

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-2-117-121>

УДК 614.72:616

© Коллектив авторов, 2019

Ефимова Н.В.^{1,2}, Мыльников И.В.¹, Кузьмина М.В.², Лисецкая Л.Г.¹, Лозневая Е.Е.²**Оценка канцерогенного риска для населения экологически неблагоприятных территорий Иркутской области**¹ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 12 А микрорайон, 3, г. Ангарск, Россия, 665827;²ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Иркутской области», ул. Трилисера, 51, Иркутск, Россия, 664047

Иркутская область относится к территориям интенсивного индустриального освоения. Значительная часть населения области продолжительное время подвергается экспозиции химических веществ, загрязняющих объекты окружающей среды. Проведена оценка канцерогенного риска для населения промышленных центров и сельских территорий. Установлено, что наибольшему канцерогенному риску подвержено население урбанизированных территорий. Оценка показателей агрегированного канцерогенного риска на территориях промышленных центров показала, что приоритетным маршрутом воздействия является ингаляционный. В Иркутской области выявлены территории с высоким канцерогенным риском для здоровья населения. Среди перечня химических веществ, поступающих с атмосферным воздухом, выделены приоритетные канцерогены: шестивалентный хром и свинец. Установленный факт свидетельствует о необходимости принятия мер по минимизации рисков. В связи с отсутствием данных по содержанию канцерогенных веществ в питьевой воде ряда сельских районов оказалось необходимым оценить риск для здоровья сельского населения. Путем изучения качества воды, которое не соответствует гигиеническим требованиям, так как основным путем поступления канцерогенов в организм является пероральный.

Ключевые слова: канцерогенный риск; население Иркутской области; урбанизированные территории; канцерогены; тетраэтилсвинец

Для цитирования: Ефимова Н.В., Мыльников И.В., Кузьмина М.В., Лисецкая Л.Г., Лозневая Е.Е. Оценка канцерогенного риска для населения экологически неблагоприятных территорий Иркутской области. *Мед. труда и пром. экол.* 2019. 59 (2): 117–121. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-2-117-121>

Для корреспонденции: Ефимова Наталья Васильевна, вед. науч. сотр. ФГБНУ Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований, д.м.н., проф. E-mail: medecolab@inbox.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Natalia V. Yefimova^{1,2}, Inna V. Myl'nikova¹, Marina V. Kuz'mina², Lyudmila G. Lisetskaya¹, Yevgeniya Ye. Loznevaya²**Carcinogenic risk assessment in population living in the ecologically problematic areas of Irkutsk region**¹East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3, 12 A district, Angarsk, 665827;²Center for Hygiene and Epidemiology in the Irkutsk region, 51, Trilisser str., Irkutsk, 664047

Irkutsk region is among territories of intense industrial development. Considerable part of the regional population is long exposed to chemical pollutants of environmental objects. The authors evaluated carcinogenic risk for the population of industrial centers and rural area. Findings are that maximal carcinogenic risk is carried by the urban population. Aggregated carcinogenic risk parameters evaluation proved inhalation to be a priority route of exposure. Irkutsk region appeared to have territories with high carcinogenic risk for public health. Among a list of chemicals in the ambient air are priority carcinogens: six-valent chromium and lead. The evidences necessitate measures on the risks minimization. Due to absent data on carcinogens content of drinkable water in some rural area, the necessity is to evaluate risk for the rural population by studies of drinkable water quality that does not match hygienic regulations, because oral one is a main route of carcinogens intake.

Key words: carcinogenic risk; Irkutsk region population; urban territories; carcinogens; tetraethyl lead

For citation: Yefimova N.V., Myl'nikova I.V., Kuz'mina M.V., Lisetskaya L.G., Loznevaya Ye.Ye. Carcinogenic risk assessment in population living in the ecologically problematic areas of Irkutsk region. *Med. труда i prom. ekol.* 2019. 59 (2): 117–121. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-2-117-121>

For correspondence: Natalia V. Yefimova, Leading Researcher of East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Dr. Med. Sci., professor. E-mail: medecolab@inbox.ru

Funding: The study had no funding.

