

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ: ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННЫХ РИСКОВ

Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России (Россия, Москва, ул. Живописная, д. 46)

Актуальность. Анализ насыщения потенциально опасными объектами техногенной сферы показывает, что тяжесть последствий техногенных катастроф постоянно растет. Возможности парирования угроз в техногенной сфере оказались ограниченными, основной причиной чему является человеческий фактор. Оценка и управление антропогенными рисками является одной из основных мер предупреждения техногенных чрезвычайных ситуаций. На предприятиях с потенциально опасными технологиями эта проблема решается в основном через повышение культуры безопасности проведения работ. Немногочисленность научных исследований по разработке критериев оценки антропогенных рисков затрудняет решение важных практических задач ранжирования опасных производств по их антропогенной опасности, распределение сил и средств МЧС России с учетом наиболее вероятного места возникновения техногенной катастрофы, совершенствование медицинского и психофизиологического обеспечения персонала опасных объектов и производств.

Цель – разработка информационной технологии количественной оценки антропогенных рисков для персонала опасных объектов и производств.

Методология. Объектом исследования являлись данные литературы по существующим подходам оценки рисков в прикладных научных исследованиях. Предмет исследования – информационная технология разработки критериев оценки антропогенных рисков.

Результаты и их анализ. На основе анализа данных литературы дано определение понятий «антропогенный риск» и концептуальная модель его количественной оценки. Разработана информационная технология оценки антропогенного риска, включающая в себя этапы: 1) выбор базовых компонент антропогенного риска; 2) определение значений базовых компонент; 3) экспертная оценка вероятности реализации риска при установленном значении базовых компонент; 4) оценка с использованием матрицы уровня антропогенного риска базовых компонент; 5) оценка социальной допустимости антропогенного риска для базовых компонент; 6) расчет средневзвешенного антропогенного риска; 7) принятие решения об уровне антропогенного риска. Описаны методы реализации информационной технологии. Приведен пример использования разработанной информационной технологии оценки антропогенного риска для персонала атомной электростанции. В качестве компонент антропогенного риска использовались профессиональная подготовленность, профессиональная успешность и профессиональное здоровье работника.

Заключение. Антропогенный риск является количественной характеристикой угрозы безопасности предприятия со стороны работника в процессе профессиональной деятельности, обусловленной несответствием его медико-психофизиологических характеристик требованиям профессиональной деятельности и антропогенной уязвимости оборудования и технологических процессов. Снижение антропогенных рисков является необходимым условием повышения безопасности предприятий с потенциально опасными технологиями. Предложенная информационная технология, критерии оценки и классификация уровней антропогенного риска могут быть использованы при разработке системы управления рисками в целях их минимизации.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, природные чрезвычайные ситуации, техногенные чрезвычайные ситуации, антропогенные риски, безопасность деятельности, опасное производство, медико-психофизиологические обследования.

Введение

Современные производственные комплексы в силу своей сложности являются потенциалом риска возникновения техногенных катастроф. Трагический пример этому – Чернобыльская катастрофа. Наложение природ-

ных катастроф может привести к еще большим неблагоприятным последствиям, о чем свидетельствует катастрофа на ядерном реакторе Фукусима-1 (2011 г.). Анализ насыщения потенциально опасными объектами техногенной сферы всех промышленно развитых

✉ Бобров Александр Федорович – д-р биол. наук проф., гл. науч. сотр., Федер. мед. биофизич. центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России (Россия, 123182, Москва, ул. Живописная, д. 46), e-mail: baf-vcmk@mail.ru

стран показывает, что рост числа и тяжести последствий техногенных катастроф подчиняется экспоненциальному закону. Несмотря на выдающиеся достижения научно-практического прогресса во всех областях гражданской и оборонной промышленности, возможности парирования угроз в техногенной сфере оказались ограниченными. Так, по данным работы [12], из всех чрезвычайных ситуаций в России 55% приходится на техногенные. Техногенный риск является естественной платой человека за высокий уровень цивилизации. Основу анализа техногенного риска составляет разработка мероприятий по техногенной безопасности, основанная на оценке опасности объектов техносферы. Негативные факторы и последствия опасных техногенных аварий описаны в монографии [12].

Все техногенные катастрофы объединяет то, что для них, в первую очередь, характерны так называемые степенные законы распределения вероятности. Математически это означает, что вместо обычного гауссова закона они подчиняются законам распределения «с тяжелыми хвостами». Для таких распределений вероятности отклонений от средних значений существенно больше, чем при распределении Гаусса. Средние значения, посчитанные по выборкам, неустойчивы и малопредставительны, так как не соблюдается закон больших чисел. Из этого следует, что вероятностью редких катастрофических событий для таких процессов пренебречь нельзя, поэтому приходится рассчитывать на худшее.

Особую роль в реализации «тяжелых хвостов» вероятностного распределения техногенных аварий играют «рукотворные бедствия» аварий, причиной которых является человек. По данным разных авторов, до 80% всех нарушений в работе потенциально опасных объектов происходит по вине персонала [14]. По данным Института по эксплуатации ядерных энергетических установок (США), вклад в ошибки персонала погрешности и нечеткости в инструкциях, предписаниях и другой документации составляет 43%, недостаток знаний, профессиональной подготовки – 18%, отступления персонала от предписаний и инструкций – 16%, неправильное планирование работ – 10%, неэффективная связь между сотрудниками станции – 6%, другие причины – 7% [21]. Среди выводов [19] по аварии на Фокусиме-1 примечательными являются следующие: 1) неготовность японских операторов к нештатным ситуаци-

ям; 2) растущая масштабность и периодичность происходящих в мире техногенных катастроф, свидетельствующих о значительно возросшей роли специалистов технического профиля. Качество подготовки кадров для обслуживания таких систем, а также ликвидации последствий аварий, должно быть поднято на уровень, соответствующий сложности объектов. Эти выводы соответствуют существующим представлениям о том, что основной причиной техногенной аварии является работник, непосредственно взаимодействующий с техническими системами.

Однако весьма примечательным является вывод о том, что причиной многих крупных аварий последних десятилетий является порочная практика назначения на руководящие инженерные должности «универсальных» управленцев-менеджеров, не способных в силу отсутствия соответствующих знаний и опыта адекватно оценивать сложившуюся ситуацию и принимать на себя ответственность за действия по выводу из нештатной ситуации.

