

А.Ф. Бобров<sup>1</sup>, Л.И. Кузнецова<sup>1</sup>, В.И. Седин<sup>1</sup>, А.Р. Туков<sup>1</sup>, **В.Ю. Щепланов<sup>1</sup>**,  
Н.Л. Проскуракова<sup>1</sup>, С.А. Афонин<sup>2</sup>, Ю.Е. Смирнов<sup>1</sup>

## МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ РАДИАЦИОННО-ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

<sup>1</sup>Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва.

<sup>2</sup>АО «Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях», Москва.

Контактное лицо: Александр Федорович Бобров: [baf-vcmk@mail.ru](mailto:baf-vcmk@mail.ru)

### РЕФЕРАТ

**Цель:** Разработка методологии и критериев установления причинно-следственных связей между состоянием здоровья работников радиационно-опасных производств с факторами производственной среды.

**Результаты:** Разработана методология и критерии для оценки причинно-следственных связей здоровья работников радиационно-опасных производств с факторами производственной среды. Оценка проводится в три этапа. На 1-м этапе по данным периодических медицинских осмотров и психофизиологических обследований оценивается уровень потери здоровья работника, на 2-м (с использованием матрицы рисков) – уровень профессионального риска. На 3-м этапе по относительному риску конкретного заболевания (или его этиологической доле) и уровню профессионального риска принимается решение об обусловленности заболевания неблагоприятными факторами производственной среды.

**Ключевые слова:** факторы производственной среды, причинно-следственные связи, диаграмма Исикавы, состояние здоровья, аллостатическая нагрузка, этиологическая доля заболевания, матрица риска, радиационно-опасные производства

**Для цитирования:** Бобров А.Ф., Кузнецова Л.И., Седин В.И., Туков А.Р., Щепланов В.Ю., Проскуракова Н.Л., Афонин С.А., Смирнов Ю.Е. Методология оценки влияния факторов производственной среды на состояние здоровья работников радиационно-опасных производств // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2021. Т.66. №2. С.23–28

DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-2-23-28

### Введение

При установлении связи санитарно-гигиенических условий труда на рабочем месте работника с заболеванием, признаваемым последствием профессиональным, рекомендуется сопоставлять их с возможностью вызвать временную или стойкую утрату профессиональной трудоспособности и формирования профессионального заболевания (Письмо ФСС РФ от 29.04.2005 № 02-18/06-3810 «О направлении обзора по вопросам экспертизы страховых случаев в связи с профессиональным заболеванием»). Признание профессионального заболевания специалистами государственной санитарно-эпидемиологической службы является сложной задачей и базируется на установлении объективности причинно-следственных связей конкретного заболевания с вредными условиями труда, длительностью и интенсивностью их воздействия по месту работы заболевшего работника. Это обусловлено тем, что работа и здоровье, работа и болезни находятся в сложных взаимосвязях.

Как отмечается в документе ВОЗ [1], профессиональные болезни находятся на одном полюсе спектра взаимосвязей здоровья и работы, где зависимость их от специфических причинных факторов полностью установлена, а сами факторы могут быть идентифицированы, измерены и, в конечном счете, взяты под контроль. Многолетние исследования ученых многих стран мира показывают, что на долю вредных и опасных производственных факторов приходится до 30 % причинных последствий отклонения здоровья работающих. На другом полюсе зависимость болезней от условий работы может быть слабой, непостоянной, неясной. В средней части спектра возможная причинная зависимость существует, но ее сила и значимость могут быть различными.

В соответствии с Концепцией демографической политики Российской Федерации на период до 2025 г. (утв. Указом Президента РФ от 09.10.2007 г. № 1351) одной из долгосрочных стратегических целей государства является сокращение уровня смертности и травматизма от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний за счет перехода в сфере охраны труда к системе управления профессиональными рисками. Федеральным законом от 18.07.2011 №238-ФЗ в ст. 209 Трудового кодекса Российской Федерации (далее – ТК РФ) внесены изменения и дополнения, касающиеся определения понятий «профессиональный риск» и «управление профессиональными рисками». Были введены следующие определения этих понятий.

Профессиональный риск (ПР) – вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору либо в иных случаях, установленных ТК РФ, другими федеральными законами. При этом управление профессиональными рисками рассматривается как комплекс взаимосвязанных мероприятий, включающих в себя меры по выявлению, оценке и снижению уровней ПР.

