

Канцерогенный риск для работников производства летательных аппаратов

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 12а мкр, 3, г. Ангарск, Россия, 665827

Оценен индивидуальный канцерогенный риск (ICR) у работников основных профессий в авиастроительной промышленности Восточной Сибири. Проведен расчет уровней ICR для работников основных профессий в динамике от 1 до 30 лет стажа. Оценка экспозиции для работников выполнена по многолетним среднесменным концентрациям в воздухе рабочей зоны, для населения — по среднегодовым концентрациям в атмосферном воздухе. Для оценки риска, не связанного с профессией, доза рассчитывалась на период жизни 70 лет. При расчете доз токсикантов в воздухе рабочей зоны использовались «стандартные» параметры легочной вентиляции для взрослого человека, масса тела, количество дней в контакте (240), продолжительность рабочего времени (8 ч в соответствии с продолжительностью рабочего дня). Индивидуальный канцерогенный риск для населения г. Иркутска составил $3,0\text{E}-04$, г. Улан-Удэ — $4,8\text{E}-04$. Величина риска для населения обусловлена содержанием формальдегида и хрома VI. У работников основных профессий канцерогеноопасных предприятий ICR в десятки раз выше, чем у населения городов. По вкладу в ICR ведущими канцерогенами для работников авиастроительного предприятия являются: формальдегид — для вулканизаторщиков; хром, никель — для прочих профессий. ICR оценивается как неприемлемый для профессиональных групп через 5–15 лет после начала работы во вредных условиях. Несмотря на высокий уровень ICR, производственный контроль не в полной мере предусматривает мониторинг канцерогенов. Существующая система экспертизы не позволяет установить этиологическую роль производственных факторов в возникновении злокачественных новообразований.

Ключевые слова: индивидуальный канцерогенный риск; работающие; производство летательных аппаратов; население
Для цитирования: Панков В.А., Ефимова Н.В., Кулешова М.В., Моторов В.Р. Канцерогенный риск для работников производства летательных аппаратов. *Мед. труда и пром. экол.* 2019. 59 (2): 121–126. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-2-121-126>

Для корреспонденции: Панков Владимир Анатольевич, зав. лаб. эколого-гигиенических исследований ФГБНУ ВСИ-МЭИ (Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований), д.м.н. E-mail: lmt_angarsk@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Vladimir A. Pankov, Natalia V. Efimova, Marina V. Kuleshova, Vladimir R. Motorov

Carcinogenic risk assessment in aircraft construction workers

East Siberian Institute for Medical and Ecological Research, 3, 12A district, Angarsk, 665827

Individual carcinogenic risk (ICR) was assessed in workers of main occupations in aircraft construction industry of East Siberia. Levels of ICR were evaluated for the main occupations workers during 1 to 30 years of service. The workers' exposure was assessed according to longstanding average shift concentrations in the air of workplace, for the population — by average annual concentrations in the ambient air. To evaluate the risk not associated with occupation, the dose was taken for a period of 70 years life. Calculating dose of toxic chemicals in the air of workplace, the authors used "standard" parameters of pulmonary ventilation for adults, weight, days of exposure (240), working time (8 hours as a working day). Individual carcinogenic risk for Irkutsk population equaled $3.0\text{E}-04$, in Ulan-Ude — $4.8\text{E}-04$. The risk value for the general population is due to formaldehyde and chromium VI. The workers of main occupations in enterprises with carcinogenic jeopardy have ICR dozens of times higher than the general urban population. Considering a share in ICR, leading carcinogens for the aircraft construction enterprise workers are: formaldehyde — vulcanizers, chromium and nickel — for other occupations. ICR is considered as unacceptable for occupational groups in 5–15 years after starting work under hazardous conditions. Despite high level of ICR, the occupational control incompletely covers monitoring of carcinogens. Existing system of occupational studies fails to disclose etiologic role of occupational factors in occurrence of malignancies.

