

# НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ РИСКА

---

УДК 51-76, 613.6.02

## МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО РИСКА РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ ЛЕГКИХ, СВЯЗАННЫХ С ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПЫЛЕВОГО ФАКТОРА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

**Н.В. Зайцева, В.Б. Алексеев, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов,  
Д.М. Шляпников, В.М. Чигвинцев**

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

В осуществление полуколичественного метода оценки риска развития болезней легких в связи с профессиональной экспозицией пылевого фактора предложен метод прогнозирования риска, основанный на эволюционном моделировании. Предложенный метод имеет ряд преимуществ, связанных с учетом переменных условий труда работников как в отношении концентраций пыли в зоне дыхания, так и интенсивности трудового процесса. Предлагаемая методология позволяет выполнять расчеты различными временными шагами и учитывать внутри и междусменными интервалы выхода работника из зоны экспозиции, снижение риска во время отдыха в выходные дни, а также в течение длительных промежутков времени (отпуск и перерывы в стаже). Для использования в практической деятельности предложен упрощенный алгоритм, позволяющий выполнять оценку риска на основе специальных таблиц.

**Ключевые слова:** пылевой фактор, профессиональные заболевания, эволюционное моделирование, оценка риска.

Профессиональные заболевания, связанные с воздействием аэрозолей (пневмокониозы и пневмосклерозы, хронический пылевой бронхит), на протяжении ряда лет занимают третье место по частоте среди профессиональных заболеваний в России [4].

Для большой группы аэрозолей (аэрозоли дезинтеграции угля, угольнопородные аэрозоли, аэрозоли кокса (каменноугольного, пескового, нефтяного, сланцевого), саж, алмазов, углеродных волокнистых материалов, аэрозоли (пыли) животного и растительного

происхождения, силикатсодержащие пыли, силикаты, алюмосиликаты, аэрозоли дезинтеграции и конденсации металлов, кремнийсодержащие пыли), не обладающих выраженной токсичностью, следует выделить фиброгенный эффект действия на организм.

В связи с тем что требование полного отсутствия вредных веществ в зоне дыхания работающих часто невыполнимо, особую значимость приобретает гигиеническая регламентация содержания вредных веществ и соблюдение предельно допустимой концентрации (ПДК) вредных веществ

---

© Зайцева Н.В., Алексеев В.Б., Шур П.З., Кирьянов Д.А., Шляпников Д.М., Чигвинцев В.М., 2014

**Зайцева Нина Владимировна** – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор (e-mail: znv@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-25-34).

**Алексеев Вадим Борисович** – доктор медицинских наук, заместитель директора по организационно-методической работе (e-mail: vadim@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-32-70).

**Шур Павел Залманович** – доктор медицинских наук, ученый секретарь (e-mail: shur@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37).

**Кирьянов Дмитрий Александрович** – кандидат технических наук, заведующий отделом математического моделирования систем и процессов (e-mail: kda@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04).

**Шляпников Дмитрий Михайлович** – заведующий отделом анализа риска для здоровья (e-mail: shlyapnikov@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 238-33-37).

**Чигвинцев Владимир Михайлович** – научный сотрудник отдела математического моделирования систем и процессов (e-mail: cvm@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04).

в воздухе рабочей зоны. При превышении ПДК пыли в воздухе рабочей зоны у работающих может формироваться риск развития профессиональных заболеваний, связанных с воздействием аэрозолей, результаты оценки которого должны учитываться при разработке системных лечебно-профилактических и реабилитационных медицинских мероприятий [1].

Оценка экспозиции является составной частью количественной оценки риска. Обобщающим способом оценки профессионального риска от пылевого фактора является метод, включающий оценку концентрации пыли и длительности ее воздействия. В реальных производственных условиях при контроле уровня содержания АПФД (аэрозоль преимущественно фиброгенного действия) в воздухе рабочей зоны учитывают все колебания содержания АПФД в течение рабочей смены, что нашло отражение в ГОСТ Р 54578–2011 «Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия». Согласно ГОСТ Р 54578–2011, при превышении ПДК<sub>сс</sub> (среднесменная предельно допустимая концентрация пыли в зоне дыхания работника) проводят расчет общей пылевой нагрузки (ПН) на работника, включающий в себя учет колебаний фактической среднесменной концентрации пыли в зоне дыхания работника на протяжении всего периода профессионального контакта с АПФД. ПН является произведением фактической среднесменной концентрации пыли в зоне дыхания работника, продолжительности контакта работника с АПФД (лет), числа рабочих смен, отработанных в календарном году в условиях воздействия АПФД, объема легочной вентиляции за смену (м<sup>3</sup>).

Существующий метод предполагает сравнение полученного значения ПН со значением контрольной пылевой нагрузки (КПН), являющимся произведением среднесменной предельно допустимой концентрации пыли в зоне дыхания работника, продолжительности контакта работника с АПФД (лет), числа рабочих смен, отработанных в календарном году в условиях воз-

действия АПФД, объема легочной вентиляции за смену (м<sup>3</sup>). По результатам сравнения фактической пылевой нагрузки с контрольной пылевой нагрузкой условия труда относят либо к допустимому (безопасному), либо к вредному классу условий труда.