Работа и здоровье могут находиться в причинно-следственной взаимосвязи между воздействием на работника неблагоприятных факторов трудового процесса и неблагоприятными последствиями, в том числе болезнью. Установление этой связи позволяет понять, какие действия вызвали наступление итогового результата и устранить их неблагоприятные последствия.

В медицине труда в качестве итоговых результатов рассматривают возникновение профессиональных заболеваний (ПЗ); болезней, связанных с работой и нарушений

здоровья. Профессиональное заболевание – заболевание, развившееся в результате воздействия факторов риска, обусловленных трудовой деятельностью. Болезни, связанные с работой, имеют многочисленные причины, среди которых могут играть определенную роль и факторы окружающей среды на рабочих местах. Нарушение здоровья — существенные отклонение или утраты, возникающие в функциях или структурах организма. Его определяют как физическое, душевное или социальное неблагополучие, связанное с потерей, аномалией, расстройством психологической, физиологической, анатомической структуры и (или) функции организма человека [2].

Обеспечение безопасности радиационно- и ядерно-опасных технологий является приоритетной задачей всех служб Госкорпорации «Росатом» (ГК «Росатом») и научных организаций, участвующих в решении данной задачи. К настоящему времени достигнут такой уровень радиационной безопасности предприятий и объектов ГК «Росатом», что в штатных условиях их функционирования воздействие ионизирующего излучения на персонал, население и окружающую среду сведено к минимуму. За период 2010 – 2019 гг. заболеваемость профессиональными злокачественными новообразованиями составила 0,34 на 10 тыс. работающих. Влияние работы на здоровье проявляется в основном нерадиационными вредными производственными факторами.

Заболеваемость ПЗ работников предприятий и организаций ГК «Росатом» за период 2010 – 2019 гг. составила 2,86 на 10 тыс. работающих, на авиационном предприятии Иркутской области за 1987–2015 гг. аналогичный показатель превышал 10,0 на 10 тыс. [3]. В Омской области за 2009 – 2014 гг. в сфере добычи полезных ископаемых ПЗ составили 19,3 на 10 тыс. работников, при добыче каменного угля, бурого угля и торфа – 79,7, добыче угля подземным способом – 130,0 и обрабатывающих производств – 3,0 [4].

Вопросы оценки взаимосвязи здоровья с работой рассматриваются в задачах медицины труда при оценке ПР [2, 5–7]. Так, в работе [2] приводятся критерии и алгоритмы установления связи нарушений здоровья с работой.

В частности, в [2] описан алгоритм действий врача-профпатолога при распознавании болезней, связанных с работой, основанный на использовании данных периодических медицинских осмотров (ПМО). Он включает в себя 6 шагов (содержание/(действие, показатели и критерии оценки)):

1. Консенсусная медицина/ Логическая каузация в «светофорном» формате оценки: зеленый цвет — скорее всего, не связано с работой, желтый цвет — возможно, связано с работой, красный цвет — с большой долей вероятности связано с работой.
2. Доказательная медицина (использование существующих баз данных)/ Перенос данных для профгрупп на индивидуальные случаи: а) если пациент по полу, возрасту, стажу типичен для выбранной базы данных, то этиологическую долю из базы данных приравнивают к вероятности наличия болезни у данного пациента; б) при их отличии применяют линейную интерполяцию по уровню и/или стажу.
3. Доказательная медицина (расчет статистических показателей относительного риска RR и этиологической доли EF для профгрупп по материалам ПМО)/ Оценка силы причинно-следственной связи по относительному риску или этиологической доле. Уверенность врача при принятии решения определяют по следующим критериям: а) при относи-

тельном риске 5 и более (этиологическая доля 80 % и более) заболевание рассматривают как профессиональное; б) при относительном риске от 5 до 2 (этиологическая доля от 80 до 50 %) имеется сильная связь с работой, что обеспечивает более чем 50 %-ю уверенность врача при отнесении заболевания к болезням, связанным с работой; в) при относительном риске менее 2 (этиологическая доля менее 50 %) связь оценивают как среднюю или слабую, заболевание считают общим; для дальнейшего анализа связи с работой используют другую аргументацию (стаж, усугубляющие влияния и др.).