Key words: individual carcinogenic risk; workers; aircraft construction; population

For citation: Pankov V.A., Efimova N.V., Kuleshova M.V., Motorov V.R. Carcinogenic risk assessment in aircraft construction workers. *Med. truda i prom. ekol.* 2019. 59 (2): 121–126. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-2-121-126>

For correspondence: Vladimir A. Pankov, Chief of laboratory for ecologic hygienic research in East Siberian Institute for medical ecologic research, Dr. Med. Sci. E-mail: lmt_angarsk@mail.ru

Funding: The study had no funding.

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

Заболеваемость населения злокачественными новообразованиями в России за последние 30 лет продолжает расти. Высокие уровни смертности от онкологических заболеваний в России требуют детального сравнительного анализа [1]. На территории Сибири наиболее высокие

показатели онкопатологии характерны для жителей административных и промышленных центров [2], что требует пристального внимания к причинам blastomagenеза у жителей таких городов. Следует отметить, что значительная доля населения указанных муниципальных образований

занята на градообразующих промышленных предприятиях, что приводит к двойной химической нагрузке: в условиях производства и в быту. На примере горнодобывающей, металлургической, химической промышленности показано, что уровень индивидуального канцерогенного риска (ICR) у работающих выше, чем у населения [3–5]. Несмотря на то, что предприятия по производству летательных аппаратов являются градообразующими на территориях Поволжского, Сибирского федеральных округов, обеспечивают значительную часть рабочих мест и служат гарантом национальной безопасности, внимание к аспектам химического воздействия на работников указанных предприятий почти не уделяется. В пилотных исследованиях [5] было показано, что ICR у работников Иркутского авиазавода при 30-летнем стаже входит в наиболее опасный IV диапазон. Проведенные немногочисленные эпидемиологические исследования на предприятиях авиастроения США и Италии не позволили выявить статистически значимой зависимости заболеваемости злокачественными новообразованиями от уровня канцерогенной экспозиции [6–8].

Таким образом, большое социально-экономическое значение отрасли, недостаточное количество работ по гигиенической оценке потенциального канцерогенного риска, отсутствие однозначной точки зрения, вероятность развития рака у экспонированных работников производства летательных аппаратов определили необходимость исследования.

Был оценен ICR у работников основных профессий производства летательных аппаратов в динамике трудового стажа на примере предприятий Восточной Сибири.

Исследования проведены на примере двух авиастроительных предприятий: Иркутского завода (ИЗ) и Улан-Удэнского завода (УУЗ). Предприятия относятся к числу старейших на территории Сибири, имеют свою специализацию по выпускаемой продукции, что определяет некоторые технологические различия. Основное производство ИЗ включает литейное производство, окрасочные участки, кузнечно-термические участки, электрохимическую обработку металлов, сборочное производство (механообрабатывающие и механосборочные участки), участки деревообработки. В атмосферный воздух города поступает 4370,2 т/год вредных веществ. УУЗ включает следующие производства: литейное, малярное, резино-пластмассовое, слесарно-сварочное, лопастное, агрегатно-сборочное. Валовый выброс примесей в атмосферу составляет 1967,8 т/год. От стационарных источников указанных предприятий в воздушный бассейн попадают химические примеси более 100 наименований, из них 14 относятся к канцерогенным (оксид никеля, свинец и его неорганические соединения, хром VI, сажа, бензол, этиленбензол, этилбензол, 3,4 бензапирен, тетрахлорметан, хлорметилоксиран, 1,2 дихлорэтан).