Указанный в ГОСТ метод полуколичественной оценки риска позволяет выполнять классификацию условий труда работников, которая может быть использована при организации медико-профилактических мероприятий. Вместе с тем для прогнозирования индивидуальных профессиональных рисков работников, особенно в условиях переменных экспозиций факторов и длительных перерывов, более адекватен метод оценки риска, основанный на эволюционном моделировании.

**Описание метода.** Оценка индивидуального риска профессионального заболевания легких, связанного с воздействием АПФД, выполняется на основе расчета показателя, учитывающего вероятность развития заболевания и его тяжесть как характеристику ущерба для здоровья. Расчет риска выполняется по формуле:

$$R = P \cdot g, \quad (1)$$

где  $P$  – вероятность развития профессионального заболевания;  $g$  – коэффициент тяжести заболевания.

В качестве значений коэффициентов тяжести заболеваний используются значения, рекомендованные экспертами ВОЗ (1994):

- $g=0,4$  для пневмокониоза;
- $g=0,5$  для хронических респираторных болезней.

Расчет вероятности развития профессионального заболевания легких пылевой этиологии целесообразно проводить на основе анализа эволюционной модели [2, 3]. Эволюционная модель представляется в виде рекуррентных соотношений, позволяющих организовывать итерационную расчетную процедуру по временным шагам и отражающих изменение вероятности возникновения заболеваний, связанных с повреждающим действием пылевого фактора:

$$P_{t+1} = \begin{cases} P_t + \beta \left( \frac{q \cdot Kc_i}{\text{ПДК}_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C, \\ \text{если } 0 < P_t + \beta \left( \frac{q \cdot Kc_i}{\text{ПДК}_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C, < 1 \\ 0, \text{ если } P_t + \beta \left( \frac{q \cdot Kc_i}{\text{ПДК}_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C, \leq 0 \\ 1, \text{ если } P_t + \beta \left( \frac{q \cdot Kc_i}{\text{ПДК}_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C, \geq 1 \end{cases} \quad (2)$$

где  $P_{t+1}$  – вероятность развития профессионального заболевания на временном шаге  $t+1$ ;  $P_t$  – вероятность развития профессионального заболевания на временном шаге  $t$ ;  $\beta$  – коэффициент, характеризующий изменение вероятности заболевания за счет воздействия пыли и зависящий от уровня фиброгенности. Для слабофиброгенных пылей  $\beta=0,0021$ , для высоко/умеренно фиброгенных пылей  $\beta=0,005$ ;  $Kc_i$  – средняя концентрация пыли  $i$ -го вещества за период времени, соответствующий временному шагу, в зоне дыхания работника,  $\text{мг/м}^3$ ;  $\text{ПДК}_i$  – предельно допустимая концентрация пыли  $i$ -го вещества в зоне дыхания работника,  $\text{мг/м}^3$ ;  $q$  – коэффициент, зависящий от интенсивности труда, отражающий вероятную дозу, пропорционален объему легочной вентиляции за смену и принимаемый равным:

- 0,4 для легких работ;
- 0,7 для работ средней тяжести;
- 1 для тяжелых работ.

$C$  – временной эмпирический коэффициент, соответствующий временному шагу, принимаемый в соответствии табл. 1.

Таблица 1

Значение коэффициента  $C$  для расчета риска за период  $t$

Коэффициент	Временной шаг				
	час	день	неделя	месяц	год
$C$	0,000114	0,00274	0,019231	0,083333	1

Вариация рекуррентного соотношения (2), учитывающая многокомпонентность пылей в зоне дыхания работников, оказы-

вающих влияние на вероятность развития профессионального заболевания, записывается в виде:

$$P_{t+1} = \begin{cases} P_t + \beta \left( \sum_i \frac{q \cdot Kc_i}{\text{ПДК}_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C, \\ \text{если } 0 < P_t + \beta \left( \sum_i \frac{q \cdot Kc_i}{\text{ПДК}_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C, < 1 \\ 0, \text{ если } P_t + \beta \left( \sum_i \frac{q \cdot Kc_i}{\text{ПДК}_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C, \leq 0 \\ 1, \text{ если } P_t + \beta \left( \sum_i \frac{q \cdot Kc_i}{\text{ПДК}_i} - \frac{1}{3} \right) \cdot C, \geq 1 \end{cases} \quad (3)$$

Соотношение (2) применимо для пылей, относящихся к одной группе фиброгенности. В случае, когда в зоне дыхания работника присутствуют пыли, относящиеся к различным группам фиброгенности, необходимо выполнять отдельные расчеты для каждой группы пыли.

Рекуррентные соотношения (2), (3) позволяют последовательно вычислять значение вероятности заболеваний на различных временных шагах, начиная с начального уровня. Начальный уровень вероятности развития профессионального заболевания, связанного с повреждающим действием пылевого фактора, соответствует нулевому стажу в условиях экспозиции АПФД и равен нулю:

$$P_0 = 0. \quad (4)$$

На основе соотношения (2) или (3) и начального уровня (4) последовательно выполняются расчеты на последующих временных шагах:  $P_1, P_2, P_3, P_4$ , и т.д.