4. Постконтактный период/ Клиническая картина течения болезни (прогредиентность) и исход: прогрессирование, стабилизация, регресс с учетом возрастных стандартов здоровья.
5. Медицинские рекомендации/ Лечение, реабилитация и др. Рекомендации для углубленного целевого осмотра. Формирование групп диспансерного наблюдения.
6. Рекомендации для управления профессиональными рисками/ Организационно-технические мероприятия по исключению или ограничению экспозиции (в т.ч. режимы труда и отдыха и др.). Средства коллективной и/или индивидуальной защиты; здоровый образ жизни, витаминпрофилактика и др.

Для работников атомной отрасли описанный алгоритм нуждается в конкретизации, учитывающей особенности ее высокоавтоматизированных предприятий, достигнутый уровень в охране труда работников, возможности использования специалистами медицинских организаций результатов ПМО.

Целью работы является разработка методологии и критериев установления причинно-следственных связей между состоянием здоровья работников радиационно опасных производств с факторами производственной среды.

### **Причинно-следственная модель установления связей между здоровьем и работой**

Установление причинно-следственных взаимосвязей является междисциплинарной задачей, решаемой в различных областях практической деятельности человека. Мы предлагаем для ее решения использовать построение причинно-следственной диаграммы (диаграммы Исикавы). Причинно-следственная диаграмма — инструмент, позволяющий выявить наиболее существенные причины (факторы), влияющие на конечный результат (следствие), была предложена в 1953 г. профессором Токийского университета К. Исикава для оценки качества продукции [8]. При построении диаграммы причины, влияющие на проблему, изображаются (рис. 1) наклонными стрелками. Общие причины (причины первого порядка) — наклонными большими стрелками (1), частные (2, 3) (причины второго и последующего порядка) — малыми стрелками. В литературе рассматриваемая диаграмма называется также «рыбьим скелетом». Изучаемая проблема — это «голова рыбьего скелета». «Хребет» условно изображается в виде прямой горизонтальной стрелки, «кости» — причины — изображаются наклонными стрелками.

При установлении причинно-следственной связи между состоянием здоровья работников радиационно опасных производств с условиями труда диаграмма Исикавы может иметь следующий вид (рис. 2).

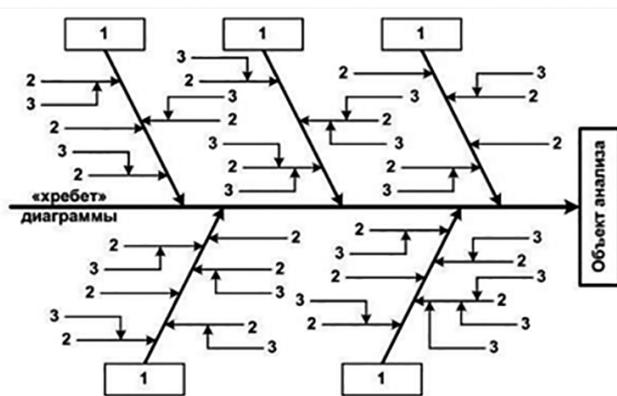


Рис. 1. Причинно-следственная диаграмма Исикавы  
Fig. 1. Ishikawa's causal diagram



Рис. 2. Причинно-следственная диаграмма взаимосвязи заболевания с условиями труда  
Fig. 2. A causal diagram of the relationship between disease and working conditions

В качестве решений («головы» диаграммы (1)) целесообразно использовать описанную выше «светофорную» индикацию результатов каузации: зеленый цвет (код 1) — скорее всего, не связано с работой, желтый цвет (код 2) — возможно, связан с работой, красный цвет (код 3) — с большой долей вероятности связано с работой.

Факторами (причинами), влияющими на выбор решения, являются: 1) состояния здоровья работника (2); 2) уровень аллостатической нагрузки на организм (3); 3) этиологическая доля риска (EF) для оцениваемого заболевания (4); 4) класс условия труда по вредности и опасности (5).

Состояние здоровья работника предлагается оценивать по трем характеристикам: группе здоровья, длительности временной утраты трудоспособности (ДВУТ) по оцениваемому заболеванию и наличию профессионального стресса.

В качестве группы здоровья целесообразно использовать диспансерные группы состояния здоровья, регламентированные приказом Минздрава России от 3 февраля 2015 года № 36н «Об утверждении порядка проведения диспансеризации определенных групп взрослого населения» (с изменениями на 9 декабря 2016 года). ДВУТ оценивается по выданным работнику листам временной нетрудоспособности.