С помощью данных Росгидромета (2000–2016 гг.), производственного контроля, результаты собственных исследований качественно-количественных характеристик воздуха рабочей зоны и атмосферного воздуха городов, рассчитаны уровни ICR для работников основных профессий. Оценка экспозиции для работников проведена по многолетним среднесменным концентрациям в воздухе рабочей зоны, для населения — по среднегодовым концентрациям в атмосферном воздухе. Доза при оценке риска, не связанного с профессией, рассчитана на период жизни продолжительностью 70 лет. При расчете доз токсического вещества в воздухе рабочей зоны использованы «стандартные» параметры легочной вентиляции для взрослого человека (10 м^3), продолжительность смены (8 часов ра-

бочего), масса тела (70 кг), количество дней в контакте (240). ICR рассчитан исходя из динамики стажа работы в контакте с канцерогенными веществами: 1, 2, 3, 5 и далее с «шагом» в 5 лет до 30 лет. Сравнение вклада отдельных канцерогенов в суммарный уровень ICR проведено с применением критерия χ^2 , различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

В течение многих лет города Иркутск и Улан-Удэ входят в число наиболее загрязненных городов РФ, основными поллютантами в которых являются: бенз(а)пирен, формальдегид, сажа, оксиды азота, оксид углерода, взвешенные вещества и др. Из числа приоритетных веществ, обладающих канцерогенным эффектом, по кратности превышения ПДК¹ атмосферного воздуха максимальную опасность представляют: бенз(а)пирен, среднесуточное содержание которого в 3–4 раза превышало ПДК_с; формальдегид (1,2–2,0 ПДК_с). Содержание никеля, свинца, хрома во много раз ниже гигиенических нормативов в обоих городах (табл. 1). ICR у населения Иркутска составил $3,0\text{E}-04$, для Улан-Удэ — $4,9\text{E}-04$, что является приемлемым только для профессиональных групп. Риски обусловлены содержанием формальдегида, бенз(а)пирена и хрома в атмосферном воздухе. Следует отметить, что различия вклада отдельных канцерогенов в суммарный уровень ICR статистически не значимы ($p = 0,485$).

В большинстве технологических процессов в производстве летательных аппаратов происходит контакт с канцерогенными веществами. Так, в металлургическом производстве при изготовлении литья, термической обработке деталей, пескоструйной обработке, окраске, хромировании, нанесении различных покрытий, изготовлении деталей из реактопластов и резинотехнических изделий используются бериллий, кадмий, никель, хром VI и их соединения, диоксид кремния кристаллический в форме кварца, бензол, эпихлоргидрин, винилхлорид, трихлорэтилен, асбест, акрилонитрил. В механосборочном производстве в процессе газовой резки, ацетиленовой и электрогазосварке металла, шлифовании хромированных поверхностей возможно воздействие хрома VI, никеля. В производстве технологического оснащения происходит газовая резка металла, электросварка и газосварка металла, забивка каркасов пескомассой для изготовления слепков, приготовление эпоксидной смолы, полировка деталей оснастки из металла, в ходе которых вероятен контакт с кремнием диоксидом кристаллическим (в форме кварца), формальдегидом, хромом VI. В агрегатно-сборочном, монтажно-испытательном и заготовительно-штамповочном производствах, цехах ремонта, комплектации и на других участках возможно воздействие триоксида хрома, формальдегида, асбеста.

Многолетние среднесменные концентрации канцерогенных веществ, зарегистрированных на различных рабочих местах, статистически значимо различаются и превышают ПДК². Так, наиболее высокое содержание хрома VI в воздухе рабочей зоны характерно для электросварщиков, плавильщиков, гальваников, маляров, формовщиков ($0,08 \text{ мг/м}^3$), формальдегида — для маляров и вулканизаторщиков ($0,9 \text{ мг/м}^3$), никеля — для шлифовщиков ($0,17 \text{ мг/м}^3$), диоксида кремния в форме кварца — для обрубщиков, чистильщиков ($6,2 \text{ мг/м}^3$).

