Erastova N.V. Hygienic assessment of contribution made by cooling meteorological factors into occupational risks of health disorders for workers who have to work outdoors in cold season. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 3, pp. 108–116. DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.13.eng
6. Mäkinen T.M., Hassi J. Health problems in cold work. *Ind. Health*, 2009, vol. 47, no. 3, pp. 207–220. DOI: 10.2486/indhealth.47.207
7. Nagibovich O.A., Ukhovsky D.M., Zhekalov A.N., Ktchuk N.A., Arzhavkina L.G., Bogdanova E.G., Murzina E.V., Belikova T.M. Mechanisms of hypoxia in Arctic zone of Russian Federation. *Vestnik Rossiiskoi Voenno-meditsinskoi akademii*, 2016, no. 2 (54), pp. 202–205 (in Russian).
8. Solonin Yu.G., Boiko E.R., Velichkovskii B.T. Physiological stress standards at manual labour in high latitudes. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*, 2017, vol. 5, no. 1, pp. 25–36. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.1.25 (in Russian).
9. Chashchin V.P., Gudkov A.B., Popova O.N., Odland Yu.O., Kovshov A.A. Kharakteristika osnovnykh faktorov riska narusheniya zdorov'ya naseleniya, prozhivayushchego na territoriyakh aktivnogo prirodopol'zovaniya v Arktike [Description of main risk factors causing health deterioration for population living on territories of active natural management in the Arctic]. *Ekologiya cheloveka*, 2014, no. 1, pp. 3–12 (in Russian).
10. Talykova L.V., Gushchin I.V., Kuptsova S.N., Skripal B.A. Subjective and objective assessment of musculoskeletal system state in workers of underground mines in the Arctic zone of Russia. *Ekologiya cheloveka*, 2017, vol. 24, no. 9, pp. 28–34. DOI: 10.33396/1728-0869-2017-9-28-34 (in Russian).
11. Lakhman O.L., Kolesov V.G., Pankov V.A., Rukavishnikov V.S., Shayakhmetov S.F., Dyakovich M.P. Vibrational disease of miners in Siberia and the Russian North caused by exposure to local vibration. Irkutsk, Nauchnyi tsentr rekonstruktivnoi i vosstanovitel'noi khirurgii Sibirskogo otdeleniya RAMN Publ., 2008, 208 p. (in Russian).
12. Chao P.-C., Juang Y.-J., Chen C.-J., Dai Y.-T., Yeh C.-Y., Hu C.-Y. Combined effects of noise, vibration, and low temperature on the physiological parameters of labor employees. *Kaohsiung J. Med. Sci.*, 2013, vol. 29, no. 10, pp. 560–567. DOI: 10.1016/j.kjms.2013.03.004
13. Pettersson H., Rissanen S., Wahlström J., Rintamäki H. Skin temperature responses to hand-arm vibration in cold and thermoneutral ambient temperatures. *Ind. Health*, 2018, vol. 56, no. 6, pp. 545–552. DOI: 10.2486/indhealth.2018-0013
14. Burström L., Aminoff A., Björ B., Mänttari S., Nilsson T., Pettersson H., Rintamäki H., Rödin I. [et al.]. Musculoskeletal symptoms and exposure to whole-body vibration among open-pit mine workers in the Arctic. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*, 2017, vol. 30, no. 4, pp. 553–564. DOI: 10.13075/ijomeh.1896.00975
15. Golmohammadi R., Darvishi E. The combined effects of occupational exposure to noise and other risk factors – a systematic review. *Noise Health*, 2019, vol. 21, no. 101, pp. 125–141. DOI: 10.4103/nah.NAH_4_18
16. Holmér I. Evaluation of cold workplaces: an overview of standards for assessment of cold stress. *Ind. Health*, 2009, vol. 47, no. 3, pp. 228–234. DOI: 10.2486/indhealth.47.228
17. Rakhmanov R.S., Gadzhibragimov D.A., Bakhmydov G.G., Alikberov M.Kh., Tarasov A.V. On the evaluation of working conditions in open area in the winter season. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 4, pp. 424–427. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-4-424-427 (in Russian).
18. Rakhmanov R.S., Bogomolova E.S., Narutdinov D.A., Razgulina S.A., Potekhina N.N., Nepryakhin D.V. Assessment of bioclimatic indices in the territories of the subarctic and continental climatic zones of the Krasnoyarsk territory. *Gigiena i sanitariya*, 2022, vol. 101, no. 3, pp. 288–293. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-3-288-293 (in Russian).
19. Błażejczyk K., Jendritzky G., Bröde P., Fiala D., Havenith G., Epstein Y., Psikuta A., Kampmann B. An introduction to the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *Geographia Polonica*, 2013, vol. 1, no. 86, pp. 5–10. DOI: 10.7163/GPol.2013.1
20. Petersson J., Kuklane K., Gao C. Is There a Need to Integrate Human Thermal Models with Weather Forecasts to Predict Thermal Stress? *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2019, vol. 16, no. 22, pp. 4586. DOI: 10.3390/ijerph16224586
21. Polyakova E.M., Meltser A.V., Chashchin V.P. Apriornaya i aposteriornaya otsenka riska narusheniya zdorov'ya pri rabote na otrytoi territorii v kholodnyi period goda [A priori and a posteriori assessment of the risk of health disorders when working in an open area in the cold season]. *Analiz riska zdorov'yu – 2020 sovместno s mezhdunarodnoi vstrechei po okruzhayushchei srede i zdorov'yu Rise-2020 i kruglym stolom po bezopasnosti pitaniya: materialy X Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem: v 2-kh tomakh*. In: A.Yu. Popova, N.V. Zaitseva eds. Perm, May 13–15, 2020, pp. 86–93 (in Russian).
22. Meltser A.V., Polyakova E.M. Assessment of the combined professional risk working in open territory in the cold period of the year. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina*, 2019, no. 3 (72), pp. 4–13 (in Russian).

Polyakova E.M., Meltser A.V., Iakubova I.S., Erastova N.V., Suvorova A.V. Integrated model of health risk assessment for workers having to work outdoors under exposure to cooling meteorological factors. Health Risk Analysis, 2022, no. 2, pp. 88–97. DOI: 10.21668/health.risk/2022.2.08.eng

Получена: 12.04.2022

Одобрена: 17.05.2022

Принята к публикации: 21.06.2022