Выбор временного шага при выполнении расчетов с использованием рекуррентных соотношений зависит от детализации задания экспозиции. При постоянной экспозиции пыли в течение всего стажа работы временной шаг выбирается равным одному году. При задании переменной экспозиции временной шаг должен соответствовать периоду цикличности, т.е. при наличии циклов изменений значений концентрации пы-

ли больше 1 месяца выбирается шаг 1 месяц, при изменениях в течение недели или месяца – 1 день, при изменениях в течение смены – 1 час.

Средняя концентрация пыли за период времени ( $K_{ci}$ ), соответствующая временно-му шагу, рассчитывается по формуле:

$$K_{ci} = \frac{\sum_{t=0}^n K_{ti}}{n} \quad (5)$$

где  $K_{ji}$  – концентрация пыли  $i$ -го вещества за  $t$ -й час,  $\text{мг/м}^3$ ;  $n$  – количество часов, соответствующих временному шагу.

Метод расчета вероятности возникновения профессиональных заболеваний, связанных с воздействием АПФД, основанный на рекуррентных соотношениях, дает возможность учитывать неравномерный характер экспозиции пылевого фактора во времени, при этом принимаются во внимание не только переменные экспозиции в течение смены, но и длительность межсменных перерывов.

Для оценки профессионального риска принимается следующая шкала:

$0 \cdot 10^{-3}$  – малый (умеренный) риск (в руководстве Р 2.1.10.1920–04 – индивидуальный риск в течение всей жизни более  $1 \cdot 10^{-4}$ , но менее  $1 \cdot 10^{-3}$  обозначен как приемлемый для профессиональных групп);

$1 \cdot 10^{-3}$  –  $1 \cdot 10^{-2}$  – средний (существенный) риск;

$1 \cdot 10^{-2}$  –  $1 \cdot 10^{-1}$  – высокий (непереносимый) риск;

1 – очень высокий (непереносимый) риск.

**Пример реализации.** В качестве примера использования метода оценки риска, основанного на эволюционных моделях, выполним расчет риска хронического токсического бронхита от ванадийсодержащих шлаков и пылей у работников, находящихся в условиях постоянной экспозиции ванадийсодержащих пылей, для трех уровней среднесменной концентрации:  $4 \text{ мг/м}^3$ ,  $5,5 \text{ мг/м}^3$ ,  $20 \text{ мг/м}^3$ .

Величина ПДК<sub>сс</sub> для ванадийсодержащих шлаков и пылей –  $4 \text{ мг/м}^3$ .

Расчет проводится для трех возможных сценариев экспозиции:

– первый сценарий  $K_{cc} = 4 \text{ мг/м}^3$  (уровень предельно допустимой концентрации);

– второй сценарий  $K_{cc} = 5,5 \text{ мг/м}^3$  (незначительно выше уровня предельно допустимой концентрации);

– третий сценарий  $K_{cc} = 20 \text{ мг/м}^3$  (пятикратное превышение уровня воздействия).

Расчет предполагается с начала трудового стажа в 20 лет при высоком уровне интенсивности труда ( $q=1$ ).

Значение  $K_{cc}$  для каждого из сценариев считается неизменным на протяжении всего трудового стажа.

В этом случае для каждого сценария целесообразно выполнять расчеты с временным шагом 1 год ( $C=1$ ). Среднегодовую концентрацию можно определить по формуле:

$$K_c = \frac{K_{cc} \cdot n_1 \cdot n_2}{24 \cdot 365}, \quad (6)$$

где  $n_1$  – длительность смены, ч;

$n_2$  – число смен в году.

Если  $n_1=8$  часов и  $n_2=251$  смена, то  $K_c = K_{cc} \cdot 0,23$ . Тогда для первого сценария  $K_c = 0,92$ ; для второго сценария  $K_c = 1,265$ ; для третьего сценария  $K_c = 4,6$ . Распределение среднегодовой экспозиции пыли во времени представлено на рис. 1.

Ванадийсодержащие пыли относятся к слабофиброгенным, поэтому  $\beta = 0,0021$ . Вероятность развития профессионального заболевания определяется по соотношению:

$$P_{t+1} = P_t + 0,0021 \cdot \left( \frac{K_c}{4} - \frac{1}{3} \right) \cdot 1,$$

с начальным значением  $P_{t=20}=0$ .

Так как тяжесть хронического бронхита  $g=0,5$ , риск развития профессионального заболевания определяется по формуле

$$R = P_t \cdot 0,5.$$

График изменения риска заболевания хроническим токсическим бронхитом представлен на рис. 2.

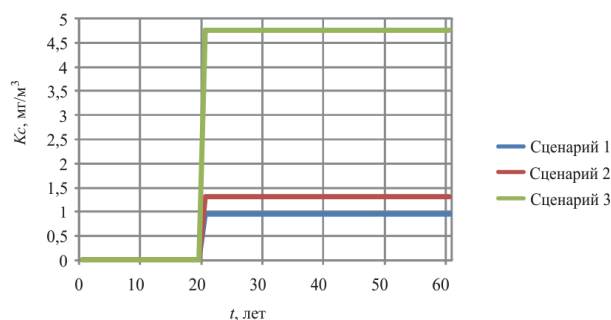


Рис. 1. Зависимость среднегодовой концентрации ванадий содержащих шлаков и пылей в зоне дыхания работника от времени и уровня экспозиции

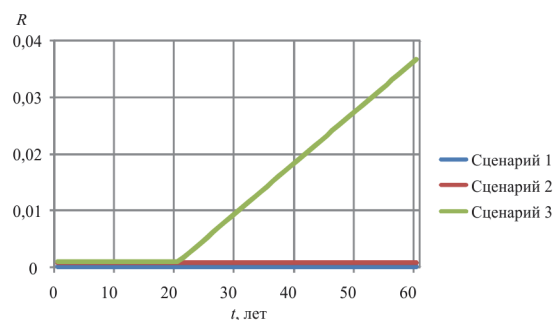


Рис. 2. Зависимость риска заболеть хроническим токсическим бронхитом от времени и уровня экспозиции

Для демонстрации метода ниже приведены варианты расчета с более частыми временными шагами.

