

УДК 614.7:616.24

К.П. Лужецкий^{1,2}, С.В. Клейн^{1,2}, С.А. Вековшина¹, М.Ю. Цинкер¹**ФАКТОРЫ РИСКА НАРУШЕНИЙ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА У НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В УСЛОВИЯХ МНОГОСРЕДОВОЙ ЭКСПОЗИЦИИ КАДМИЕМ И МЫШЬЯКОМ**¹ ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», д. 82, ул. Монастырская, Пермь, Россия, 614045² ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», д. 15, ул. Букирева, Пермь, Россия, 614990

Проведена оценка негативного воздействия соединений кадмия и мышьяка на здоровье населения, проживающего в непосредственной близости от мест складирования отходов добычи и переработки горно-обогатительного производства. Выполнен гигиенический анализ качества атмосферного воздуха, питьевой воды и пищевой продукции, а также оценка факторов риска формирования нарушений липидного обмена. Осуществлено клинико-лабораторное обследование 137 детей и 99 взрослых, находящихся в условиях хронического многосредового (атмосферный воздух, вода, продукты питания) воздействия металлов (кадмий и мышьяк, НН 1,21–1,29), установлены заболевания эндокринной системы, в т.ч. нарушения липидного обмена (избыточное питание и ожирение, E67.8–66.0) у взрослых в 1,4 раза, у детей — в 1,7–2,2 раза чаще, чем в группе сравнения. Выявлена прямая вероятностная статистически достоверная причинно-следственная связь развития нарушений липидного обмена с повышением уровня кадмия и мышьяка в крови ($R^2=0,36-0,95$; $71,07 \leq F \leq 2597,94$; $p < 0,001$). В условиях многосредовой экспозиции кадмием и мышьяком приведенный индекс риска нарушений липидного обмена у взрослого населения превышает верхнюю границу малого уровня риска (0,05) в возрасте 33 лет, высокого риска (0,35) — в 58 лет и очень высокого (0,6) — в 63 года.

Ключевые слова: кадмий, мышьяк, многосредовое воздействие металлов, нарушения липидного обмена, приведенный индекс риска.

K.P. Luzhetskii^{1,2}, S.V. Kleyn^{1,2}, S.A. Vekovshina¹, M. Yu. Tsinker¹. **Risk factors of lipid metabolism disorders in residents of multi-environmental exposure to cadmium and arsenic**

¹FBSI «Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies», 82, Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045²FSBEI HPE «Perm State National Research University», 15, Bukireva str., Perm, Russia, 614990

The authors evaluated negative effects of cadmium and arsenic compounds on health of population residing near storage of extraction and processing waste of ore mining and processing enterprise. Hygienic analysis covered quality of ambient air, drinkable water and foods, evaluation of risk factors of lipid metabolism disorders. Clinical and laboratory examination involved 137 children and 99 adults in chronic multi-environmental (ambient air, water, foods) exposure to metals (cadmium and arsenic, HI 1.21–1.29), diagnosed endocrine diseases including lipid metabolism disorders (excessive nutrition and obesity, E67.8–66.0) in adults 1.4 times more, and in children in 1.7–2.2 times more than in the reference group. Direct probable statistically significant cause-effect relationship was established between lipid metabolism disorders and serum levels of cadmium and arsenic ($R^2 = 0,36-0,95$; $71,07 \leq F \leq 2597,94$; $p < 0,001$). In multi-environmental exposure to cadmium and arsenic, reduced index of lipid metabolic disorders risk in adult population exceeds upper limit of low risk level (0,05) at 33 years of age, of high risk level (0,35) — at 58 years of age and very high (0,6) — at 63 years of age.

Key words: cadmium, arsenic, multi-environmental exposure to metals, lipid metabolism disorders, reduced index of risk.

Оценка состояния здоровья населения и факторов среды обитания, оказывающих на него влияние, приобретает в последнее время большое значение [2,4–6,9,10]. Среди химических соединений, способных вызывать формирование эндокринной патологии и нарушение гормоногенеза, большого внимания заслуживают металлы — кадмий и мышьяк [1,7,11,14].

Особенно остро проблема нарушения здоровья граждан выступает на селитебных территориях, рас-

положенных в непосредственной близости с местами разработки и складирования сырья и промышленных отходов, в т.ч. горно-добывающих и горно-обогатительных предприятий [11]. Под воздействием атмосферной влаги образуются подвижные формы металлов, в том числе кадмия и мышьяка, которые поступают в почвы, поверхностные и подземные воды, воздух, растительность окружающих территорий [1,3,11].