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

Иркутская область является крупным регионом с развитой нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей, химической, алюминиевой, лесохимической и другими отраслями

промышленностью. В объекты окружающей среды Иркутской области поступают вещества, характеризующиеся как общетоксическими, так и канцерогенными свойствами.

Влиянию хронической экспозиции загрязняющих веществ подвержено 78,9% населения промышленных центров Иркутской области, из них 23,5% детей и подростков [1]. Представленные данные свидетельствуют о необходимости оценки канцерогенного риска для населения территорий Иркутской области.

Проведена оценка канцерогенного риска для населения промышленных центров и сельских районов Иркутской области с целью выявления зон экологического неблагополучия.

Оценка канцерогенного риска для населения урбанизированных и аграрных территорий Иркутской области проводилась по классической схеме [2,3].

Проведена оценка канцерогенного риска для населения промышленных центров (г. Иркутск, г. Ангарск, г. Братск, г. Шелехов, г. Усолье-Сибирское, г. Черемхово, г. Свирск) и сельских поселений (Иркутский район, Слюдянский район, Ангарский район, Братский район, Шелеховский район, Усольский район, Черемховский район) Иркутской области.

Г. Братск рассмотрен как две территории в связи с тем, что основные стационарные источники загрязняющих выбросов сосредоточены в Центральном округе. В Падунском округе, удаленном более чем на 20 км от основных источников загрязнения, размещены предприятия с меньшей антропогенной нагрузкой на объекты окружающей среды: ТЭЦ-7 ОАО «Иркутскэнерго», авторемонтный и железобетонный заводы и др. [4].

Использовались данные Регионального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга ФБУЗ «ЦГиЭ в Иркутской области», данных ФГБУ «Иркутского УГМС» за 2003–2016 гг. Среди аэротоксикантов, контролируемых на стационарных постах ФГБУ «Иркутского УГМС», канцерогенными свойствами обладают 5 поллютантов (бенз(а)пирен, формальдегид, никель, свинец, хром) в питьевой воде — 5 канцерогенов (мышьяк, свинец, кадмий, дихлордифенил трихлорметилметан, гексахлорциклогексан), в почве — 9 канцерогенов (свинец, кадмий, никель, мышьяк, хром, цинк, медь, ртуть, бериллий).

Для веществ с доказанным канцерогенным эффектом рассчитывались: индивидуальный канцерогенный риск (ICR); суммарный канцерогенный риск (CR_T); агрегированный канцерогенный риск (TCR) в соответствии с методикой расчета, изложенной в Руководстве 2.1.101920–04 [3]. Суммарный канцерогенный риск (CR_T) для канцерогенов, поступающих из почвы, рассчитывали с учетом ингаляционного и перорального путей поступления. Показатель TCR рассчитывали для оценки канцерогенного риска при комплексном поступлении нескольких загрязняющих веществ по всем маршрутам. Для оценки экспозиции применялись факторы наклона концентраций веществ в различных средах.

Для характеристики канцерогенного риска для населения, обусловленного воздействием канцерогенных веществ, использовалась система критериев приемлемости риска [3]. Динамические колебания показателя CR_T для населения оценивались на основе уравнений полиномиальной регрессии второй степени по величине коэффициента аппроксимации (R^2) согласно шкале Чеддока.