Временной шаг 1 день характеризуется изменением экспозиции с недельной циклическостью. В этом случае при стандартной трудовой неделе в рабочие дни (понедель-

ник–пятница) среднесуточная концентрация  $K_c = K_{cc} \cdot 0,33$ , в выходные дни (суббота–воскресенье)  $K_c = 0$ . Графически такое задание экспозиции представлено на рис. 3. При этом динамика риска представляется в виде ломаной (рис. 4).

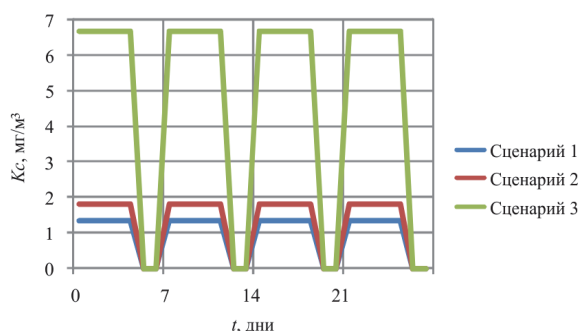


Рис. 3. Зависимость среднедневной концентрации ванадий содержащих шлаков и пылей в зоне дыхания работника от времени (подневное осреднение) и уровня экспозиции

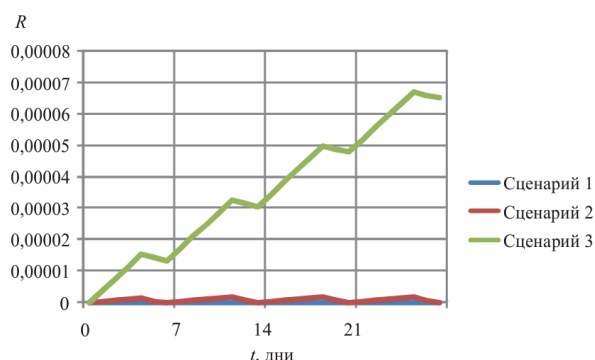


Рис. 4. Зависимость риска заболеть хроническим токсическим бронхитом от времени (подневное осреднение) и уровня экспозиции

На графиках представлена динамика показателей с момента начала трудовой деятельности.

Аналогично показаны расчеты для временного шага 1 час (рис. 5–6). При этом во время работы среднечасовая экспозиция

равна среднесменной  $K_c = K_{cc}$ , а во внерабочее время  $K_c = 0$ .

Так как среднесменная экспозиция постоянна, выполнение расчетов с временным шагом 1 день и 1 час на всем расчетном периоде приведет к результатам, представленным на рис. 2.

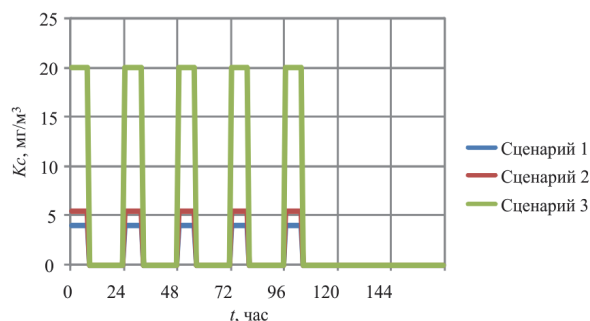


Рис. 5. Зависимость среднечасовой концентрации ванадийсодержащих шлаков и пылей в зоне дыхания работника от времени (почасовое осреднение) и уровня экспозиции

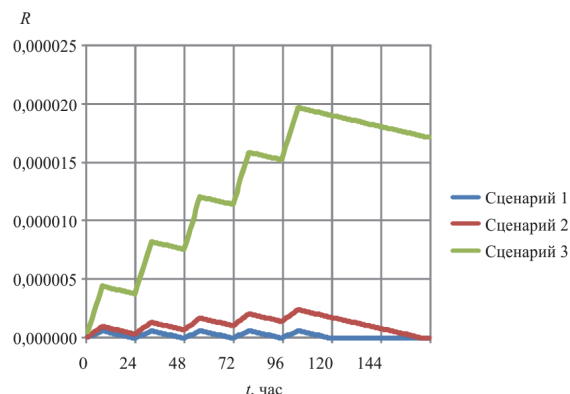


Рис. 6. Зависимость риска заболевания хроническим токсическим бронхитом от времени (почасовое осреднение) и уровня экспозиции

**Упрощенный алгоритм расчета индивидуального риска у работника.** В случае постоянно действующей экспозиции пылевого фактора или при наличии длительных стажевых отрезков с постоянной экспозицией возможен расчет индивидуального риска возникновения профессионального заболевания у работника по упрощенной методике. Упрощенная методика ориентирована на заранее подготовленные таблицы, содержащие значения индивидуального риска возникновения профессионального заболевания у работника в зависимости от стажа и уровня экспозиции относительно ПДК.