По данным отечественных и международных исследований загрязнение питьевой воды мышьяком

оказывает негативное влияние на здоровье населения, прежде всего детского, способствует формированию нарушений липидного и углеводного обмена, развитию ожирения и преждевременному старению. Поступление в организм мышьяка способствует образованию активных форм кислорода и азота, которые в свою очередь вызывают неспецифические нарушения, такие как окислительное повреждение ДНК и запуск программируемой клеточной гибели (апоптоз). Связанная с этим активация перекисного окисления липидов, может лежать в основе нарушений работы эндокринной системы [6,12–16]. Кадмий обладает способностью влиять на углеводный метаболизм и синтез гиппуровой кислоты в печени, снижая активность ряда ферментных систем, нарушая обмен цинка, меди, железа и кальция [17,18].

Вместе с тем, особенности формирования нарушений эндокринной системы у детского и взрослого населения, находящегося под комплексным многосредовым воздействием кадмия и мышьяка, изучены недостаточно.

Цель исследования: провести оценку негативного воздействия соединений кадмия и мышьяка и выполнить гигиенический анализ риска нарушений липидного обмена у населения, проживающего в условиях многосредовой экспозиции металлов.

Материалы и методы. Для решения поставленной цели исследована селитебная территория, расположенная в непосредственной близости от мест складирования отходов горно-обогатительного производства, в состав которых входят кадмий и мышьяк. Питьевое водоснабжение населения осуществлялось как из централизованных систем питьевого водоснабжения, так и из нецентрализованных источников, в т.ч. подземных и поверхностных. Рацион питания населения группы наблюдения составляли плодоовощная продукция, выращенная на собственных дачных участках, мясная и молочная продукция местного производства, привозные продукты. Доля продуктов местного производства составляла в рационе питания группы наблюдения до 70–90%. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха, питьевой воды и пищевой продукции, а также оценка риска здоровью населения проведены с использованием данных социально-гигиенического мониторинга за период 2009–2015 гг. Натурные наблюдения за качеством среды обитания выполнены специалистами ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Бурятия», ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» и ФГБУН «Институт физического материалоустройства Сибирского отделения РАН».

Гигиеническая оценка выполнена с учетом требований действующих нормативно-методических документов: ГН 2.2.5.1315–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования», СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснаб-

жения (ЦХПВ). Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения», ГН 2.1.6.1338–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», ГН 2.1.6.2309–07 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Оценка риска здоровью населения, проживающего в условиях комплексного многосредового воздействия кадмия и мышьяка, была выполнена в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920–04).

Для оценки возможных негативных эффектов обусловленных воздействием химических факторов среды обитания (кадмий и мышьяк) выполнено сопоставительное клинико-лабораторное обследование взрослого и детского населения, проживающего на территориях исследования и сравнения.

Группу наблюдения составили 137 детей в возрасте от 5 до 15 лет ($8,1 \pm 2,14$ лет, мальчики — 52,3%, девочки — 47,4%) и 99 взрослых ($41,7 \pm 12,5$ лет, мужчины составляли 25,3%, женщины — 74,7%), проживающих в условиях ингаляционного воздействия мышьяка и кадмия, потребляющих питьевую воду и пищевую продукцию местного производства, содержащую мышьяк и кадмий. В группу сравнения был включен 31 ребенок ($7,9 \pm 2,03$ лет) и 29 человек взрослого населения ($41,5 \pm 11,8$ лет), проживающих в условиях соответствия качества атмосферного воздуха, питьевой воды и пищевой продукции местного производства, гигиеническим нормативам. Обе группы были сопоставимы по возрасту, гендерному и этническому составу, социально-экономическому уровню семьи. Состав, калорийность и рацион питания обследованных детей соответствовали возрастным нормативам и не имели статистически значимых отличий ($p \geq 0,05$). Территории исследования по йодному обеспечению не различались и относились к районам легкого йодного дефицита. Из исследования были исключены дети, родители которых страдали наркоманией или алкоголизмом, дети из асоциальных семей, дети с наследственными заболеваниями, в т.ч. эндокринными, дети с органической патологией нервной системы, в т.ч. перинатальной, а также имеющие IV-V группы здоровья по соматической патологии ($p \geq 0,05$).

Медико-биологические исследования включали: 1) изучение данных медико-социального анкетирования; 2) анализ амбулаторных карт развития (форма № 112/у, № 025/у–04) и результатов осмотра врачами-специалистами (педиатр, терапевт, эндокринолог); 3) углубленное клиническое обследование детского и взрослого населения с оценкой физического развития (рост, вес, индекс массы тела); 4) химико-аналитическое обследование детского и взрослого населения.