Идентификация канцерогенной опасности для населения Иркутской области показала, что основными источниками поступления канцерогенов в объекты окружающей среды являются градообразующие предприятия: в г. Иркутске — автомобильный транспорт, авиационный завод, Ново-Иркутская ТЭЦ ОАО «Иркутскэнерго», автозаправочные станции и комплексы; в г. Ангарске — АО «Ангарская нефтехимическая компания» (АО «АНХК»), предприятия теплоэнергетики (ИТЭЦ-1, ИТЭЦ-9, ИТЭЦ-10), заводы стройиндустрии, предприятие атомной промышленности — АО «АЭХК»; в г. Братске — ОАО «РУСАЛ Братск», Филиал ОАО «Группа Илим» в Братске (2,7 км на юг), ТЭЦ-6 ОАО «Иркутскэнерго» (2 км на юг), Галачинская котельная ОАО «Иркутскэнерго» (1,5 км на северо-восток), деревообрабатывающий комбинат, строительные и автотранспортные предприятия; в г. Шелехове — предприятия цветной металлургии (Объединенной компании РУСАЛ — филиалом «ИрАЗ-СУАЛ», ЗАО «Кремний», ООО «СУАЛ-ПМ»), металлообработки (ОАО «Иркутскабель», ОАО «Шелеховский РМЗ», ОАО «Иркутскагорремонт»), теплоэнергетики, предприятия по производству строительных материалов и др., в г. Усолье-Сибирское — предприятия теплоэнергетики ТЭЦ-11, ООО «Усолье-Сибирский химфармзавод»; в г. Черемхово — предприятия машиностроения и металлообработки, теплоэнергетики; г. Свирске — аккумуляторное производство (ООО «Актех», ООО ПКФ «Репласт»), предприятия теплоэнергетики (котельные).

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в сельских поселениях являются предприятия сельскохозяйственного комплекса, автотранспорт, предприятия теплоэнергетики, промышленные предприятия (в Усольском районе — ЗАО «Новомальтинский завод строительных материалов»).

Оценка TCR выявила наибольшие значения показателя для населения промышленных центров (табл. 1). Высокий (неприемлемый) уровень TCR установлен в промышленных центрах: г. Усолье-Сибирское; г. Братск (Центральный округ); г. Шелехов. Неприемлемый для населения уровень TCR определен для городов: Братск (Падунский округ), Иркутск, Ангарск, Свирск. ПДУ TCR установлен для населения г. Черемхово.

На территориях сельских районов величина TCR достигала целевого уровня. За исключением Слюдянского района — канцерогенный риск для населения указанной территории соответствует второму диапазону риска — предельно допустимому риску, что обусловлено ингаляционным поступлением из почвы мышьяка, никеля, свинца. Следует отметить, что в тех районах, где ведется контроль содержания канцерогенных веществ в питьевой воде, именно качество воды определяет уровень канцерогенного риска.

Техногенный профиль г. Усолье-Сибирское формируется за счет деятельности предприятий теплоэнергетики, химической промышленности, автотранспорта. В г. Усолье-Сибирское величина TCR обусловлена вдыханием атмосферного воздуха (на 92,7%), употреблением питьевой воды (на 7,2%), ингаляционным и пероральным поступлением канцерогенов из почвы (на 0,1%). Приоритетным канцерогеном является свинец. Установлено, что CR_T для населения при многосредовом поступлении свинца обусловлен загрязнением атмосферного воздуха и оценивается как приемлемый для профессиональных групп и неприемлемый для населения в целом (табл. 2).

Второе место по величине TCR для населения среди территорий Иркутской области занимает Центральный округ г. Братска, являющийся местом размещения предприятий по производству алюминия, целлюлозной и деревообрабатывающей, топливно-энергетической, строительной промышленности и др. В Центральном округе

Таблица 1

Канцерогенный риск для населения урбанизированных территорий и сельских районов Иркутской области
Carcinogenic risk for urban population and rural population of Irkutsk region