¹ ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений»

² ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»

Таблица 1

Индивидуальный канцерогенный риск для населения городов Иркутск и Улан-Удэ
Individual carcinogenic risk for population in Irkutsk and Ulan-Ude cities

Город	Химические примеси, канцерогены	Среднемноголетние концентрации, мг/м ³	SFi	ICR	Вклад в суммарный ICR, %
Иркутск	Бенз(а)пирен	0,000003	3,9	1,23E-05	4,1
	Формальдегид	0,012	0,046	1,51E-04	50,3
	Никель	0,00001	0,84	3,37E-06	1,1
	Свинец	0,00001	0,042	1,7E-07	0,06
	Хром	0,00001	42	1,33E-04	44,3
Улан-Удэ	Бенз(а)пирен	0,000004	3,9	5,0E-06	1,0
	Формальдегид	0,01	0,046	2,7E-04	54,7
	Никель	0,000006	0,84	1,44E-06	0,3
	Свинец	0,000023	0,042	2,7E-07	0,05
	Хром	0,000018	42	2,17E-04	44,0

Таблица 2

Индивидуальный канцерогенный риск для работников различных профессий при производстве летательных аппаратов
Individual carcinogenic risk for workers of various occupations in aircrafts construction

Стаж, лет	Предприятие	Плавильщик, формовщик, маляр, гальваник	Вулканизаторщик	Электросварщик	Контролер на стило-скопах, дефектоскопах	Полировщик, шлифовальщик
1	УУЗ	0,0004	0,0001	0,0002	0,0002	0,00041
	ИЗ	0,0008	0,0001	0,0009	0,0009	0,0008
2	УУЗ	0,0008	0,0002	0,0005	0,0005	0,0002
	ИЗ	0,0015*	0,0001	0,0018*	0,0018*	0,0017*
3	УУЗ	0,0012*	0,0002	0,0007	0,0007	0,0003
	ИЗ	0,0047*	0,0001	0,0027*	0,0037*	0,0025*
5	УУЗ	0,0019*	0,0004	0,0011*	0,0011*	0,0005
	ИЗ	0,007*	0,0002	0,0044*	0,0072*	0,0042*
10	УУЗ	0,0039*	0,0008	0,0023*	0,0023*	0,0011*
	ИЗ	0,014*	0,0004	0,0089*	0,0101*	0,0085*
15	УУЗ	0,0058*	0,0011*	0,0039*	0,0034*	0,0016*
	ИЗ	0,02*	0,0006	0,0133*	0,015*	0,0127*
20	УУЗ	0,0078*	0,0015*	0,0046*	0,0045*	0,0021*
	ИЗ	0,0252*	0,0006	0,0133*	0,015*	0,0127*
25	УУЗ	0,0097*	0,0019*	0,0058*	0,0057*	0,0026*
	ИЗ	0,03*	0,0008	0,0177*	0,0202*	0,017*
30	УУЗ	0,0117*	0,0023*	0,0068*	0,0068*	0,0032*
	ИЗ	0,035*	0,0011*	0,0222*	0,0258*	0,0212*

Примечания: УУЗ — Улан-Удэнский авиазавод; ИЗ — Иркутский авиазавод; * — уровни ICR, входящие в четвертый диапазон (индивидуальный риск равный или более 1×10^{-3}).

Notes: UUZ — Aircraft construction plant in Ulan-Ude; IZ — Irkutsk aircraft construction plant; * — ICR levels included into 4th range (individual risk equal or more than 1×10^{-3}).

Уровни ICR для основных профессий канцерогенно опасных цехов на предприятиях представлены в табл. 2.

Расчет ICR в динамике «вредного» стажа показал, что для работников ИЗ риск выше, чем для лиц аналогичных профессий, занятых на УУЗ. К числу наиболее канцероопасных следует отнести профессии контролера на стило-скопах, дефектоскопах, плавильщика, формовщика, маляра, гальваника, электросварщика, у которых уровень ICR достигает неприемлемого в первые годы работы. У вулканизаторщиков величина риска достигает четвертого диапазона после 15 лет стажа.