До настоящего времени медицинская наука наибольших успехов добилась в решении задачи охраны здоровья работающих [6, 11, 18]. Разработаны критерии здоровых условий труда, основанные на положении, принятом Всемирной организацией здравоохранения, Международной организацией труда, Международной организацией по стандартизации, об априорной вредности труда: любой вид труда и жизнедеятельности в производственной и окружающей среде сопряжен с потенциальными опасностями для здоровья работающего. Охрана здоровья работающего обеспечивается медико-санитарными критериями со строгим ограничением риска для здоровья работающего. Они отражены в руководстве [18]. По результатам оценки неблагоприятного влияния условий труда на здоровье работающих выпущено большое число международных документов (ИСО/МЭК 2, ИСО/МЭК 50 и др.) и законов Российской Федерации, обеспечивающих правовую защиту работника от неблагоприятного влияния техногенной сферы производства.

В то же время, законов и нормативных актов, обеспечивающих защиту производства и окружающей среды от нерегламентированных действий персонала предприятий с потенциально опасными технологиями, нет. Однако последствия от таких действий могут быть катастрофическими. Для защиты техногенной сферы производства от ошибочных

действий персонала, в первую очередь, необходима разработка общих критериев, относительно которых ученые и практики должны регламентировать влияние человеческого фактора на техногенную сферу. Таким критерием может являться антропогенный риск. Кроме того, с использованием антропогенного риска могут быть рассчитаны оптимальные, допустимые и неприемлемые риски для Федеральных округов и отдельных регионов России по техногенным авариям аналогично тому, как было сделано в работе [12] по рискометрическим показателям для всех чрезвычайных ситуаций.

Риски: определения и оценки

Понятие «риск» является междисциплинарным. Поэтому это понятие (и связанные с ним производные понятия) трактуются по-разному в силу исторически сложившихся взглядов на эту проблему в конкретных (технической, гуманитарной, правовой, экономической, естественно-научной и др.) областях человеческих знаний. Классификация видов риска по масштабу воздействия, времени проявления, характеру протекания и другим признакам дана в монографии [12]. В ней же приводится описание различных концепций [техническая, экономическая, психологическая, социальная (культурологическая)] анализа риска.

Понятие «риск» вводят там, где есть какой-либо опасный агент или источник риска. Иначе говоря, какая-либо опасность и возможность получения ущерба.

Возможность – состояние (или ситуация), когда имеется одна часть детерминирующих факторов, но отсутствует другая их часть, или когда детерминирующие факторы недостаточно зрелы, чтобы возникла новая ситуация [23]. Вероятность – количественная мера возможности. Вероятность характеризует пределы, в которых существует возможность. Она определяет степень близости возможности к осуществлению [23]. Ущерб – нанесение физического повреждения или вреда здоровью людей, или вреда имуществу, или окружающей среде [8]. Опасность – потенциальный источник возникновения ущерба [8]. Безопасность – отсутствие недопустимого риска, связанного с возможностью нанесения ущерба [8].

В самом широком смысле риск – это возможность пострадать от любой опасности. Риск создается опасностью, но эти понятия не эквивалентны. Так, радиационное излуче-

ние представляет опасность для человека, но риск облучения возникает лишь тогда, когда человек подвергается его воздействию. Риск реализуется только тогда, когда объект, подверженный опасности, обладает уязвимостью. В общем случае уязвимость определяется относительными потерями, связанными с гибелью и увечьем людей, потерей здоровья, собственности (разрушение зданий, сооружений, инфраструктуры, культурных ценностей, имущества) и нарушением экономической деятельности.

Необходимыми и достаточными условиями возникновения риска являются [6]:

- наличие источника риска;
- наличие путей воздействия источника риска на какой-либо объект;
- уязвимость объекта.

Риск часто связывают с возможностью наступления сравнительно редких событий. При этом риск отождествляют с вероятностью (или частотой) наступления этих событий за интервал времени, как правило, за год. Вероятность выступает в этом случае как мера риска, удобная для сравнения рисков для одного объекта (субъекта) от различных событий или различных объектов (субъектов) в типовых для них условиях функционирования.

В медицинскую литературу термин «риск» вошел в 1971 г. после выхода рекомендаций Международной организации по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO) по оценке вероятности потери слуха от шума (ИСО Р-1999, 1971). Несколько позже появилось понятие профессионального риска [18]. Рекомендации ВОЗ (1978) определяют риск как ожидаемую частоту нежелательных эффектов, возникающих от заданного воздействия загрязнителя. Согласно Глоссарию Американского агентства охраны среды (US EPA), риск – есть вероятность повреждения, заболевания или смерти при определенных обстоятельствах. Под риском также понимают вероятность того, что потенциал вреда будет достигнут при определенных условиях использования и/или экспозиции, а также возможный размер этого вреда [28]. Закон «Об обязательном медицинском страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» № 125-ФЗ (1998 г.) определяет профессиональный риск как вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти застрахованного, связанную с исполнением ими обязанностей по трудовому договору (контракту).

Следует подчеркнуть, что в настоящее время нет единого подхода к определению «меры» риска.

В научной литературе общепринято характеризовать риск как произведение вероятности события на величину его последствий. Именно последствия определяют содержание и размерность понятия: риск смерти (число смертей на популяцию в год), риск острой лучевой болезни (число случаев на популяцию в год), риск ЧС (событий/год) и т. д. Однако по такой шкале возможно оценить лишь достаточно часто встречающиеся события, например риск различного вида природных катастроф. По данной шкале приводят в соответствие качественные описания событий для конкретной задачи. Для примера в табл. 1 приведена классификация условий профессиональной деятельности в различных шкалах [25].

В последние годы активно развивается теория оценки и управления стратегическими рисками чрезвычайных ситуаций в системе национальной безопасности России. Риск предлагается рассчитывать как произведение вероятности возникновения неблагоприятных, кризисных и катастрофических явлений во всех сферах деятельности государства на математическое ожидание связанных с ними ущербов [22, 26].

Многие исследователи понятие «риск» связывают с понятием «вероятность». Об этом свидетельствуют приведенные выше определения понятия «риск». Это отражено и в некоторых Федеральных законах. Так, в Федеральном законе об охране окружающей среды (2002 г.) экологический риск определяют как вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для окружающей среды. Однако отождествление таких понятий, как «риск» и «вероятность», критикуется, например, в работе [7]. Если термин «вероятность» использовать не в его математическом смысле, а как количественную меру возможности получения ущерба, степени близости возможности к осуществ-

лению [23], то противоречия между данными понятиями в определенной мере снимаются.