Математическое моделирование с расчетом приведенного индекса риска, позволяющее выполнять оценку накопления повреждающего воздействия факторов среды обитания на критические органы и системы организма, выполнено по результатам клинического обследования 236 человек (99 взрослых и 137 детей), проживающих на территориях исследования, в соответствии с МР 2.1.10.0062–12 «Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей». Вероятность формирования нарушений липидного обмена при воздействии химических факторов среды обитания (кадмий, мышьяк) с учетом нарастания общего риска здоровью по мере увеличения продолжительности экспозиции оценивали по приведенному индексу риска [8].

Анализ полученной информации осуществляли статистическими методами с использованием программного пакета для статистического анализа Statistica 6.0 и с помощью специально разработанных программных продуктов, сопряженных с приложениями Microsoft Office. Сравнение групп по количественным признакам проводили с использованием критерия Стьюдента; оценку зависимостей между признаками — методом корреляционно-регрессионного анализа для количественных переменных; проверку адекватности моделей осуществляли с использованием критерия Фишера.

Результаты и их обсуждение. Результаты гигиенической оценки качества атмосферного воздуха исследуемой территории позволили сделать вывод о соответствии всех отобранных проб на содержание кадмия гигиеническим нормативам. Концентрация кадмия в воздухе составила до 0,1 ПДКс.с. (до 0,00003 мг/м³). Качество питьевой воды системы ЦХПВ, общественных и частных колодцев, автономной системы водоснабжения и нецентрализованных скважин исследуемой территории также соответствовало гигиеническим нормативам по содержанию кадмия и мышьяка. Концентрации кадмия в питьевой воде были на уровне не менее 0,001 мг/л ($C_{Cd} \leq 1$ ПДК), мышьяка — на уровне 0,005 мг/л ($C_{As} \leq 0,5$ ПДК). Результаты лабораторных исследований качества плодоовощной (картофель, морковь, свекла), мясной и молочной продукции, произведенной на исследуемой территории, показали, что оно соответствует гигиеническим нормативам. Максимальные концентрации кадмия на уровне 1 ПДК (0,03 мг/кг) были зафиксированы в моркови и картофеле, мышьяка — 0,25 ПДК (0,05 мг/кг) также в плодоовощной продукции. Концентрации кадмия в молоке составили 0,33 ПДК (0,01 мг/кг), в мясе — 0,20 ПДК (0,01 мг/кг).

Оценка риска здоровью населения, проживающего в условиях комплексного многосредового воздействия металлов, показала, что значения коэффициентов опасности, формируемых кадмием и мышьяком для условий хронического ингаляционного воздействия, не превышают допустимого уровня (НҚ=1,0). Однако при хроническом комплексном воздействии кадмия и мышьяка с атмосферным воздухом установлено превышение до-

пустимого значения индекса опасности в отношении эндокринной системы до 1,21НІ (вклад кадмия — до 54,87%). При пероральном поступлении кадмия и мышьяка с питьевой водой для детского населения формируется неприемлемый неканцерогенный риск развития патологии эндокринной системы (НІ=1,29). Основной вклад при пероральном поступлении кадмия в неприемлемые уровни риска в отношении эндокринной системы у детей вносит мышьяк (до 92,0%, 1,07НҚ). В отношении детского населения, потребляющего пищу, содержащую кадмий и мышьяк, выращенную на исследуемой территории, выявлены превышения допустимого значения показателей риска для эндокринной системы до 1,28 НІ. Основной вклад в неприемлемые уровни риска для эндокринной системы связан с содержанием в пище кадмия (до 62,38%, 0,94НҚ).

При многосредовом поступлении кадмия и мышьяка для эндокринной системы детского населения, проживающего на территории исследования, могут формироваться неприемлемые уровни хронического неканцерогенного риска здоровью — НІ 1,21–1,29.

Клиническое обследование взрослого населения показало, что у каждого третьего диагностированы болезни эндокринной системы, расстройства питания и метаболические нарушения, которые в структуре заболеваемости составляли 33,2% (в группе сравнения — 32,8%; $p=0,95$), однако случаи сахарного диабета 2 типа были выявлены только в группе наблюдения (9,1% и 0,0% соответственно; $p=0,04$). Частота регистрации случаев абдоминального ожирения в 1,4 раза превышала показатель группы сравнения (39,4% и 27,9%; $p=0,05$).