Для большинства профессий наибольший вклад в индивидуальный канцерогенный риск вносят хром (94–99%) и никель (0,5–4%), но для вулканизаторщиков максимальную

опасность представляет воздействие формальдегида (97%) и, в меньшей степени, хрома — 2,3% (различия статистически значимы, $p=0,01$).

В соответствии с полученными данными, исходя из величин ICR, можно оценить число дополнительных случаев рака. Для жителей городов Иркутска и Улан-Удэ, на территории которых размещены предприятия по производству летательных аппаратов, вследствие загрязнения атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны возможно возникновение 3–5 дополнительных случаев. Число дополнительных случаев злокачественных новообразований на 10 тыс. экспонированных человек для работников авиационного производства с «вредным» стажем 30 лет составило 60–230.

Злокачественные новообразования являются второй по частоте и социальной значимости после сердечно-сосудистых заболеваний причиной смертности населения, формирующей отрицательный демографический баланс. В настоящее время общепризнано, что приоритетное значение в противораковой борьбе имеют вопросы профилактики. Ведущую роль в снижении онкологической заболеваемости играет первичная профилактика, мероприятия которой направлены на предупреждение возникновения злокачественных новообразований путем устранения, ослабления, нейтрализации неблагоприятных факторов среды обитания человека и повышения неспецифической резистентности организма.

Размещение и развитие крупных производственных агломераций на территории Иркутской области со сниженным потенциалом самоочищения и рассеивания примесей в атмосфере привели к опасному загрязнению воздушного бассейна, объективная оценка которого затруднена, так как из общей массы выбросов идентифицировано лишь немногим более 50% примесей. В данном исследовании канцерогенный производственный риск в первую очередь связан с отсутствием контроля содержания многих канцерогенных веществ. Ограниченность программ производственного мониторинга веществ, обладающих blastomogenic эффектом, отмечали в своих работах отечественные [5,9,10] и зарубежные исследователи [8,11,12]. Одним из подходов, позволяющих подтвердить воздействие канцерогенов на организм, является биомониторинг. Причем целесообразно исследовать как маркеры воздействия (например, содержание в биологических матрицах хрома, никеля, свинца [6,12]), так и тесты, отражающие негативные эффекты в организме, в первую очередь, так называемые опухолевые маркеры [4] и сопутствующую (более раннюю) патологию [13]. По мнению экспертов ВОЗ, с воздействием производственных факторов ассоциируется 3 случая смерти от онкологических заболеваний на 100 тыс. населения. Следует отметить, что в структуре профессиональной заболеваемости в Российской Федерации профессиональные новообразования регистрируются крайне редко и составляют 0,32–0,46% в разные годы. Указанное обуславливает необходимость решения вопросов, касающихся разработки и утверждения системы экспертизы связи злокачественных новообразований с профессией на законодательном уровне. Следует согласиться с мнением П.В. Серебрякова, что подходы должны базироваться на результатах, предоставляемых Международным агентством по изучению рака и ретроспективной оценке индивидуального профессионального канцерогенного риска [14].

Выводы:

1. Таким образом, у работников основных профессий предприятия по производству летательных аппаратов показатели канцерогенных рисков в десятки раз выше, чем у населения города. ICR связан с экспозицией хрома, никеля, формальдегида.

2. Несмотря на высокий уровень ICR, производственный контроль не в полной мере предусматривает мониторинг канцерогенов, а информация в существующей системе регистрации злокачественных новообразований не позволяет установить этиологическую роль производственных факторов в возникновении онкопатологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Health Organization. Global Action Plan for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases 2013–2020.

Geneva: World Health Organization; 2013 (Available at <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/en/> 08.04.2018).

2. Писарева Л.Ф., Ананина О.А., Одинцова И.Н., Чимитдоржиева Т.Н. Эпидемиологические аспекты заболеваемости злокачественными новообразованиями населения административных центров Сибирского федерального округа. *Профилактическая медицина*. 2015; 2: 43–48.