Проблема оценки рисков имеет особую важность для предприятий с потенциально опасными технологиями и в особенности в атомной отрасли, поскольку в соответствии с классификацией кризисных явлений аварии на объектах использования атомной энергии по потенциальному воздействию могут быть отнесены к международным, техногенным, технологическим и экологическим, динамическим и статическим чрезвычайным ситуациям [7]. Поэтому ни одна другая отрасль техники не имеет столь ощутимых результатов в разработке практической методологии управления рисками безопасности. Это находит отражение в вероятностном анализе безопасности (ВАБ) [15]. ВАБ рассматривает возможности последовательности отказов, рассчитывает вероятности возникновения таких аварийных событий, как расплавление активной зоны (ВАБ-1) и выброс радиоактивных веществ за пределы гермоограждения атомной электростанции и зоны наблюдения (ВАБ-2, 3), превышающий установленные нормативные пределы.

В общем случае величина антропогенного риска определяется: 1) уязвимостью/защищенностью оборудования от нерегламентированных технологическими процессами действий человека; 2) уровнем последствий от возникших по вине человека нарушений; 3) соответствием медико-психофизиологических характеристик работника требованиям деятельности [1, 4, 21], которые определяют уровень его профессиональной надежности.

Уязвимость технологического оборудования определяется числом и эффективностью активных и пассивных барьеров защиты. Эффективность защиты барьера можно охарактеризовать величиной $Q_{защ}^k$ [16]. Последствия (W) от неблагоприятных событий, возникших по вине человека, в общем случае включают в себя возможный экономический (W_1), экологический (W_2) социальный ущерб (W_3): $W = W_1 + W_2 + W_3$.

Таблица 1

Классификация условий профессиональной деятельности

Условия деятельности	Уровень риска в год	Оценка приемлемости риска
Безопасные	$< 10^{-4}$	Пренебрежимо малый уровень риска
Относительно безопасные	$10^{-4} \dots 10^{-3}$	Относительно невысокий уровень риска
Опасные	$10^{-3} \dots 10^{-2}$	Высокий уровень риска; необходимо применение мер безопасности
Особо опасные	$> 10^{-2}$	Исключительно высокий уровень риска; необходимо применение мер защиты

Если через $R_{\text{пн}}$ обозначить риск нарушения профессиональной надежности, которая считается одним из ведущих критериев оценки эффективности взаимодействия человека с техническими системами [5, 14, 24, 27], то антропогенный риск (R_a) можно описать следующей зависимостью:

$$R_a = F \{1/Q_{\text{защ}}^k, W, R_{\text{пн}}\}. \quad (1)$$

Данная модель на концептуальном уровне объединяет в антропогенном риске уязвимость оборудования и технологических процессов (величины, обратной эффективности защиты $Q_{\text{защ}}^k$), уровень последствий от возникновения аварии и риск снижения профессиональной надежности работника.

В соответствии с приведенной моделью антропогенный риск можно определить как количественную характеристику угрозы безопасности предприятия со стороны работника в процессе профессиональной деятельности, обусловленную несоответствием его медико-психофизиологических характеристик требованиям профессиональной деятельности и антропогенной уязвимости технологических процессов.

В приведенном определении отражены основные характеристики риска: наличие источника риска – несоответствие медико-психофизиологических характеристик работника требованиям деятельности, наличие путей воздействия источника риска на какой-либо объект – профессиональная деятельность, уязвимость объекта деятельности – недостаточный уровень защищенности оборудования и технологических процессов.

Для менеджмента риска разработаны национальные стандарты Российской Федерации [8–10]. Стандарты относят к техническим системам, поэтому в них не приводится менеджмент антропогенных рисков. В них декларируется, что в конкретных отраслях могут существовать стандарты, которые устанавливают методологии оценки и анализа риска для определенных областей применения. В указанных стандартах приводятся различные методы оценки рисков (анализ «дерева событий», анализ «дерева отказов», структурированный анализ сценариев методом «что, если?», анализ причин и последствий, структурных схем надежности и ряд других), применение которых возможно только для технических систем. Характеристика применимости различных методов оценки риска дана в монографии [12].

Вместе с тем, обращает на себя внимание подход, используемый в [9] при идентифика-

ции опасности, который позволяет проводить качественное ранжирование сценариев с использованием матрицы рисков. Развитие этого подхода было положено нами в основу количественной оценки антропогенного риска.

Информационная технология разработки критериев оценки антропогенного риска

Рассматривая концептуальную модель антропогенного риска (1), следует указать, что конкретный вид функции F в настоящее время определить не представляется возможным. Поэтому в силу новизны решаемой задачи будем считать ее линейной, а модель – аддитивной. Число защитных барьеров и их эффективность $Q_{\text{защ}}^k$ выбираются на этапе проектирования технической системы. На этом же этапе рассчитывается и возможный ущерб W при нарушении защиты. Поэтому при оценке антропогенного риска уже действующих предприятий указанные параметры можно считать неизменяемыми величинами. Это позволяет считать антропогенный риск производным от риска нарушения профессиональной надежности $R_{\text{пн}}$ работника.

В соответствии с этим концептуальная модель антропогенного риска (1) может быть представлена в виде средневзвешенного антропогенного риска (СВР):

$$\text{СВР} = a_1 \cdot R_1 + a_2 \cdot R_2 + \dots + a_n \cdot R_n, \quad (2)$$

где R_1, \dots, R_n – компоненты (характеристики) профессиональной надежности; a_1, \dots, a_n – их весовые коэффициенты, характеризующие «вес» в каждой компоненте, $a_1 + \dots + a_n = 1$.

Оценку антропогенного риска предлагается проводить с использованием информационной технологии, включающей в себя 7 этапов в соответствии с рис. 1.

Этап 1. Выбор компонент антропогенного риска. Выбор компонент антропогенного риска проводится в соответствии с моделью/формулой (2). Он определяется стоящей перед исследователем задачей. Так, в методических рекомендациях [17] и работе [29] для оценки риска нарушения профессиональной надежности в качестве компонент антропогенного риска использовались риск нарушения профессиональной подготовленности (R_1), риск нарушения профессиональной успешности (R_2) и риск нарушения профессионального здоровья (R_3) работника. Однако спецификация компонент антропогенного риска может быть расширена и изменена.