Необходимость учета профессионального/производственного стресса связана с тем, что труд на высокоавтоматизированных предприятиях атомной отрасли связан с повышенным уровнем психоэмоционального напряжения, обусловленным в том числе и высокой потенциальной опасностью выполняемых работ. Психоэмоциональное напряжение отражает наличие производственного стресса: особого функционального состояния организма человека, которое характеризуется гиперактивацией или угнетением регуляторных механизмов физиологических систем организма, развитием состояния напряжения или утомления, а также (при кумуляции неблагоприятных сдвигов) перенапряжения или переутомления [9]. При хроническом и остром стрессе преобладает влияние симпатической регуляции над парасимпатической как в центральном, так и в периферическом отделах нервной системы. Развивается состояние перенапряжения или предболезни, которое может являться пусковым механизмом развития различных психосоматических болезней.

В МКБ-10 стресс включен под рубрикой Z73 «Стресс, связанный с трудностями управления своей жизнью», Z73 «Стресс, связанный с трудностями поддержания нормального образа жизни», F43.0 «Острая реакция на стресс», F43.1 «Посттравматическое стрессовое расстройство», F43.2 «Расстройство приспособительных

реакций», F43.8 «Другие реакции на тяжелый стресс» и др. Производственный стресс относят к скрытому риску – риску нанесения ущерба организму, находящемуся в состоянии хронического стресса, обусловленного воздействием вредных факторов производственной среды.

Отдельным блоком в причинно-следственную модель вошла аллостатическая нагрузка. Необходимость ее учета связана с тем, что в настоящее время результаты ПМО оцениваются с позиций наличия/отсутствия у работника заболеваний. При оценке связи здоровья с работой «болезнецентрическую» модель необходимо дополнять «здравоцентрическую», смещая акценты с больного работника на здорового с использованием концепции донозологической диагностики [10]. Это привело к необходимости введения в причинно-следственную модель оценки аллостатической нагрузки, относящейся к донозологическим критериям нарушения здоровья. Термин «аллостаз» относится к процессу, посредством которого организм поддерживает физиологическую стабильность путём изменения параметров его внутренней среды, изменяя их так, чтобы они соответствовали требованиям окружающей среды [11]. Эффективное поддержание постоянства внутренней среды при аллостазе достигается напряжением регуляторных механизмов, которые должны обеспечить соответствие состояния организма изменениям производственной и внешней среды. Уровень аллостатической нагрузки может быть оценен по данным периодических психофизиологических обследований персонала [12].

Оценка этиологической доли EF относительного риска является оценкой степени взаимосвязи заболевания с условиями труда по статистическим данным [6]. Класс условия труда по вредности и опасности оценивается в соответствии с «Руководством по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (Р 2.2.2006-05)».

Построение причинно-следственной диаграммы Исикавы дает возможность описать причинно-следственные связи, которые приводят к тем или иным последствиям, сгруппировать их по отдельным категориям и представить в удобном для восприятия графическом виде. Однако дальнейшие шаги в достижении поставленных целей связаны с экспертными решениями. На их основе выбираются более реалистичные высказывания о причинах; потенциальные причины оцениваются в отношении их степени влияния на проблему; устанавливается перечень причин с наибольшей реальной степенью влияния. Количественные меры оценки влияния причин на решаемую проблему не используются.

**Критерии оценки причинно-следственных связей между здоровьем и условиями труда**

В основе количественно-качественных критериев оценки причинно-следственных связей между заболеванием и условиями труда лежат классификационные методы [13] и матрицы рисков [14]. Использован опыт разработки критериев оценки индивидуального [15] и антропогенного [16] риска.

Уровень аллостатической нагрузки (АН) оценивается по 3-м уровням: высокий, средний и низкий, в соответствии с критериями, описанными в работе [12]:

$$АН = a_1 \times K_1 + a_2 \times K_2 + a_3 \times K_3 \text{ (усл. ед.)}, \quad (1)$$

где  $K_1, K_2, K_3$  – оценка класса состояния на психическом, психофизиологическом и физиологическом уровне соответственно. При «светофорной» индикации состояния [12]  $K_1 = 0$  при идентификации «зеленого»,  $K_1 = 0,5$  – «желтого»,  $K_1 = 1$  – «красного» цвета  $a_1, a_2, a_3$  – постоянные коэффициенты, сумма которых равна 1. Они определяются экспертным путем в зависимости от вклада в деятельность психических, психофизиологических и физиологических нагрузок.