3. Серебряков П.В. Использование оценки канцерогенного риска на горнорудных и металлургических предприятиях Запоярья. *Гигиена и сан.* 2012; 5: 95–98.

4. Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Кузьмина Е.А., Злыгостева Н.В., Русских К.Ю., Шарипова Н.П. и др. Оценка профессионального канцерогенного риска для здоровья работников предприятия по получению черновой меди. *Анализ риска здоровью*. 2017; 1: 98–105.

5. Ефимова Н.В., Рукавишников В.С., Панков В.А., Пережогин А.Н., Шаяхметов С.Ф., Мещак Н.М., Лисецкая Л.Г. Оценка канцерогенного риска для работников предприятий Иркутской области. *Гигиена и сан.* 2016; 95 (12): 1163–7.

6. Bernacki E.J., Parsons G.E., Sunderman F.W. Jr. Investigation of exposure to nickel and lung cancer mortality: case control study at aircraft engine factory. *Ann. Clin. Lab. Sci.* 1978; 8 (3): 190–4.

7. Lipworth L., Sunderman J.S., Mumma M.T., Tarone R.E., Marano D.E., Boice J.D. Jr., McLaughlin J.K. Cancer mortality among aircraft manufacturing workers: an extended follow-up. *J. Occup. Environ. Med.* 2011; 53(9): 992–1007. doi: 10.1097/JOM.0b013e31822e0940.

8. Pesatori A.C., Grillo P., Consonni D., Caironi M., Sampietro G., Olivari L., Ghisleni S., Bertazzi P.A. Update of the mortality study of workers exposed to polychlorinated biphenyls (Pcbs) in two Italian capacitor manufacturing plants. *Med. Lav.* 2013; 104 (2): 107–14.

9. Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Кузьмина Е.А., Адриановский В.И., Кочнева Н.И. Системный подход к оценке и управлению канцерогенной опасностью субъектов хозяйственной деятельности на примере свердловской области. *Вестник Уральской медицинской академической науки*. 2015; 2(53): 40–3.

10. Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Власов И.А., Кузьмина Е.А., Липатов Г.Я., Плошко Э.Г., и др. Результаты и методологические аспекты оценки канцерогенной опасности субъектов хозяйственной деятельности на примере Свердловской области. *Здоровье населения и среда обитания*. 2013; 4 (241): 6–8.

11. Bernacki E.J., Parsons G.E., Sunderman F.W. Jr. Investigation of exposure to nickel and lung cancer mortality: case control study at aircraft engine factory. *Ann. Clin. Lab. Sci.* 1978; 8 (3): 190–4.

12. Lipworth L., Sunderman J.S., Mumma M.T., Tarone R.E., Marano D.E., Boice J.D. Jr., McLaughlin J.K. Cancer mortality among aircraft manufacturing workers: an extended follow-up. *J. Occup. Environ. Med.* 2011; 53(9): 992–1007. doi: 10.1097/JOM.0b013e31822e0940.

13. Pesatori A.C., Grillo P., Consonni D., Caironi M., Sampietro G., Olivari L., Ghisleni S., Bertazzi P.A. Update of the mortality study of workers exposed to polychlorinated biphenyls (Pcbs) in two Italian capacitor manufacturing plants. *Med. Lav.* 2013; 104 (2): 107–14.

14. Серебряков П.В. Особенности экспертизы профессионального канцерогенного риска. *Гигиена и сан.* 2015; 94(2): 69–72.

REFERENCES

1. World Health Organization. Global Action Plan for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases 2013–2020.

Geneva: World Health Organization; 2013 (Available at <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/en/> 08.04.2018).

2. Pisareva L.F., Ananina O.A., Odintsova I.N., Chimitdorzhieva T.N. Epidemiologic aspects of malignancies prevalence in population of administrative centers of Siberian Federal District. *Profilakticheskaya meditsina*. 2015; 2: 43–48 (in Russian).