Территория	Атмосферный воздух		Питьевая вода		Почва		Агрегированный канцерогенный риск (TCR)
	CR _T	% от TCR	CR _T	% от TCR	CR _T	% от TCR	
Урбанизированные территории							
г. Иркутск	7,1×10 ⁻⁴	97,4	1,7×10 ⁻⁵	2,4	1×10 ⁻⁶	0,2	7,3×10 ⁻⁴
г. Шелехов	9,7×10 ⁻⁴	81,0	2,3×10 ⁻⁴	18,9	7,8×10 ⁻⁷	0,1	1,2×10 ^{-3**}
г. Ангарск	6,5×10 ⁻⁴	99,5	2×10 ⁻⁶	0,3	8,0×10 ⁻⁷	0,2	6,5×10 ⁻⁴
г. Усолье-Сибирское	1,4×10 ⁻³	92,7	1,0×10 ⁻⁴	7,2	7,8×10 ⁻⁷	0,1	1,5×10 ^{-3**}
г. Черемхово	1,2×10 ⁻⁵	11,3	9,3×10 ⁻⁵	88,6	3,6×10 ⁻⁷	0,1	1×10 ⁻⁴
г. Свирск	5×10 ⁻⁴	84,4	9,3×10 ⁻⁵	15,5	3,6×10 ⁻⁷	0,1	5,9×10 ⁻⁴
г. Братск, Центральный округ	1×10 ⁻³	82,5	2,2×10 ⁻⁴	17,4	2,6×10 ⁻⁸	0,1	1,3×10 ^{-3**}
г. Братск, Падунский округ	5,2×10 ⁻⁴	70,1	2,2×10 ⁻⁴	29,8	3,2×10 ⁻⁹	0,1	7,4×10 ⁻⁴
Сельские районы*							
Иркутский	–	–	1,4×10 ⁻⁶	–	5,1×10 ⁻⁹	100,0	1,4×10 ⁻⁶
Слюдянский	–	–	–	–	2,1×10 ⁻⁵	100,0	2,1×10 ⁻⁵
Шелеховский	–	–	–	–	6,2×10 ⁻⁹	100,0	6,2×10 ⁻⁹
Ангарский	–	–	1,7×10 ⁻⁵	–	5,4×10 ⁻⁹	100,0	1,7×10 ⁻⁵
Усольский	–	–	1,5×10 ⁻⁵	–	6,1×10 ⁻⁹	100,0	1,5×10 ⁻⁵
Черемховский	–	–	–	–	8×10 ⁻⁷	100,0	8×10 ⁻⁷
Братский	–	–	1,2×10 ⁻⁵	–	5,6×10 ⁻⁹	100,0	1,2×10 ⁻⁵

Примечания: прочерк — нет данных; * — величины риска, превышающие целевой уровень по точкам контроля; ** — территории с максимальным уровнем величины TCR.

Notes: dash - no data, * — risk values exceeding the target level for control points, ** — territories with the maximum level of TCR.

г. Братска TCR для населения определяется вдыханием атмосферного воздуха — на 82,5%, употреблением питьевой воды — на 17,4%, ингаляционным и пероральным поступлением канцерогенов из почвы — на 0,1%. Максимальный CR_T в Центральном округе г. Братска установлен для хрома VI+.

Неблагоприятная экологическая ситуация отмечена также в г. Шелехове. Здесь сосредоточены алюминиевый и кабельный заводы, ТЭЦ. В г. Шелехове TCR для населения определяется вдыханием атмосферного воздуха (на 81%), употреблением питьевой воды (на 18,9%), ингаляционным и пероральным поступлением канцерогенов из почвы (на 0,1%). Приоритетным канцерогеном является также хром VI+.

Основной вклад в значения агрегированного риска в промышленных центрах Иркутской области вносит величина суммарного канцерогенного риска CR_T при поступлении загрязняющих веществ с атмосферным воздухом.

Так как ингаляционный путь поступления канцерогенов является основным, результаты оценки риска, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха и динамические колебания показателя CR_T представлены следующим уравнением:

$$y = 2E-05x^2 - 0,0004x + 0,002 \quad (1)$$

Оценка по величине коэффициента аппроксимации (R²=0,82) свидетельствует о том, что уравнение отражает изменения показателя CR_T с высокой долей вероятности. Динамика CR_T для населения Центрального округа г. Братска в исследуемый период характеризуется уравнением:

$$y = 3E-05x^2 - 0,0004x + 0,0026; R^2 = 0,57 \quad (2)$$

Изменения показателя CR_T для населения г. Шелехова в исследуемый период описываются как:

$$y = -6E-06x^2 + 0,0001x + 0,0003; R^2 = 0,43, \quad (3)$$

т. е. уравнение описывает динамику недостаточно хорошо. Анализ программы контроля загрязнения атмосферного воздуха показал, что в изучаемые годы программа контроля изменялась, что внесло значительные неопределенности в оценку. Заслуживает внимания тот факт, что согласно значению канцерогенного риска при ингаляционном поступлении токсических веществ первое место среди территорий Иркутской области занимает Центральный округ г. Братска, второе — г. Усолье-Сибирское, третье — г. Шелехов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее высокие уровни канцерогенного риска характерны для жителей промышленных центров, размещающих в непосредственной близости к жилым зонам предприятия по производству алюминия, химической промышленности, крупных ТЭЦ. Уровни риска в Братске, Усолье-Сибирском, Шелехове входят в четвертый диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни, равный или более 1×10⁻³), что является неприемлемым для всех групп населения. Следует отметить, что при проведении работ в различных регионах РФ, в том числе СФО, УФО, выявлено, что канцерогенные риски для населения находятся в большинстве случаев в третьем диапазоне. Так, оценки ингаляционных канцерогенных рисков от вредных химических связаны с загрязнением атмосферного воздуха формальдегидом, хромом, бенз(а)пиреном, бензолом [5–7].

Наиболее значимые для населения промышленных центров Иркутской области канцерогены считаются приоритетными токсикантами. Отмечено, что CR_T для населения при многосредовом поступлении связан с загрязнением атмосферного воздуха шестивалентным хромом. Эксперты МАИР относят хром и его соединения к I группе канцерогенного

Таблица 2

Характеристика канцерогенного риска для населения промышленных центров при многосредовом поступлении канцерогенов**Characteristics of carcinogenic risk for industrial area dwellers if multi-source intake of carcinogens**

Канцероген	Атмосферный воздух ICR	Питьевая вода ICR _{гр}	Почва TCR	Суммарный канцерогенный риск CR _г
г. Усолье-Сибирское				
Никель	2×10^{-4}	—	$3,8 \times 10^{-7}$	2×10^{-4}
Свинец	$7,1 \times 10^{-4*}$	$4,7 \times 10^{-5}$	$1,5 \times 10^{-8}$	$7,5 \times 10^{-4*}$
Хром VI+	$2,4 \times 10^{-7}$	—	$3,8 \times 10^{-7}$	$6,2 \times 10^{-7}$
Бенз(а)пирен	$1,1 \times 10^{-5}$	—	—	$1,1 \times 10^{-5}$
Мышьяк	—	6×10^{-5}	$5,3 \times 10^{-10}$	6×10^{-5}
Кадмий	—	—	$3,8 \times 10^{-10}$	$3,8 \times 10^{-10}$
г. Братск, Центральный округ				
Никель	$1,1 \times 10^{-5}$	—	—	$1,1 \times 10^{-5}$
Свинец	$3,9 \times 10^{-7}$	$1,3 \times 10^{-6}$	$2,6 \times 10^{-8}$	$1,7 \times 10^{-6}$
Хром VI+	$6,3 \times 10^{-4*}$	—	—	$6,3 \times 10^{-4*}$
Бенз(а)пирен	$2,4 \times 10^{-5}$	—	—	$2,4 \times 10^{-5}$
Мышьяк	—	$2,2 \times 10^{-4}$	—	$2,2 \times 10^{-4}$
Формальдегид	$3,7 \times 10^{-4}$	—	—	$3,7 \times 10^{-4}$
Бериллий	—	—	$7,2 \times 10^{-12}$	$7,2 \times 10^{-12}$
г. Шелехов				
Никель	$1,2 \times 10^{-5}$	—	$3,2 \times 10^{-7}$	$1,2 \times 10^{-5}$
Свинец	$7,3 \times 10^{-7}$	$1,2 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-8}$	$1,3 \times 10^{-5}$
Хром VI+	$5,2 \times 10^{-4}$	—	$4,6 \times 10^{-7}$	$5,2 \times 10^{-4*}$
Бенз(а)пирен	$1,4 \times 10^{-5}$	—	—	$1,4 \times 10^{-5}$
Мышьяк	—	$2,1 \times 10^{-4}$	$5,2 \times 10^{-10}$	$2,1 \times 10^{-4}$
Кадмий	—	$2,2 \times 10^{-7}$	$3,8 \times 10^{-10}$	$2,2 \times 10^{-7}$
Формальдегид	$4,2 \times 10^{-4}$	—	—	$4,2 \times 10^{-4}$

Примечание: * — территории с максимальным уровнем величины TCR.