Группа здоровья также оценивается по 3 уровням/группам. К первой группе относятся работники, у которых не установлены хронические неинфекционные заболевания, отсутствуют факторы риска развития таких заболеваний или имеются указанные факторы риска при низком или среднем абсолютном суммарном сердечно-сосудистом риске и которые не нуждаются в диспансерном наблюдении по поводу других заболеваний (состояний). Во вторую включаются работники, у которых не установлены хронические неинфекционные заболевания, но имеются факторы риска развития таких заболеваний при высоком или очень высоком абсолютном суммарном сердечно-сосудистом риске. К третьей группе здоровья относятся работники, имеющие: а) хронические неинфекционные заболевания, требующие установления диспансерного наблюдения или оказания специализированной, в том числе высокотехнологичной, медицинской помощи, а также с подозрением на наличие этих заболеваний (состояний), нуждающиеся в дополнительном обследовании; б) не имеющие хронических неинфекционных заболеваний, но требующие установления диспансерного наблюдения или оказания специализированной, в том числе высокотехнологичной медицинской помощи по поводу иных заболеваний, а также с подозрением на наличие этих заболеваний, нуждающиеся в дополнительном обследовании.

Для оценки ДВУТ используется 3 градации: 1) ДВУТ  $\leq 7 \pm 1,2$  дня; 2)  $7 \pm 1,2 < ДВУТ \leq 17 \pm 1,1$  дня; 3) ДВУТ  $> 17 \pm 2,1$  дня [17].

Для оценки производственного стресса две градации: 1) отсутствие нозологических признаков стресса по МКБ-10; 2) наличие указанных признаков.

Оценка взаимосвязи заболевания с условиями труда проводится в три этапа.

На первом этапе с использованием нозологических (группа здоровья и группа ДВУТ, группа профессионального стресса (ГР\_ПС)) и донозологического критериев рассчитывается показатель потери здоровья (ПОТ\_ЗД):

$$ПОТ_ЗД = 71,8 - 17,49 \times ГР_ЗД - 13,99 \times ГР_АН - 8,74 \times ГР_ДВУТ - 3,50 \times ГР_ПС, \text{ баллы} \quad (2)$$

Коды групп переводятся в значения функции желательности Харрингтона в соответствии с табл. 1.

По величине ПОТ\_ЗД с использованием вероятностной номограммы (рис. 3) оценивается уровень потери здоровья: низкий, средний или высокий.

По оси абсцисс отложены значения показателя ПОТ\_ЗД, по оси ординат – вероятность идентификации различного уровня потерь (низкого, среднего или высокого).

Например, при значении показателя ПОТ\_ЗД = 36 баллов с вероятностью 0,83 идентифицируется низкий, с вероятностью 0,17 – средний уровень потери здоровья. Для упрощения оценки могут быть использованы «точечные» границы (соответствующие вероятности 0,5 на рис. 3): низкий – при  $ПОТ_ЗД \leq 37$  баллов, средний –  $37 < ПОТ_ЗД \leq 56$ , высокий уровень потери при  $ПОТ_ЗД > 56$  баллов.

На втором этапе с использованием матрицы рисков (табл. 2) проводится индивидуальная оценка профессионального риска (ПР) для конкретного работника.

Оценка ПР проводится следующим образом. В соответствии со специальной оценкой условий труда оценивается класс условий труда по вредности и опасности на рабочем месте конкретного человека. По данным периодических медицинских осмотров и обязательных психофизиологических обследований, по формулам (1) и (2) оценивается уровень потери здоровья работника. В соответствии с полученными результатами в табл. 2 выбираются соответствующие строка и столбец. Ячейка в месте их пересечения соответствует уровню индивидуального ПР работника.

Например, если класс условий труда соответствует классу 3.2 и уровень актуальной потери здоровья высокий, то индивидуальный профессиональный риск оценивается как высокий.

На 3-м этапе для конкретных видов заболеваний с использованием результатов оценки этиологическая доля ЕФ для конкретного заболевания проводится установление его связи с работой (табл. 3).

По матрице риска принимается одно из трех решений: 1) заболевание, скорее всего, не связано с условиями труда; 2) заболевание, возможно, связано с условиями труда; 3) заболевание, скорее всего, связано с условиями труда.

Окончательное решение принимается врачом с учётом всех данных по характеру работы, медицинских данных по клинической картине протекания болезни и характера её исходов (прогрессирование, стабилизация, регресс с учётом возрастных стандартов здоровья).