3. Serebriakov P.V. Use of carcinogenic risk evaluation on mining and metallurgic enterprises of Transpolar area. *Gigiena i san.* 2012; 5: 95–98 (in Russian).

4. Adrianovskii V.I., Lipatov G.Ia., Kuzmina E.A., Zlygosteva N.V., Russkikh K.Iu., Sharipova N.P. et al. Evaluation of occupational carcinogenic risk for health of workers engaged into black copper production. *Analiz riska zdoroviu*. 2017; 1: 98–105 (in Russian).

5. Efimova N.V., Rukavishnikov V.S., Pankov V.A., Perezhogin A.N., Shaiakhmetov S.F., Meshchakova N.M., Lisetskaia L.G. Evaluation of carcinogenic risk for industrial workers of Irkutsk region. *Gigiena i san.* 2016; 95 (12): 1163–7 (in Russian).

6. Bernacki E.J., Parsons G.E., Sunderman F.W. Jr. Investigation of exposure to nickel and lung cancer mortality: case control study at aircraft engine factory. *Ann. Clin. Lab. Sci.* 1978; 8 (3): 190–4.

7. Lipworth L., Sonderman J.S., Mumma M.T., Tarone R.E., Marano D.E., Boice J.D. Jr., McLaughlin J.K. Cancer mortality among aircraft manufacturing workers: an extended follow-up. *J. Occup. Environ. Med.* 2011; 53(9): 992–1007. doi: 10.1097/JOM.0b013e31822e0940.

8. Pesatori A.C., Grillo P., Consonni D., Caironi M., Sampietro G., Olivari L., Ghisleni S., Bertazzi P.A. Update of the mortality study of workers exposed to polychlorinated biphenyls (Pcbs) in two Italian capacitor manufacturing plants. *Med. Lav.* 2013; 104 (2): 107–14.

9. Gurvich V.B., Kuzmin S.V., Kuzmina E.A., Adrianovskii V.I., Kochneva N.I. Systemic approach to evaluation and management of carcinogenic jeopardy in economic entities exemplified by Sverdlovsk region. *Vestnik Uralskoi meditsinskoi akademicheskoi nauki*. 2015; 2(53): 40–3 (in Russian).

10. Gurvich V.B., Kuzmin S.V., Vlasov I.A., Kuzmina E.A., Lipatov G.Ia., Ploshko E.G., et al. Results and methodologic aspects of carcinogenic jeopardy evaluation in economic entities exemplified by Sverdlovsk region. *Zdorove naseleniia i sreda obitaniia*. 2013; 4 (241): 6–8 (in Russian).

11. Bernacki E.J., Parsons G.E., Sunderman F.W. Jr. Investigation of exposure to nickel and lung cancer mortality: case control study at aircraft engine factory. *Ann. Clin. Lab. Sci.* 1978; 8 (3): 190–4.

12. Lipworth L., Sonderman J.S., Mumma M.T., Tarone R.E., Marano D.E., Boice J.D. Jr., McLaughlin J.K. Cancer mortality among aircraft manufacturing workers: an extended follow-up. *J. Occup. Environ. Med.* 2011; 53(9): 992–1007. doi: 10.1097/JOM.0b013e31822e0940.

13. Pesatori A.C., Grillo P., Consonni D., Caironi M., Sampietro G., Olivari L., Ghisleni S., Bertazzi P.A. Update of the mortality study of workers exposed to polychlorinated biphenyls (Pcbs) in two Italian capacitor manufacturing plants. *Med. Lav.* 2013; 104 (2): 107–14.

14. Serebriakov P.V. Features of occupational carcinogenic risk examination. *Gigiena i san.* 2015; 94(2): 69–72 (in Russian).

Дата поступления / Received: 04.10.2018

Дата принятия к печати / Accepted: 20.10.2018

Дата публикации / Published: 26.02.2019