Note: * — territories with maximal levels of TCR.

риска для человека, этот металл приводит к развитию рака легких, злокачественных новообразований в желудочно-кишечном тракте, возникновению дерматитов, поражению дыхательной и центральной нервной систем [8–10].

Свинец является представителем тяжелых металлов, наиболее распространенным в окружающей среде. Основным источником поступления свинца в организм считаются выбросы в атмосферу автотранспорта и промышленных предприятий, попадающие в организм как прямым путем — в виде пыли или аэрозолей, так и опосредованно — через употребление в пищу растений [11–13].

Как показали настоящие исследования и проведенные ранее, в отдельных сельских пунктах канцерогенный риск, связанный с водой, может представлять некоторую опасность и достигать уровня третьего диапазона [14].

Выводы:

1. Канцерогенный риск для населения промышленных центров значительно выше, чем для жителей сельских районов Иркутской области. На территориях экологического неблагополучия (гг. Братск, Усолье-Сибирское, Шелехов), где в течение долгих лет функционируют источники эмиссии химических примесей, в том числе обладающих канцерогенным эффектом, уровни риска попадают в четвертый (неприемлемый) диапазон, что требует срочного принятия мер по минимизации рисков.

2. Для населения сельских районов, качество воды в которых не соответствует гигиеническим требованиям, основ-

ным путем поступления канцерогенов в организм является пероральный.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ефимова Н.В., Рукавишников В.С., Кауров П.К. и др. Факторы окружающей среды: опыт комплексной оценки. Иркутск: НЦ РВХ СО РАМН; 2010.
- Онищенко, Г.Г. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин и др. Под ред. Ю.А. Рахманина, Г.Г. Онищенко. М.: НИИ ЭЧ и ГОС; 2002.
- Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Р 2.1.101920–04). М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России; 2009.
- Юшков Н.Н., Ерофеева М.Р., Синегибская А.Д. Влияние объектов экономики, функционирующих на территории г. Братска, на состояние компонентов окружающей среды. Системы. Методы. Технологии. 2015; 3 (27): 128–38.
- Агеева Н.В., Каткова М.Н., Иваницкая М.В. Оценка ингаляционного канцерогенного риска для населения загрязненных районов Челябинской области. Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). 2013; 1(22): 26–35.

6. Унгуряну Т.Н. Многосредовой канцерогенный риск для здоровья населения промышленного города. *Гигиена и сан.* 2011; 6: 77–80.

7. Горяев Д.В., Тихонова И.В., Федореев Р.В., Новикова И.И., Ерофеев Ю.В. Факторы риска в развитии онкологической заболеваемости населения Красноярского края. *Вестник уральской медицинской академической науки.* 2015; 2: 29–31.

8. Bocşan I.S., Brumboiu I., Călinici T., Vlad M., Roman C., Brie I., Ponta M.L. G.I.S. Surveillance of Chronic Non-occupational Exposure to Heavy Metals as Oncogenic Risk. *AIMS Public Health.* 2016; 3 (1): 54–64. DOI: 10.3934/publichealth.2016.1.54.

9. Реуткина С.В. Роль хрома в организме человека. *Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.* 2009; 4. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-hroma-v-organizme-cheloveka>.

10. Calderon-Garciduenas L., Serrano-Sierra A., Torres-Jardon R. et al. The impact of environmental metals in young urbanites' brains. *Experimental and toxicologic pathology.* 2013; 5(65): 503–11.

11. Рахманин Ю.А., Русаков Н.В., Самутин Н.М. Отходы как интегральный эколого-гигиенический критерий комплексного воздействия на окружающую среду и здоровье населения. *Гигиена и сан.* 2015; 6: 5–10.