Таблица 1

**Перевод кодов групп в значения функции желательности Харрингтона  
Converting group codes to values of the Harrington desirability function**

№	Группа здоровья		Группа ДВУТ		Группа производственного стресса		Группа аллостатической нагрузки	
	Код	Значение	Код	Значение	Код	Значение	Код	Значение
1	1	1,0	1	1,0	0	1,0	1	1,0
2	2	0,5	2	0,5	1	0,0	2	0,5
3	3	0,0	3	0,0			3	0,0

Таблица 2

**Матрица оценки индивидуального профессионального риска  
Individual occupational risk assessment matrix**

Класс условий труда	Уровень потери здоровья, баллы		
	Низкий ПОТ_ЗД ≤ 37	Средний 37 < ПОТ_ЗД ≤ 56	Высокий ПОТ_ЗД > 56
Оптимальный – 1	Низкий	Низкий	Средний
Допустимый – 2	Низкий	Низкий	Средний
Вредный – 3.1	Низкий	Средний	Высокий
Вредный – 3.2	Средний	Средний	Высокий
Вредный – 3.3	Средний	Высокий	Высокий
Вредный – 3.4	Высокий	Высокий	Высокий
Опасный – 4	Высокий	Высокий	Высокий

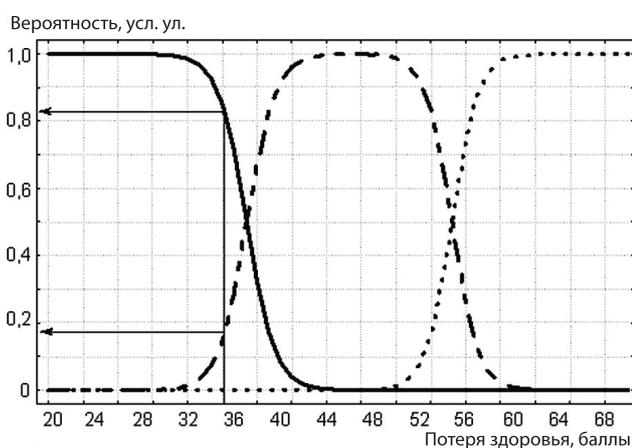


Рис. 3. Вероятностная номограмма оценки уровня потери здоровья. Сплошная линия ограничивает область низкого, штрихпунктирная – среднего, пунктирная – высокого уровня потери здоровья

Fig. 3. Probabilistic nomogram for assessing the level of health loss. The solid line limits the area of low, dash-and-dot – medium, dotted – high level of health loss

**Заключение**

Причинно-следственная связь – связь между различными явлениями, при которой одно, называемое причиной, при определенных условиях порождает другое, называемое следствием. В медицине труда, изучающей здоровье работающих в неблагоприятных условиях, можно выделить две задачи: 1) диагностика болезней и проблем, связанных с нарушением здоровья, проводимая по кодам МКБ-10; 2) установление зависимости от условий труда (каузация нарушения здоровья). Вторая задача представляется наиболее сложной для решения. Все чаще встречаются больные, у которых нарушения здоровья, обусловленные условиями труда, проявляются в виде других заболеваний,

Таблица 3

**Матрица риска для установления связи конкретного заболевания с условиями труда  
Risk matrix for establishing the association of a specific disease with working conditions**

Этиологическая доля EF заболевания	Профессиональный риск		
	Высокий	Средний	Низкий
EF > 80 %	3	3	2
50% < EF ≤ 80 %	3	2	1
EF < 50 %	2	1	1

неспецифичных в этиологическом отношении к воздействию факторам производственной среды. Это существенно усложняет каузацию. Поэтому ее методы постоянно совершенствуются.

Установление причинно-следственных взаимосвязей является междисциплинарной задачей, решаемой в различных областях практической деятельности человека. В настоящем исследовании для установления взаимосвязи здоровья с работой выбран подход, используемый при оценке, контроле и улучшении качества производственных процессов на основе построения причинно-следственной диаграммы Исикавы. Для решения задач медицины труда он был дополнен количественно-качественными критериями, основанными на методах оценки профессиональных рисков. Это позволило разработать трехэтапную оценку обусловленности выявляемых болезней факторами производственной среды, включающую в себя комплексный учет индивидуальных и групповых профессиональных рисков.