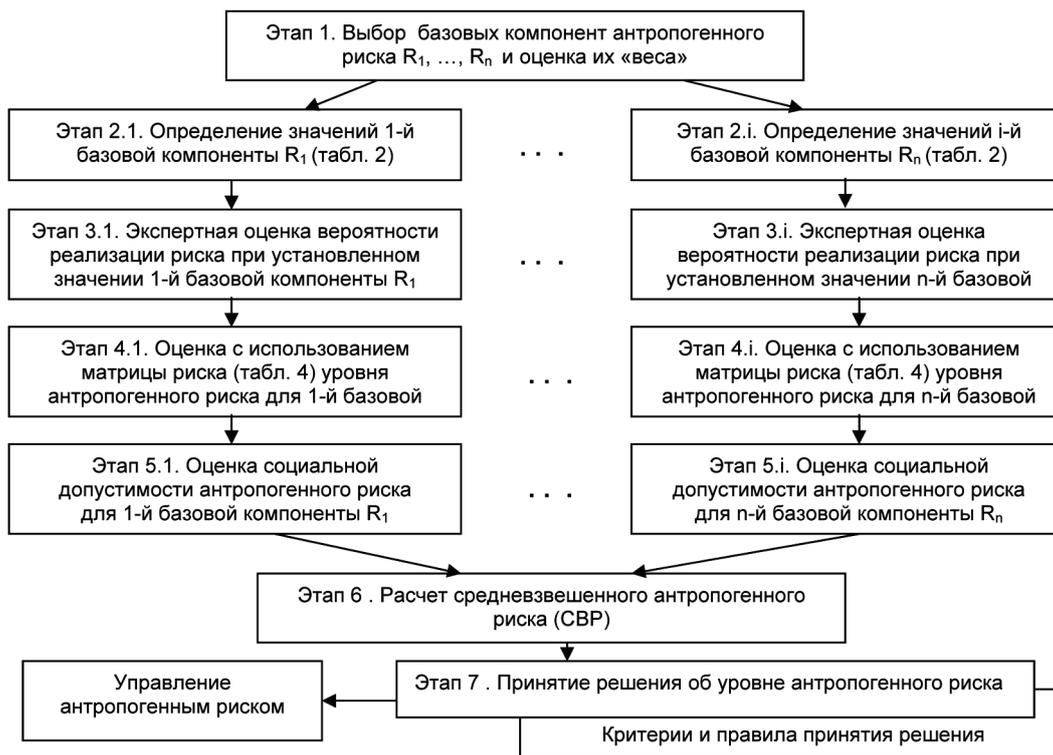


Рис. 1. Информационная технология оценки антропогенного риска.

«Веса» a_1, \dots, a_n компонент антропогенного риска, входящие в формулу (2), предлагается оценивать с использованием метода анализа иерархий Т. Саати [20]. Метод основан на парных сравнениях альтернативных вариантов по различным критериям с использованием 9-балльной шкалы и последующим ранжированием набора альтернатив по всем критериям и целям. Взаимоотношения между критериями учитываются путем построения иерархии критериев и применением парных сравнений для выявления важности критериев и подкритериев. Он широко используется при решении многих научных и практических задач, в том числе для выявления и ранжирования стратегических рисков чрезвычайных ситуаций [22].

Этап 2. Определение значений базовых компонент антропогенного риска. Определение индивидуальных значений базовых

компонент антропогенного риска проводится с использованием методик и критериев, предназначенных для оценки выбранных характеристик. Для этого могут использоваться как данные литературы, так и результаты комплексных медико-психофизиологических обследований персонала конкретного предприятия. Для работников предприятия разрабатываются формализованные решающие правила, переводящие непосредственно измеряемые/оцениваемые показатели каждой базовой компоненты в интегральные, в качестве которых выступают классы состояния (КЛ_БKi) (табл. 2).

Этап 3. Экспертная оценка вероятности реализации риска при установленном значении базовой компоненты. При оценке антропогенного риска недостаточно знать значения его базовых компонент у конкретного работника. Необходимо соотнести получен-

Таблица 2

Классы базовых компонент антропогенного риска

Класс базовой компоненты (КЛ_БKi)	Ранг (балл)	Качественное описание
Высокий	1	Полностью соответствует требованиям деятельности
Выше среднего	2	Соответствует требованиям деятельности
Средний	3	В целом соответствует требованиям деятельности
Ниже среднего	4	Частично соответствует требованиям деятельности
Низкий	5	Не соответствует требованиям деятельности

ное значение с должностными инструкциями и функциональными обязанностями с позиций их влияния на безопасность предприятия. Например, ведущий инженер блочного щита управления реактором атомной электростанции должен иметь более высокие оценки по базовым компонентам, чем, например, ведущий инженер отдела промышленной безопасности. Это проводится в соответствии с табл. 3.

Под событием понимается возможность возникновения какого-либо нарушения по вине работника. Оценка выставляется экспертом с учетом степени влияния на безопасность эксплуатации предприятия выполняемых данным работником видов работы, прямых или косвенных данных о допущенных им ранее нарушениях. В качестве экспертов выступают непосредственные руководители работника, сотрудники лаборатории психофизиологического обследования предприятия, лабораторий/кабинетов психофизиологического

обследования медицинских организаций, обслуживающих данное предприятие.

Этап 4. Оценка уровня антропогенного риска. Оценка уровня антропогенного риска по каждой из базовых компонент предлагается проводить с использованием матрицы рисков [9] (табл. 4) по сочетанию характеристик «базовая компонента антропогенного риска – вероятность реализации риска». В ячейках матрицы риска стоят уровни риска (R_i): 1 – игнорируемый, 2 – незначительный, 3 – умеренный, 4 – существенный, 5 – критический (табл. 5).

Например, если в качестве базовой компоненты используется уровень профессиональной успешности (ПУ) работника, который был оценен как выше среднего (ПУ = 2 балла), и вероятность ее нарушений является игнорируемой ($P_1 = 1$ балл), то по матрице риска это соответствует игнорируемому риску нарушения профессиональной успешности ($R_i = 1$). Если при том же уровне профессио-

Таблица 3

Градации вероятности реализации рисков

Вероятность реализации риска P_i	Оценка вероятности реализации риска P_1	
	Ранг P_1 (балл)	Качественное описание
Игнорируемая	1	Событие не может произойти
Слабо вероятная	2	Событие может произойти в исключительных случаях
Мало вероятная	3	Наличие неявных косвенных свидетельств о возможности возникновения события
Вероятная	4	Наличие явных косвенных свидетельств о возможности возникновения события
Почти возможная	5	Событие, скорее всего, произойдет

Таблица 4

Матрица риска

Вероятность реализации риска P_1	Значение базовой компоненты антропогенного риска (КЛ_БКи)				
	Высокий (1 балл)	Выше среднего (2 балла)	Средний (3 балла)	Ниже среднего (4 балла)	Низкий (5 баллов)
Игнорируемая (1 балл)	1	1	2	3	4
Слабо вероятная (2 балла)	1	2	3	4	4
Мало вероятная (3 балла)	2	3	3	4	4
Вероятная (4 балла)	3	4	4	4	5
Почти возможная (5 баллов)	4	4	4	5	5

Таблица 5

Классификация уровней риска

Уровень риска P_1	Ранг (балл)	Степень влияния на безопасность предприятия
Игнорируемый	1	Действия работника будут проходить согласно должностным инструкциям
Незначительный	2	Действия работника могут привести к незначительным нарушениям, не влияющим на безопасность предприятия
Умеренный	3	Действия работника могут привести к отдельным нарушениям, не влияющим на безопасность эксплуатации предприятия
Существенный	4	Действия работника могут привести к нарушениям, влияющим на безопасность предприятия
Критический	5	Действия работника могут привести к инцидентам, влияющим на безопасность предприятия

нальной успешности у эксперта есть свидетельства о случаях нереализации работником полученных знаний и навыков в практической деятельности ($P_1 = 4$ балла), это повышает риск нарушения профессиональной успешности работника до существенного ($R_i = 4$).