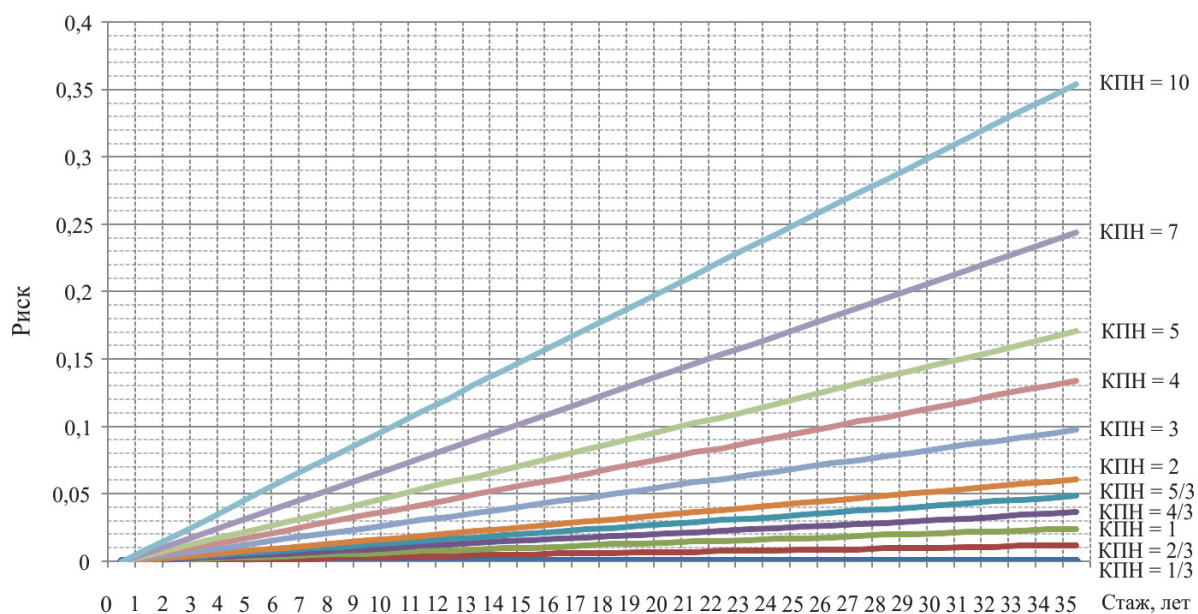
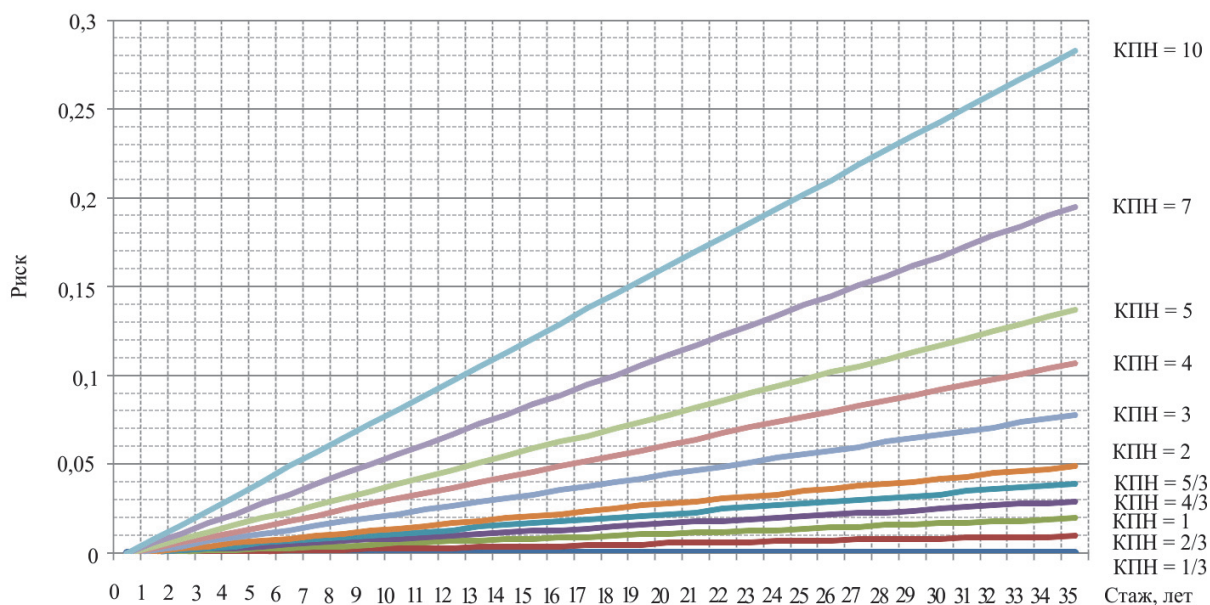
*Шаг 1.* Расчет экспозиции выполняется на основе определения среднегодового относительного коэффициента пылевой нагрузки по соотношению:

$$\text{КПН} = \frac{K_{cc}}{\text{ПДК}} \cdot \frac{n_1}{24} \cdot \frac{n_2}{365} \cdot q \quad (7)$$

где КПН – среднегодовой относительный коэффициент пылевой нагрузки;  $K_{cc}$  – среднесменная концентрация;  $n_1$  – длительность смены, ч;  $n_2$  – число смен в году;  $q$  – коэффициент, зависящий от интенсивности труда, отражающий вероятную дозу, пропорционален объему легочной вентиляции за смену и принимаемый равным:

- 0,4 для легких работ;
- 0,7 для работ средней тяжести;
- 1 для тяжелых работ.