12. Jarup L. Hazards of heavy metal contamination British medical bulletin. 2003; 68: 167–82. DOI: 10.1093/bmb/ldg032.

13. Haefliger P., Mathieu-Nolf M., Locicero St. et al. Mass Lead Intoxication from Informal Used Lead-Acid Battery Recycling in Dakar, Senegal. *Environmental health perspectives.* 2009; 10 (117): 1535–40.

14. Безгоднов И.В., Ефимова Н.В., Кузьмина М.В. Качество питьевой воды и риск для здоровья населения сельских территорий Иркутской области. *Гигиена и сан.* 2015; 2: 15–9.

REFERENCES

1. Yefimova N.V., Rukavishnikov V.S., Kaurov P.K. et al. Environmental factors: the experience of integrated assessment. Irkutsk: NTS RVKH SO RAMN; 2010 (in Russian).

2. Onishchenko G.G. A framework for public health risk assessment in exposure to chemicals being the environmental pollutants. Onishchenko G.G., Novikov S.M., Rakhmanin Yu.A. et al. Edited by Rakhmanin Yu.A., Onishchenko G.G. M.: NII EHCH i GOS; 2002 (in Russian).

3. The Guidelines for public health risk assessment in exposure to chemicals being the environmental pollutants. M.: Federal'nyj tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii; 2004 (in Russian).

4. Yushkov N.N., Yerofeyeva M.R., Sinegibskaya A.D. The impact of the Bratsk economical enterprises on the components of environment. *Sistemy. Metody. Tekhnologii.* 2015; 3 (27): 128–38 (in Russian).

5. Ageyeva N.V., Katkova M.N., Ivanitskaya M.V. An inhalation carcinogenic risk assessment in population of the contaminated areas of the Chelyabinsk region. *Radiatsiya i risk. Byulleten' Natsional'nogo radiatsionno-epidemiologicheskogo registra.* 2013; 1(22): 26–35 (in Russian).

6. Unguryanu T.N. A multicompartamental carcinogenic risk for the public health in an industrial city. *Gigiena i san.* 2011; 6: 77–80 (in Russian).

7. Goryayev D.V., Tikhonova I.V., Fedoreyev R.V., Novikova I.I., Yerofeyev Yu.V. Risk factors for cancer incidence in population of the Krasnoyarsk region. *Vestnik ural'skoj meditsinskoj akademicheskoy nauki.* 2015; 2: 29–31 (in Russian).

8. Bocşan I.S., Brumboiu I., Călinici T., Vlad M., Roman C., Brie I., Ponta M.L. G.I.S. Surveillance of Chronic Non-occupational Exposure to Heavy Metals as Oncogenic Risk. *AIMS Public Health.* 2016; 3 (1): 54–64. DOI: 10.3934/publichealth.2016.1.54.

9. Reutina S.V. The role of chromium in human body. *Vestnik RUDN. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti.* 2009; 4. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-hroma-v-organizme-cheloveka> (in Russian).

10. Calderon-Garciduenas L., Serrano-Sierra A., Torres-Jardon R. et al. The impact of environmental metals in young urbanites' brains. *Experimental and toxicologic pathology.* 2013; 5(65): 503–11.

11. Rakhmanin Yu.A., Rusakov N.V., Samutin N.M. Waste products as an integral ecological and hygienic criterion of a complex influence on the environment and public health. *Gigiyena i san.* 2015; 6: 5–10 (in Russian).

12. Jarup L. Hazards of heavy metal contamination British medical bulletin. 2003; 68: 167–82. DOI: 10.1093/bmb/ldg032.

13. Haefliger P., Mathieu-Nolf M., Locicero St. et al. Mass Lead Intoxication from Informal Used Lead-Acid Battery Recycling in Dakar, Senegal. *Environmental health perspectives.* 2009; 10 (117): 1535–40.

14. Bezgodov I.V., Yefimova N.V., Kuz'mina M.V. The quality of drinking water and the health risk for the rural population in the Irkutsk region. *Gigiyena i san.* 2015; 2: 15–9 (in Russian).

Дата поступления / Received: 04.10.2018

Дата принятия к печати / Accepted: 20.10.2019

Дата публикации / Published: 26.02.2019