Этап 5. Оценка социальной допустимости антропогенного риска. В основу государственной стратегии управления рисками, отраженной в Федеральной целевой программе «Снижение рисков и смягчение последствий ЧС природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2005 года», утвержденной постановлением Правительства РФ от 29 сентября 1999 г. № 1098, положены концепции приемлемого и допустимого риска. Согласно этой стратегии, уровни приемлемого риска должны быть установлены законодательно. Однако в рамках концепции приемлемого риска рост уровня жизни всех членов общества может быть ограничен, так как при ее реализации не учитывается общественная полезность от прогрессивных технологий, которые на первых порах могут быть сопряжены с повышенным риском для тех, кто их реализует. Поэтому в качестве регулятора безопасности членов общества предлагается концепция оправданного риска. В соответствии с этой концепцией приемлем тот риск, который общественно оправдан.

Поэтому при оценке социальной допустимости уровни риска 1 (игнорируемый) и 2 (незначительный) предлагается рассматривать как социально допустимые ($R_i \leq 2$). Это соответствует уровню изменения базовой компоненты от среднего до высокого и вероятности реализации риска от игнорируемой до мало вероятной. При уровне риска 3 (умеренный риск) уровень социальной допустимости риска является оправданным ($R_i = 3$). Уровни риска 4 (существенный) и 5 (критический) являются социально недопустимыми ($4 \leq R_i \leq 5$). Это соответствует уровню изменения базовой компоненты от низкого до ниже среднего и вероятности реализации риска от вероятной до почти возможной.

Этап 6. Оценка средневзвешенного антропогенного риска. Оценка индивидуального значения средневзвешенного антропогенного риска проводится по формуле (2) с использованием результатов, полученных на этапах 2–5. Полученные значения уровня риска для проведения вычислений переводятся в шкалу Харрингтона [2].

Этап 7. Принятие решения об уровне антропогенного риска. Принятие решения об

уровне антропогенного риска проводится путем подстановки рассчитанного значения СВР в формализованные решающие правила, позволяющие идентифицировать уровень риска в соответствии с табл. 5. Для их получения может быть рекомендован классификационный подход [2]. Рассмотрение вопросов управления антропогенными рисками не входит в задачи настоящей статьи.

Для примера рассмотрим оценку СВР, рассчитываемого для нарушения профессиональной надежности работников предприятий атомной отрасли [17, 29]. В качестве базовых компонент использовались профессиональная подготовленность (ПП), профессиональная успешность (ПУ) и профессиональное здоровье (ПЗ) работника, оцениваемое по показателям функционального состояния, психической адаптации, длительности временной утраты трудоспособности и наличию профессионально значимых нарушений в состоянии здоровья. Уровни ПП и ПУ работника вычислялись по данным анкеты оценки профессиональной адаптации [14], профессиональное здоровье – по данным периодических медицинских осмотров и обязательных психофизиологических обследований.

Использованная для оценки антропогенного риска формула вычисления СВР имеет следующий вид:

$$СВР = 0,25 \cdot R_{ПП} + 0,3 \cdot R_{ПУ} + 0,45 \cdot R_{ПЗ}, \text{ балл.}$$

По данным комплексных медико-психофизиологических обследований работников были разработаны формализованные решающие правила, реализованные в виде вероятностной номограммы (рис. 2).

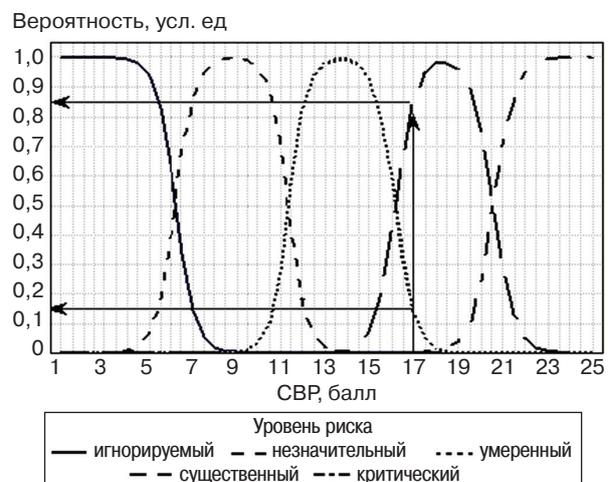


Рис. 2. Вероятностная номограмма оценки антропогенного риска.

Таблица 6

Классификация уровней антропогенного риска

Уровень риска	Ранг	СВР (балл)	Степень влияния на безопасность
Игнорируемый	I	$1 \leq \text{СВР} \leq 6,3$	Действия работника будут проходить согласно должностным инструкциям
Незначительный	II	$6,3 < \text{СВР} \leq 11,3$	Действия работника могут привести к незначительным нарушениям, не влияющим на безопасность
Умеренный	III	$11,3 < \text{СВР} \leq 16$	Действия работника могут привести к отдельным нарушениям, не влияющим на безопасность
Существенный	IV	$16 < \text{СВР} \leq 20,5$	Действия работника могут привести к нарушениям, влияющим на безопасность
Критический	V	$\text{СВР} > 20,5$	Действия работника могут привести к инцидентам, влияющим на безопасность

Правило использования номограммы состоит в следующем. Рассчитанная величина СВР наносится на ось абсцисс. Из полученной точки восстанавливается перпендикуляр до пересечения с границами классов уровней риска. Точки пересечения проецируются на ось ординат, по которой определяется величина вероятности идентификации у работника уровня антропогенного риска. Например (в соответствии с рис. 2) при СВР = 17 баллов вероятность наличия у работника существенного уровня риска равна 0,85, умеренного – 0,15. «Точечные» границы разделения уровней риска и степень их влияния на безопасность предприятия приведены в табл. 6.