*Шаг 2.* На основании значения КПН и стажа работы в условиях постоянной экспозиции по рис. 7–10 определяется величина индивидуального риска развития профессионального заболевания у работника. Риск заболевания находится на пересечении строки, соответствующей стажу, и столбца, соответствующего КПН (экспозиции).





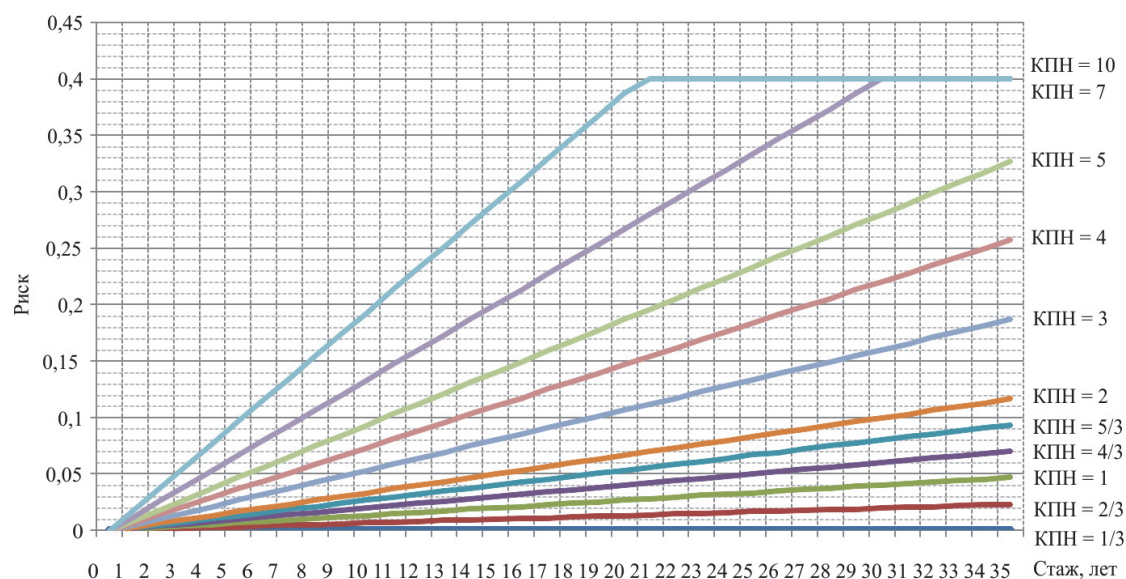


Рис. 9. Значения индивидуального риска заболевания в зависимости от времени и экспозиции АПФД (высоко/умереннофиброгенные пыли), тяжесть заболевания 0,4

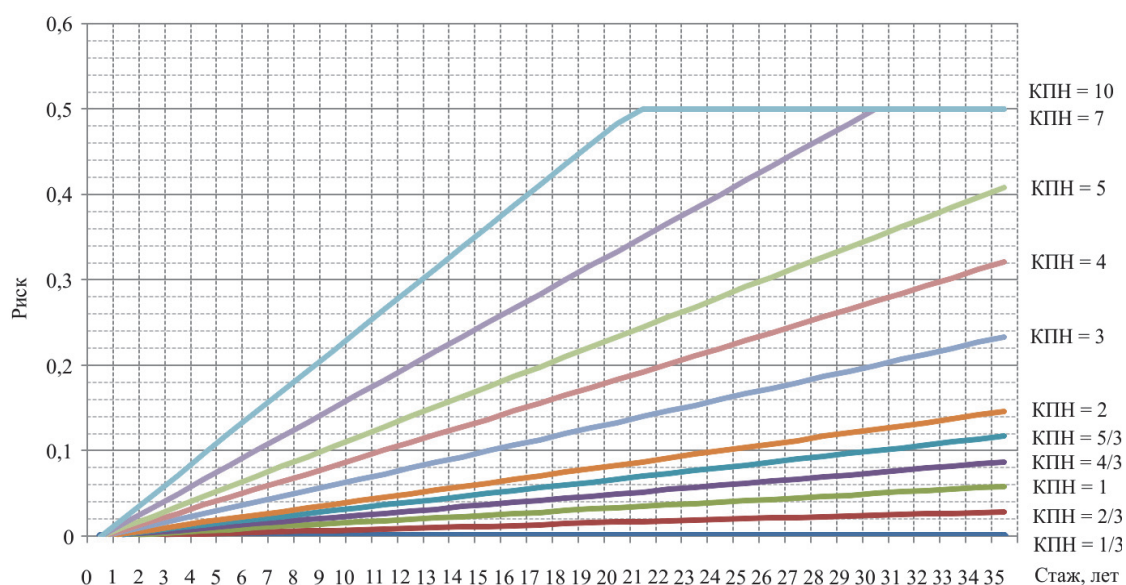


Рис. 10. Значения индивидуального риска заболевания в зависимости от времени и экспозиции АПФД (высоко/умереннофиброгенные пыли), тяжесть заболевания 0,5