В общей структуре выявленных заболеваний патология эндокринной системы у детского населения в группе наблюдения занимала 3 ранговое место и диагностировалась в 2,2 раза чаще, чем в группе сравнения (23,8% и 10,7%, $p=0,11$). В качестве основных нозологических форм в группе наблюдения преобладали: избыточное питание — 10,7% и ожирение — 5,3%, что в 2,4 раз чаще, чем в группе сравнения (4,3% и 2,2% соответственно, $p=0,021-0,14$). Соотношения нарушения углеводного и липидного обмена (МКБ: E67.8–66.0) в 2,7 раза превышали показатели группы сравнения (OR=2,74; DI=1,05–7,14; $p < 0,05$).

Эти тенденции подтверждены результатами оценки физического развития детей. В группе наблюдения выявлен опережающий тип развития, который проявлялся: высоким ростом у 17,7% и избытком массы тела I-II ст. у 26% детей, что в 1,7–2,6 раза чаще, чем в группе сравнения (10% и 0,0% соответственно, $p = 0,002-0,05$).

По результатам химико-аналитического исследования концентрация кадмия и мышьяка в крови взрослого населения группы наблюдения достигала 0,00066 ± 0,00013 мкг/см³ и 0,0007 ± 0,0001 мкг/см³, что в 1,3–1,5 раза выше, чем в группе сравнения (0,00045 ± 0,00026 мкг/см³ и 0,00055 ± 0,0002 мкг/см³ соответственно) ($p=0,05-0,26$). Содержание кадмия и мышьяка в крови у детей группы наблюдения составляло 0,00034 ± 0,0001 мкг/см³ и 0,0007 ± 0,0001 мкг/см³, что в 1,4–2,0 раза выше, чем

Параметры моделей в системе «маркер экспозиции — нарушение со стороны критических органов и систем» для детского населения при многосредовом поступлении химических веществ

Маркер экспозиции	Нарушение со стороны критических органов и систем	Параметры модели				P
		b0	b1	F	R2	
Кадмий	Болезни эндокринной системы	-2,44	1032,38	71,07	0,36	0,01
	Другие формы избыточности питания, E67.8	-4,69	7117,40	263,35	0,71	0,01
	Ожирение, E66.0	-3,73	3275,67	180,68	0,63	0,01
Мышьяк	Болезни эндокринной системы	-2,87	1263,19	116,95	0,51	0,01
	Другие формы избыточности питания, E67.8	-3,68	1592,49	748,84	0,93	0,01
	Ожирение, E66.0	-3,73	1918,85	1337,75	0,95	0,01

у детей группы сравнения ($0,00017 \pm 0,00013$ мкг/см³ и $0,0005 \pm 0,0001$ мкг/см³) ($p=0,02-0,05$).

Результаты расчета отношения шансов показали, что в условиях комплексной многосредовой экспозиции металлов вероятность повышенного содержания кадмия в крови детского и взрослого населения, в 1,6–3,8 раза выше, чем на территории сравнения (OR 1,6–3,8, значения ДИ >1, ширина ДИ 2,80–11,03, в частности ДИ для всего населения 1,2–3,9).

Моделирование связей в системе «экспозиция — маркер экспозиции» («доза химического вещества из внешней среды — концентрация химического вещества в крови») выявило наличие достоверной прямой зависимости содержания кадмия в объектах среды обитания с концентрацией кадмия в крови детей как при изолированном, так и при многосредовом (комплексном) поступлении ($R^2=0,14$, $F=26,4$; $p=0,019$).

У детей и взрослых, проживающих в условиях хронического комплексного многосредового воздействия кадмия и мышьяка, установлена прямая вероятностная статистически достоверная причинно-следственная связь развития эндокринной патологии и нарушений липидного обмена (E67.8–66.0) с повышением уровня кадмия и мышьяка в крови ($R^2=0,36-0,95$; $71,07 \leq F \leq 2597,94$; $p < 0,001$) (табл.).

Результаты моделирования эволюции риска здоровью населения при хронической комплексной многосредовой экспозиции кадмия и мышьяка позволили спрогнозировать дополнительный риск формирования нарушений липидного обмена и ожирения у экспонированного взрослого населения (рис.).

В условиях многосредовой экспозиции кадмием и мышьяком приведенный индекс (R) превышает верхнюю границу малого уровня риска (0,05) для формирования нарушений липидного обмена у взрослого населения в возрасте 33 лет, высокого риска (0,35) — в 58 лет и очень высокого (0,6) — в 63 года.