Согласно приведенным данным, антропогенный риск является игнорируемым при $1 \leq \text{СВР} \leq 6,3$, незначительным – при $6,3 < \text{СВР} \leq 11,3$, умеренным – при $11,3 < \text{СВР} \leq 16$, существенным – при $16 < \text{СВР} \leq 20,5$, критическим – при $\text{СВР} > 20,5$ баллов.

Разработанная информационная технология имеет общий характер и может быть использована при решении других задач прикладных медико-биологических исследований. Например она была использована при медико-психофизиологическом мониторинге профессиональных рисков работников атомной отрасли [13].

Выводы

1. Антропогенный риск является количественной характеристикой угрозы безопасности предприятия со стороны работника в процессе профессиональной деятельности, обусловленной несоответствием его медико-психофизиологических характеристик требованиям профессиональной деятельности и антропогенной уязвимости оборудования и технологических процессов.

2. Снижение антропогенных рисков является необходимым условием повышения безопасности предприятий с потенциально опасными технологиями.

3. Предложенная информационная технология, критерии оценки и классификация уровней антропогенного риска могут быть использованы при разработке системы управления рисками в целях их минимизации.

Литература

1. Алексанин С.С., Рыбников В.Ю. Теоретические основы и концепция медико-психологического сопровождения профессиональной деятельности спасателей МЧС России // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2007. № 1. С. 3–12.
2. 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.
3. Бобров А.Ф. Информационные технологии в медицине труда // Мед. труда и пром. экология. 2003. № 9. С. 44–48.
4. Бобров А.Ф., Бушманов А.Ю., Седин В.И., Щербанов В.Ю. Системная оценка результатов психофизиологических обследований // Медицина экстрем. ситуаций. 2015. № 3. С. 13–19.
5. Бодров В.А. Психология профессиональной пригодности : учеб. пособие для вузов. 2-е изд. М. : ПЕР СЭ, 2006. 511 с.
6. Большаков А.М., Крутько В.Н., Пуцилло Е.В. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения. М. : Эдиториал УРСС, 1999. 256 с.
7. Вишневский Ю.Г., Гордон Б.Г. Научное обеспечение принятия регулирующих решений на основе оценки риска // Стратегические риски чрезвычайных ситуаций: оценка и прогноз : материалы 8-й Всерос. конф. по проблеме защиты населения и территорий от чрезв. ситуаций. М. : Триада, 2003. С. 129–136.
8. ГОСТ Р 51898–2002. Аспекты безопасности: правила включения в стандарты. М. : Изд-во стандартов, 2002. II, 6 с.
9. ГОСТ Р 51901–2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем. М. : Изд-во стандартов, 2002. IV, 22 с.
10. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010–2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. М. : Стандартинформ, 2012. IV, 70 с.

11. Гигиеническое нормирование факторов производственной среды и трудового процесса / под ред. Н.Ф. Измерова, А.А. Каспарова. М., 1986. 240 с.
12. Евдокимов В.И. Анализ рисков в чрезвычайных ситуациях в России в 2004–2013 гг. : монография / Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. СПб. : Политехника-сервис, 2015. 95 с.
13. Исаева Н.А. Медико-психофизиологический мониторинг профессиональных рисков: оценка и управление индивидуальными рисками // Человеческий фактор энергетики XXI века: качество, надежность, здоровье : сб. докл. 2-й междунар. конференции. М., 2017. С. 145–164.
14. Ипатов П.Л., Мартенс В.К., Сорокин А.В. [и др.]. Профессиональная надежность персонала АЭС: концепция и технология количественной оценки, практика управления. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2003. 232 с.
15. Ковалевич О.М. Современные задачи вероятностного анализа безопасности объектов использования атомной энергии // Атомная энергия. 2008. Т. 104, № 2. С. 67–74.
16. Калиберда И.В. Регулирование безопасности объектов использования атомной энергии и снижение рисков чрезвычайных ситуаций природного и техногенного происхождения // Управление рисками чрезвычайных ситуаций: материалы 6-й Всерос. науч.-практ. конференции / под общей ред. Ю.Л. Воробьева. М. : КРУК, 2001. С. 113–118.
17. Оценка риска нарушения профессиональной надежности персонала атомных электростанций: метод. рекомендации ФМБА России: Р-ФМБА № 2-05. М., 2005. 29 с.
18. Профессиональный риск для здоровья работающих (руководство) / под ред. Н.Ф. Измерова, Э.Б. Денисова. М. : Тривант, 2003. 448 с.
19. Рябчук Е.Ф. Японская катастрофа // Энергия: экономика, техника, экология. 2012. № 12. С. 64–66.
20. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем: пер. с англ. / под ред. И.А. Ушакова. М.: Радио и связь, 1991. 224 с.
21. Самойлов А.С., Бушманов А.Ю., Бобров А.Ф. [и др.]. Психофизиологические аспекты обеспечения надежности профессиональной деятельности работников организаций атомной отрасли // Сборник материалов III отраслевой научно-практической конференции. М. : Ин-т психологии РАН, 2018. С. 62–76.
22. Стратегические риски чрезвычайных ситуаций: оценка и прогноз : материалы 8 Всерос. конференции по проблеме защиты населения и территорий от чрезв. ситуаций. М. : Триада, 2003. 400 с.
23. Титов А.С., Широков А.Ю. Показатели риска и этиологический анализ в эпидемиологических исследованиях // Профессиональный риск для здоровья работников (руководство) / под ред. Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова. М. : Тривант, 2003. С. 35–49.
24. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Физиология труда и надежность деятельности человека. М. : Наука, 2008. 318 с.
25. Фалеев М.И. Программно-целевой метод решения проблем снижения рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций // Управление рисками чрезвычайных ситуаций : материалы 6 Всерос. науч.-практ. конф. / под общей ред. Ю.Л. Воробьева. М. : КРУК, 2001. С. 26–33.
26. Фролов К.В., Махутов Н.А. Научные разработки по анализу риска и проблем безопасности // Стратегические риски чрезвычайных ситуаций: оценка и прогноз : материалы 8-й Всерос. конф. по проблеме защиты населения и территорий от чрезв. ситуаций. М. : Триада, 2003. С. 25–36.
27. Щербланов В.Ю., Бобров А.Ф. Надежность деятельности человека в автоматизированных системах и ее количественная оценка // Психол. журн. 1990. № 3. С. 60–69.
28. Guidance on Risk Assessment at Work. EC, DG-V, «Safety and Health at Work». CE-88-95-557-EN-C, 1996. 57 p.
29. Scheblanov V.Y., Sneve M.K., Bobrov A.F. Monitoring human factor risk characteristics at nuclear legacy sites in northwest Russia in support of radiation safety regulation // J. of Radiological Protection. 2012. N 4. P. 465–477.

Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.
Поступила 17.04.2019 г.

Для цитирования. Бобров А.Ф. Предупреждение техногенных чрезвычайных ситуаций: информационная технология разработки критериев оценки антропогенных рисков // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2019. № 2. С. 5–16. DOI 10.25016/2541-7487-2019-0-2-05-16.

Prevention of technological emergency situations: information technology to develop criteria for anthropogenic risks estimation

Bobrov A.F.

Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical and Biological Agency of Russia
(46, Zhivopisnaya Str., Moscow, 123182, Russia)

✉ Aleksandr Fedorovich Bobrov – Dr. Biol. Sci. Prof., Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical and Biological Agency of Russia (46, Zhivopisnaya Str., Moscow, 123182, Russia), e-mail: baf-vcmk@mail.ru

Abstract

Relevance. An analysis of the saturation of potentially dangerous objects in the technogenic sphere shows constant increase in the number and severity of the consequences of man-made disasters. The possibilities of countering threats in the technogenic sphere were limited, mainly due to the human factor. Therefore, the assessment and management of anthropogenic risks is one of the main measures to prevent man-made emergencies. In enterprises with potentially hazardous technologies, this problem is solved mainly by improving the safety culture at work. The lack of scientific research on the development of criteria for assessing anthropogenic risks makes it difficult to solve important practical tasks for ranking hazardous industries according to their anthropogenic hazard, the distribution of forces and facilities of the Emercom, taking into account the most likely place of occurrence of man-made disaster, improving medical and physiological support of personnel of hazardous facilities and industries.

Intention. Development of information technology for the quantitative assessment of anthropogenic risks for personnel at hazardous facilities and industries.

Methodology. The object of the study was the literature data on existing approaches to risk assessment in applied scientific research. The subject of the research is information technology for developing criteria for assessing anthropogenic risks.

Results and discussion. Based on the analysis of literature data, the definition of the concept "anthropogenic risk" and the conceptual model of its quantitative assessment are given. An information technology for human risk assessment has been developed, which includes the following steps: 1) selection of the basic components of anthropogenic risk 2) determination of the values of the basic components; 3) expert assessment of the likelihood of risk realization with the established value of the basic components; 4) assessment using the risk matrix of the level of anthropogenic risk of the basic components; 5) an assessment of the social acceptability of anthropogenic risk for the basic components; 6) calculation of the weighted average anthropogenic risk; 7) the decision on the level of human risk. The methods of implementing information technology are described. An example of using the developed information technology to assess the anthropogenic risk of nuclear power plant personnel is given. Professional competence, professional success and professional health of an employee were used as a component of anthropogenic risk.

Conclusion. Anthropogenic risk is a quantitative characteristic of the threat to the security of an enterprise from an employee's professional activities due to the incompatibility of his medical and psychophysiological characteristics with the requirements of professional activity and the anthropogenic vulnerability of equipment and technological processes. Reducing anthropogenic risks is a prerequisite for improving the safety of enterprises with potentially dangerous technologies. The proposed information technology, assessment criteria and classification of levels of human risk can be used in developing a risk management system in order to minimize them.

Keywords: emergency situation, natural emergency situations, man-made emergency situations, anthropogenic risks, safety of activities, hazardous production, medical and psychophysiological examinations.

References

1. Aleksanin S.S., Rybnikov V.Yu. Teoreticheskie osnovy i kontseptsiya mediko-psikhologicheskogo soprovozhdeniya professional'noi deyatel'nosti spasatelei MChS Rossii [Theoretical Grounds and a Conception of Medico-psychological Aid in Professional Activities of Rescuers of the Ministry of Emergency Situations of Russia]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2007. N 1. Pp. 3–12. (In Russ.)
2. Bobrov A.F. Normirovanie funktsional'nykh sostoyanii cheloveka, rabotayushchego v ekstremal'nykh usloviyakh (novye printsipy i metody razrabotki kriteriev) [Rationing of the functional states of a person working under extreme conditions (new principles and methods for developing criteria)]: Abstract dissertation Dr. Biol. Sci.. Moskva. 1993. 38 p. (In Russ.)
3. Bobrov A.F. Informatsionnye tekhnologii v meditsine truda [Information technologies in industrial medicine]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational medicine and industrial ecology]. 2003. N 9. Pp. 44–48. (In Russ.)
4. Bobrov A.F., Bushmanov A.Yu., Sedin V.I., Shcheblanov V.Yu. Sistemnaya otsenka rezul'tatov psikhofiziologicheskikh obsledovaniy [Systemic assessment of the results of psychophysiological examinations]. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy* [Medicine of extreme situations]. 2015. N 3. Pp. 13–19. (In Russ.)
5. Bodrov V.A. Psikhologiya professional'noi prigodnosti [Psychology of professional suitability]. Moskva. 2006. 511 p. (In Russ.)
6. Bol'shakov A.M., Krut'ko V.N., Putsillo E.V. Otsenka i upravlenie riskami vliyaniya okruzhayushchei sredy na zdorov'e naseleniya [Assessment and management of environmental risks to public health]. Moskva. 1999. 256 p. (In Russ.)
7. Vishnevskii Yu.G., Gordon B.G. Nauchnoe obespechenie prinyatiya reguliruyushchikh reshenii na osnove otsenki riska [Scientific support of risk-based regulatory decision making]. *Strategicheskie riski chrezvychaynykh situatsii* [Strategic risks of emergency situations: assessment and forecast]: Scientific. Conf. Proceedings. Moskva. 2003. Pp. 129–136. (In Russ.)
8. GOST R 51898-2002. Aspekty bezopasnosti : pravila vlyucheniya v standarty [Safety aspects. Guidelines for their inclusion in standards]. Moskva. 2002. II, 6 p. (In Russ.)
9. GOST R 51901-2002. Upravlenie nadezhnost'yu. Analiz riska tekhnologicheskikh system [Reliability management. Risk analysis of technological systems]. Moskva. 2002. IV, 22 p. (In Russ.)
10. GOST R ISO/MEK 31010-2011. Menedzhment riska. Metody otsenki riska [Risk management. Risk assessment techniques]. Moskva. 2012. IV, 70 p. (In Russ.)
11. Gigienicheskoe normirovanie faktorov proizvodstvennoi sredy i trudovogo protsessa [Hygienic rationing of factors of the production environment and the labor process]. Eds.: N.F. Izmerov, A.A. Kasparov. Moskva. 1986. 240 p.
12. Evdokimov V.I. Analiz riskov v chrezvychaynykh situatsiyakh v Rossii v 2004–2013 gg. [Risk analysis in emergency situations in Russia in 2004–2013]. Sankt-Peterburg. 2015. 95 p.
13. Isaeva N.A. Mediko-psihofiziologicheskij monitoring professional'nykh riskov: ocenka i upravlenie individual'nymi riskami [Medical and psycho-physiological monitoring of occupational risks: assessment and management of individual risks]. *Chelovecheskij faktor jenergetiki XXI veka: kachestvo, nadezhnost', zdorov'e* [The Human Factor of the Energy Industry of the XXI Century: Quality, Reliability, Health]: Scientific. Conf. Proceedings. Moskva. 2017. Pp. 145–164. (In Russ.)