В случае, когда вычисленное значение КПН отсутствует в таблице, индивидуальный риск развития профессионального заболевания у работника вычисляется с использованием двух соседних по КПН вероятностей по формуле:

$$R = R_H + \left( \frac{КПН - КПН_H}{КПН_B - КПН_H} \right) \cdot (R_B - R_H), \quad (8)$$

где КПН – среднегодовой относительный коэффициент пылевой нагрузки;  $КПН_H$  – меньшее значение табличного КПН;  $КПН_B$  – большее значение табличного КПН;  $R_H$  – индивидуальный риск развития профессионального заболевания, соответствующий меньшему значению табличного КПН ( $КПН_H$ );  $R_B$  – индивидуальный риск развития профессионального заболевания, соот-



ветствующий большему значению табличного КПН (КПН<sub>В</sub>)

*Шаг 3.* В случае, если общий трудовой стаж работника можно разделить на периоды, различающиеся по уровню экспозиции пылевого фактора, расчет индивидуального риска развития профессионального заболевания у работника выполняется как сумма рисков для отдельных периодов:

$$R = R^1 + R^2 + R^3 + \dots, \quad (9)$$

где  $R^1, R^2, R^3, \dots$  – индивидуальный риск развития профессионального заболевания в различные периоды трудового стажа.

*Шаг 4.* В случае, если в ходе трудовой деятельности у работника происходит длительный перерыв, возможно снижение накопленного индивидуального риска развития профессионального заболевания у работника. Значения величины, на которую происходит снижение индивидуального риска развития профессионального заболевания, берется из табл. 2 в соответствии с необходимым временным периодом.

Таблица 2

**Снижение индивидуального риска заболевания от перерыва  
в работе под воздействием пылевого фактора**

Стаж, лет	Снижение вероятности заболевания (тяжесть 0,4)		Снижение вероятности заболевания (тяжесть 0,5)	
	Слабофиброгенные пыли	Высоко/умеренно фиброгенные пыли	Слабофиброгенные пыли	Высоко/умеренно фиброгенные пыли
1/12	-0,00002	-0,00006	-0,00003	-0,00007
1	-0,00028	-0,00068	-0,00035	-0,00085
2	-0,00056	-0,00132	-0,0007	-0,00165
3	-0,00084	-0,002	-0,00105	-0,0025
4	-0,00112	-0,00268	-0,0014	-0,00335
5	-0,0014	-0,00332	-0,00175	-0,00415
6	-0,00168	-0,004	-0,0021	-0,005
7	-0,00196	-0,00468	-0,00245	-0,00585
8	-0,00224	-0,00532	-0,0028	-0,00665
9	-0,00252	-0,006	-0,00315	-0,0075
10	-0,0028	-0,00668	-0,0035	-0,00835
11	-0,00308	-0,00732	-0,00385	-0,00915
12	-0,00336	-0,008	-0,0042	-0,01
13	-0,00364	-0,00868	-0,00455	-0,01085
14	-0,00392	-0,00932	-0,0049	-0,01165
15	-0,0042	-0,01	-0,00525	-0,0125
16	-0,00448	-0,01068	-0,0056	-0,01335
17	-0,00476	-0,01132	-0,00595	-0,01415
18	-0,00504	-0,012	-0,0063	-0,015
19	-0,00532	-0,01268	-0,00665	-0,01585
20	-0,0056	-0,01332	-0,007	-0,01665
21	-0,00588	-0,014	-0,00735	-0,0175
22	-0,00616	-0,01468	-0,0077	-0,01835
23	-0,0064	-0,01532	-0,008	-0,01915
24	-0,00668	-0,016	-0,00835	-0,02
25	-0,00696	-0,01668	-0,0087	-0,02085
26	-0,00724	-0,01732	-0,00905	-0,02165
27	-0,00752	-0,018	-0,0094	-0,0225
28	-0,0078	-0,01868	-0,00975	-0,02335
29	-0,00808	-0,01932	-0,0101	-0,02415
30	-0,00836	-0,02	-0,01045	-0,025

Упрощенный алгоритм расчета индивидуального риска ориентирован на выполнение приближенных оценок, при этом вычислительные процедуры сведены к минимуму. Для эффективного использования упрощенного алгоритма большинство трудоемких вычислений сведены в специальные таблицы, содержащие не только значения риска, но и категории риска, согласные со шкалой оценок, и они выделены цветом.

Таким образом, метод, основанный на построении и анализе эволюционных моделей, может иметь широкое применение

в практической деятельности специалистов в области профпатологии. Метод позволяет выполнять оценочные расчеты не только в случае постоянной экспозиции пылевого фактора, но и при любых динамических особенностях распределения значений в течение смены, рабочей недели года. Кроме того, применение рекуррентных соотношений при оценке риска дает возможность осуществлять ретроспективные и прогнозные оценки, учитывающие персональную историю контакта работника с пылевым фактором.