**Methodology Assessment of Working Environment Factors on Health Status of Workers of Radiation Hazardous Productions**

A.F.Bobrov<sup>1</sup>, L.I. Kuznetsova<sup>1</sup>, V.I.Sedin<sup>1</sup>, A.R. Tukov<sup>1</sup>, V.Yu. Scheblanov<sup>1</sup>, N.L. Proskuryakova<sup>1</sup>, S.A. Afonin<sup>1</sup>, Yu.E. Smirnov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>AI Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Rosenergoatom Joint Stock Company, Moscow, Russia

Contact person: Aleksandr Fiodorovich Bobrov: [baf-vcmk@mail.ru](mailto:baf-vcmk@mail.ru)

**ABSTRACT**

**Purpose:** Development of methodology and criteria for establishing causal relationships between the health status of workers in radiation-hazardous industries with factors of the working environment.

**Results:** A methodology and criteria have been developed for assessing the cause-and-effect relationships of the health of workers in radiation-hazardous industries with the factors of the working environment. The assessment is carried out in three stages. At the 1st stage, according to the data of periodic medical examinations and psychophysiological examinations, the level of the employee's health loss is assessed, at the 2nd stage (using the risk matrix) – the level of occupational risk. At the 3rd stage, according to the relative risk of a specific disease (or its etiological share) and the level of occupational risk, a decision is made on the causation of the disease by unfavorable factors of the working environment.

**Key words:** *factors of the working environment, causal relationships, Ishikawa diagram, health status, allostatic load, etiological proportion of the disease, risk matrix, radiation hazardous productions*

**For citation:** Bobrov A.F., Kuznetsova L.I., Sedin V.I., Tukov A.R., Scheblanov V.Yu., Proskuryakova N.L., Afonin S.A., Smirnov Yu.E. Methodology Assessment of Working Environment Factors on Health Status of Workers of Radiation Hazardous Productions. *Medical Radiology and Radiation Safety* 2021;66(2):23-8.

DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-1-23-28

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Выявление и профилактика болезней, обусловленных характером работы: Доклад комитета экспертов ВОЗ // Серия технич. докладов 714. Женева, 1987.
2. Бухтияров И.В., Денисов Э.И., Лагутина Г.Н., Пфаф В.Ф., Чесалин П.В., Степанян И.В. Критерии и алгоритмы установления связи нарушений здоровья с работой // Медицина труда и промышленная экология. 2018. С. 4–12.
3. Панков В.А., Кулешова М.В., Бочкин Г.В., Тюткина Г.А., Дьякович М.П. Гигиеническая оценка условий труда и состояния профессиональной заболеваемости работников основных производств в авиационной промышленности // Электронный научный журнал. Современные проблемы науки и образования. [Электронный ресурс]: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25689>.
4. Бардина Е.Г., Зуева О.М., Иванова Л.А. Профилактика профессиональных заболеваний. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2016. 86 с.
5. Профессиональный риск для здоровья работника: руководство. Под ред. Измерова Н.Ф., Денисова Э.И. М.: Тривант, 2003. 448 с.
6. Р 2.2.1766-03. 2.2. Гигиена труда. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 24.06.2003.
7. Профессиональный риск: теория и практика расчета. Под ред. Хрупачева А.Г., Хадарцева А.А. Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. 330 с.
8. Ишикава К. Японские методы управления качеством. Сокр. пер. с англ.; Под ред. Гличева А. В. М.: Экономика, 1988. 214 с.
9. Прусова Н.В., Боронова Г.Х. Психология труда: Учебное пособие. Электрон. текстовые данные. Саратов: Научная книга, 2019. 159 с.
10. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Введение в донозологическую диагностику. М.: Слово, 2008. 220 с.
11. Juster R-P, McEwen BS, Lupien SJ. Allostatic Load Biomarkers of Chronic Stress and Impact on Health and Cognition // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2010. Vol.35. P. 2–16.
12. Исаева Н.А., Бобров А.Ф. Аллостатическая нагрузка работников атомных электростанций // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 4, С.47–51.
13. Бобров А.Ф. Нормирование функциональных состояний человека, работающего в экстремальных условиях (новые принципы и методы разработки критериев): Автореф. дис. д-ра биол. наук. М., 1993. 38 с.
14. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. М.: Стандартинформ, 2012. 70 с.
15. Исаева Н.А., Бобров А.Ф., Седин В.И., Щепланов В.Ю. Критерии оценки индивидуально обусловленных профессиональных рисков работников атомной отрасли // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2019. № 2. С. 46–52.
16. Бобров А.Ф. Предупреждение техногенных чрезвычайных ситуаций: информационная технология разработки критериев оценки антропогенных рисков // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2019. № 2. С. 5–16.
17. Оценка риска нарушения профессиональной надежности персонала атомных электростанций. Методические рекомендации. МР № 2-95, от 22.02.2005 г.