14. Ipatov P.L., Martens V.K., Sorokin A.V. [et al.]. Professional'naya nadezhnost' personala AES: kontseptsiya i tekhnologiya kolichestvennoi otsenki, praktika upravleniya [Professional reliability of NPP personnel: concept and technology of quantitative assessment, management practice]. Saratov. 2003. 232 p. (In Russ.)

15. Kovalevich O.M. Sovremennyye zadachi veroyatnostnogo analiza bezopasnosti ob'ektov ispol'zovaniya atomnoy energii [Current tasks of probabilistic safety analysis of nuclear facilities]. *Atomnaya energiya* [Atomic Energy]. 2008. Vol. 104, N 2. Pp. 67–74. (In Russ.)

16. Kaliberda I.V. Regulirovanie bezopasnosti ob'ektov ispol'zovaniya atomnoi energii i snizhenie riskov chrezvychainykh situatsii prirodnogo i tekhnogennogo proiskhozhdeniya [Regulation of safety of nuclear facilities and reduction of risks of emergency situations of natural and man-made origin]. *Upravlenie riskami chrezvychainykh situatsii* [Emergency Risk Management]: Scientific. Conf. Proceedings. Ed. Yu.L. Vorob'ev. Moskva. 2001. Pp. 113–118. (In Russ.)

17. Otsenka riska narusheniya professional'noi nadezhnosti personala atomnykh elektrostantsii : metodicheskie rekomendatsii FMBA Rossii [Assessment of the risk of violation of professional reliability of nuclear power plant personnel. Methodical recommendations of the FMBA of Russia]: R-FMBA N 2-05. Moscow, 2005. 29 p. (In Russ.)

18. Professional'nyi risk dlya zdorov'ya rabotayushchikh [Occupational health risk for workers]. Eds.: N.F. Izmerov, E.B. Denisov. Moskva. 2003. 448 p. (In Russ.)

19. Ryabchuk E.F. Yaponskaya katastrofa [Japanese catastrophe]. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya* [Energy: economy, technology, ecology]. 2012. N 12. Pp. 64–66. (In Russ.)

20. Saati T., Kerns K. Analiticheskoe planirovanie. Organizatsiya system [Analytical planning. Organization Systems]. Ed. I.A. Ushakov. Moskva. 1991. 224 p. (In Russ.)

21. Samoilo A.S., Bushmanov A.Yu., Bobrov A.F. [et al.]. Psikhofiziologicheskie aspekty obespecheniya nadezhnosti professional'noi deyatel'nosti rabotnikov organizatsii atomnoi otrasli [Psychophysiological aspects of ensuring the reliability of professional activities of employees of organizations of the nuclear industry] *Sbornik materialov III otraslevoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Collection materials of the III branch scientific-practical conference]. Moskva. 2018. Pp. 62–76. (In Russ.)

22. Strategicheskie riski chrezvychainykh situatsii: otsenka i prognoz [Strategic risks of emergency situations: assessment and forecast] : Scientific. Conf. Proceedings. Moskva. 2003. 400 p. (In Russ.)

23. Titov A.S., Shirokov A.Yu. Pokazateli riska i etiologicheskii analiz v epidemiologicheskikh issledovaniyakh [Risk indicators and etiological analysis in epidemiological studies]. *Professional'nyi risk dlya zdorov'ya rabotnikov* [Occupational health risk for workers]: Scientific. Conf. Proceedings. Eds.: N.F. Izmerov, E.I. Denisov. Moskva. 2003. Pp. 35–49. (In Russ.)

24. Ushakov I.B. Bogomolov A.V., Kukushkin Yu.A. Fiziologiya truda i nadezhnost' deyatel'nosti cheloveka [Physiology of work and reliability of human activity]. Moskva. 2008. 318 p. (In Russ.)

25. Faleev M.I. Programmno-tselevoy metod resheniya problem snizheniya riskov i smyagchenie posledstviy chrezvychainykh situatsii [Program-targeted method of solving problems of risk reduction and mitigation of emergency situations]. *Upravlenie riskami chrezvychainykh situatsii* [Emergency Risk Management]: Scientific. Conf. Proceedings. Ed. Yu.L. Vorob'ev. Moskva. 2001. Pp. 26–33. (In Russ.)

26. Frolov K.V., Makhutov N.A. Nauchnye razrabotki po analizu riska i problem bezopasnosti [Strategic risks of emergency situations: assessment and forecast]. *Strategicheskie riski chrezvychainykh situatsii: otsenka i prognoz* [Strategic risks of emergency situations: assessment and forecast]: Scientific. Conf. Proceedings. Moskva. 2003. Pp. 25–36. (In Russ.)

27. Shcheblanov V.Yu., Bobrov A.F. Nadezhnost' deyatel'nosti cheloveka v avtomatizirovannykh sistemakh i ee kolichestvennaya otsenka [The reliability of human activity in automated systems and its quantitative assessment]. *Psikhologicheskii zhurnal* [Psychological Journal]. 1990. N 3. Pp. 60–69. (In Russ.)

28. Guidance on Risk Assessment at Work. EC, DG-V, «Safety and Health at Work». CE-88-95-557-EN-C, 1996. 57 p.

29. Scheblanov V.Y., Sneve M.K., Bobrov A.F. Monitoring human factor risk characteristics at nuclear legacy sites in north-west Russia in support of radiation safety regulation. *J. of Radiological Protection*. 2012. N 4. Pp. 465–477.

Received 17.04.2019

For citing: Bobrov A.F. . Preduprezhdenie tekhnogennykh chrezvychajnykh situatsiy: informatsionnaya tekhnologiya razrabotki kriteriev ocenki antropogennykh riskov. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2019. N 2. Pp. 5–16. (In Russ.)

Bobrov A.F. Prevention of technological emergency situations: information technology to develop criteria for anthropogenic risks estimation. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2019. N 2. Pp. 5–16. doi 10.25016/2541-7487-2019-0-2-05-16