### Список литературы

1. Влияние пылевой нагрузки на показатели оксидантной и антиоксидантной защиты у работников сталеплавильного производства / М.А. Землянова, Н.В. Зайцева, В.Н. Звездин, Д.М. Шляпников // Медицина труда и промышленная экология. – 2013. – № 11. – С. 17–21.
2. Математическая модель эволюции функциональных нарушений в организме человека с учетом внешнесредовых факторов / П.В. Трусов, Н.В. Зайцева, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов, М.Ю. Цинкер, В.М. Чигвинцев, Д.В. Ланин [Электронный ресурс] // Математическая биология и биоинформатика. – 2012. – № 2. – С. 589–610. – URL: [http://www.matbio.org/2012/Trusov\\_7\\_589.pdf](http://www.matbio.org/2012/Trusov_7_589.pdf) (дата обращения: 05.12.2012).
3. Методические подходы к оценке популяционного риска здоровью на основе эволюционных моделей / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов, М.Ю. Цинкер // Здоровье населения и среда обитания. – 2013. – №1(238). – С. 4–6.
4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2011 году: государственный доклад Роспотребнадзора. – М., 2012. – 316 с.

### References

1. Zemljanova M.A., Zajceva N.V., Zvezdin V.N., Shljapnikov D.M. Vlijanie pylevoj nagruzki na pokazateli oksidantnoj i antioksidantnoj zashhity u rabotnikov staleplavil'nogo proizvodstva [Influence of dust load on the performance of oxidant and antioxidant protection in steelworks' employees]. *Medicina truda i promyshlennaja jeologija*, 2013, no. 11, pp. 17–21.
2. Trusov P.V., Zajceva N.V., Kir'janov D.A., Kamaltdinov M.R., Cinker M.Ju., Chigvincev V.M., Lannin D.V. Matematicheskaja model' jevoljucii funkcional'nyh narushenij v organizme cheloveka s uchetom vneshnesredovyh faktorov [Mathematical model of the evolution of functional disorders in the human body, taking into account environmental factors]. *Matematicheskaja biologija i bioinformatika*, 2012, no. 2, pp. 589–610. Available at: [http://www.matbio.org/2012/Trusov\\_7\\_589.pdf](http://www.matbio.org/2012/Trusov_7_589.pdf).
3. Zajceva N.V., Shur P.Z., Kir'janov D.A., Kamaltdinov M.R., Cinker M.Ju. Metodicheskie podhody k ocenke populacionnogo riska zdorov'ju na osnove jevoljucionnyh modelej [Methodological approaches to the assessment of population health risk on the basis of evolutionary models]. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija*, 2013, no. 1(238), pp. 4–6.
4. Gosudarstvennyj doklad Rospotrebnadzora «O sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Rossijskoj Federacii v 2011 godu» [Rospotrebnadzor State report "On the state sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2011"]. Moscow, 2012. 316 p.

## METHODOLOGICAL PROVISION OF THE INDIVIDUAL RISK ASSESSMENT OF LUNG DISEASE ASSOCIATED WITH EXPOSURE TO DUST FACTOR OF WORKPLACE ON THE BASE OF EVOLUTIONARY MODELS

**N.V. Zaitseva, V.B. Alekseyev, P.Z. Shur, D.A. Kiryanov,  
D.M. Shlyapnikov, V.M. Chigvintsev**

Federal Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies", Russian Federation, Perm, 82 Monastyrskaya St., 614045

As the development of semi-quantitative method for risk assessment of lung disease progression due to occupational exposure to the dust factor, the risk forecast method has been proposed, which bases on the evolutionary modeling. The proposed method has a number of advantages associated with variable working conditions of workers in relation to dust concentrations in the breathing zone and the intensity of the labor process. The proposed methodology allows performing calculations at various time steps, and consider the intervals between shifts and exit out of the exposure area, risk reduction during the holiday weekend, as well as for long periods of time (vacation, breaks in work). For use in the practice the simplified algorithm, which allows to perform risk assessment on the basis of special tabulations, has been suggested.

**Key words:** dust factor, occupational diseases, evolutionary modeling, risk assessment.

---

© Zaitseva N.V., Alekseyev V.B., Shur P.Z., Kiryanov D.A., Shlyapnikov D.M., Chigvintsev V.M., 2014

**Zaitseva Nina Vladimirovna** – Fellow of the Russian Academy of Medical Sciences, MD, Professor, Director (e-mail: znv@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-25-34).

**Alekseyev Vadim Borisovich** – PhD, DSc in Medicine, Deputy Director for organizational and methodological work (e-mail: vadim@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-32-70).

**Shur Pavel Zalmanovich** – MD, Secretary of the Academic Council (e-mail: shur@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 238-33-37).

**Kiryanov Dmitry Aleksandrovich** – PhD in Engineering, Head of Department of Systems and Processes Mathematical Modeling (e-mail: kda@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-18-04).

**Shlyapnikov Dmitry Mikhailovich** – Head of The Health Risk Analysis Department (e-mail: shlyapnikov@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 238-33-37).

**Chigvintsev Vladimir Mikhailovich** – Research assistant of department for mathematical modeling of systems and processes (e-mail: cvm@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-18-04).