#### REFERENCES

1. Identification and Prevention of Diseases Caused by the Nature of Work. Report of a WHO Expert Committee. Technical series reports 714. Geneva, 1987 (In Russian).
2. Bukhtiyarov IV, Denisov EI, Lagutina GN, Pfaf VF, Chesalin PV, Stepanyan IV. Criteria and Algorithms for Establishing the Connection Between Health Disorders and Work. *Occupation Medicina and Industrial Ecology*. 2018; 4–12 (In Russian).
3. Pankov VA, Kuleshova MV, Bochkina GV, Tyutkina GA, Dyakovich MP. Hygienic Assessment of Working Conditions and the State of Occupational Morbidity of Workers in the Main Industries in the Aviation Industry. *Electronic Scientific Journal. Modern Problems of Science and Education*. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25689>.
4. Bardina EG, Zueva OM, Ivanova LA. Prevention of Occupational Diseases. Omsk, Publishing house of OmSTU, 2016. 86 p. (In Russian).
5. Occupational Health Risk of an Employee: Manual. Ed. Izmerova NF, Denisov EI. Moscow, Trovant Publ., 2003. 448 p. (In Russian).
6. R 2.2.1766-03. 2.2. Occupational Hygiene. Guidelines for the Assessment of Occupational Health Risks for Workers. Organizational and Methodological Foundations, Principles and Evaluation Criteria. Management. 2003 (In Russian).
7. Professional Risk: Theory and Practice of Calculation. Ed. Khрупачева AG, Khadartseva AA. Tula, Publishing house of TulSU, 2011. 330 p. (In Russian).
8. Ishikawa K. Japanese Methods of Quality Management. Abbreviated transl. from English under. Ed. Glicheva AV. Moscow, Ekonomika Publ., 1988. 14 p. (In Russian).
9. Prusova NV, Boronova GH. Labor Psychology. Textbook. [Электронный ресурс]: <http://www.iprbookshop.ru/81046.html>.
10. Baevsky RM, Berseneva AP. Introduction to Prenozological Diagnostics. Moscow, Slovo Publ., 2008. 220 p. (In Russian).
11. Juster R-P, McEwen BS, Lupien SJ. Allostatic Load Biomarkers of Chronic Stress and Impact on Health and Cognition. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2010;35:2-16.
12. Isaeva NA, Bobrov AF. Allostatic Load of Workers of Nuclear Power Plants. *Occupational Medicine and Industrial Ecology*, 2017;4:47-51. (In Russian).
13. Bobrov AF. Normalization of Functional States of a Person Working in Extreme Conditions (New Principles and Methods of Criteria Development). Doctor's thesis in Biology. Moscow, 1993. 38 p. (In Russian).
14. GOST R ISO / IEC 31010-2011 Risk Management. Risk Assessment Methods. Moscow, Standartinform Publ., 2012. 70 p. (In Russian).
15. Isaeva NA, Bobrov AF, Sedin VI, Scheblanov VY. Criteria for Assessing Individually Determined Occupational Risks of Workers in the Nuclear Industry. *Medico-Biological and Social Psychological Problems Security in Emergency Situations*. 2019; 2:46–52 (In Russian).
16. Bobrov AF. Prevention of Technogenic Emergencies: Information Technology for the Development of Criteria for Assessing Anthropogenic Risks. *Medico-Biological and Social Psychological Problems Security in Emergency Situations*. 2019; (2): 5-16 (In Russian).
17. Assessment of the Risk of Violation of Professional Reliability of Personnel of Nuclear Power Plants. Methodical recommendations. Dated 22.02.2005 No 2-95 (In Russian).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.  
**Участие авторов.** Статья подготовлена с равным участием авторов.  
**Поступила:** 23.12.2020. **Принята к публикации:** 20.01.2021.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.  
**Financing.** The study had no sponsorship.  
**Contribution.** Article was prepared with equal participation of the authors.  
**Article received:** 23.12.2020. **Accepted for publication:** 20.01.2021.