Выводы. 1. В условиях комплексной многосредовой экспозиции металлов (НИ 1,21–1,29), обусловленной деятельностью горно-обогатительного производства, концентрация кадмия и мышьяка в крови детского и взрослого населения в 1,3–2,0 раза превышает показатели группы сравнения ($p < 0,05$); вероятность повышенного содержания кадмия в крови в 1,6–3,8 раза выше, чем на территории сравнения (OR 1,6–3,8, $p < 0,001$). 2.

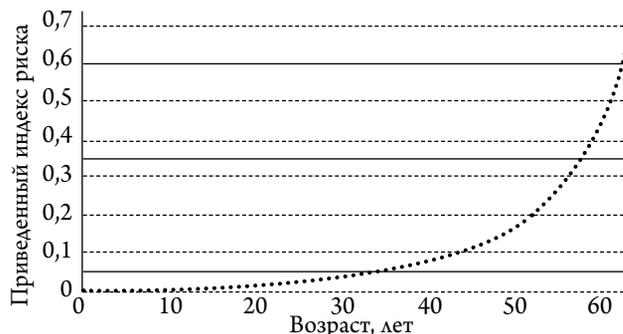


Рис. Динамика приведенного индекса риска нарушений липидного обмена у взрослого населения, в условиях хронической комплексной многосредовой экспозиции кадмием и мышьяком

Моделирование связей в системе «экспозиция — маркер экспозиции» выявило наличие достоверной прямой зависимости содержания кадмия в объектах среды обитания (атмосферный воздух, питьевая вода, пищевая продукция) с концентрацией кадмия в крови детей, как при изолированном, так и при многосредовом (комплексном) поступлении ($R^2=0,14$, $F=26,4$; $p=0,019$). 3. У населения, проживающего в зонах воздействия мест складирования отходов горно-обогатительного производства, заболевания эндокринной системы и нарушения липидного обмена (E67.8–66.0) диагностировалась у взрослых в 1,4 раза, у детей — в 1,7–2,2 раза чаще, чем в группе сравнения. 4. Установлена прямая вероятностная статистически достоверная причинно-следственная связь развития эндокринной патологии и нарушений липидного обмена (E67.8–66.0) с повышением уровня кадмия и мышьяка в крови ($R^2=0,36-0,95$; $71,07 \leq F \leq 2597,94$; $p < 0,001$). 5. Выполненные исследования позволяют разрабатывать и реализовать комплексные программы мониторинга и ранней профилактики нарушений здоровья у населения, проживающего в условиях многосредовой экспозиции кадмием и мышьяком.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 12–18)

1. Агаджанян Н.А., Турзин П.С., Ушаков И.Б. Общественное и профессиональное здоровье и промышленная экология // Мед. труда и пром. экология. — 1999. — № 1. — С. 1–9.
2. Бухарова Е.М. Влияние факторов городской среды на физическое развитие и состояние здоровья детей // Здоровье охранение РФ. — 2011. — №5. — С. 18.

3. *Голдовская, Л.Ф.* Химия окружающей среды. — М.: Мир, 2007. — 294 с.

4. *Лужецкий К.П., Корюкина И.П., Устинова О.Ю., Бурдина Л.В., Штина И.Е.* Особенности клинико-лабораторного статуса у детей с йоддефицитными заболеваниями, проживающих в условиях комбинированного воздействия природно-техногенных факторов // *Фундамент. иссл.* — 2010. — № 2. — С. 65–67.

5. *Лужецкий К.П., Устинова О.Ю., Палагина Л.Н.* Структурно-динамический анализ эндокринной патологии у детей, проживающих в условиях воздействия химических техногенных факторов среды обитания (на примере Пермского края) // *Здоровье населения и среда обитания.* — 2013. — № 11 (248). — С. 32–35.

6. *Лужецкий К.П., Устинова О.Ю., Шур П.З., Кирьянов Д.А., Долгих О.В., Чигвинцев В.М., Перевалов А.Я.* Формирование нарушений жирового и углеводного обмена, обусловленных потреблением питьевой воды с повышенным содержанием хлорорганических соединений // *Мед. труда и пром. экология.* — 2015. — № 12. — С. 29–32.

7. Мышьяк // *Инф. бюлл. ВОЗ №372, декабрь 2012 г.* <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/ru/>.

8. MR 2.1.10.0062–12 «Количественной оценки неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей». — Москва, 2012.

9. *Онищенко Г.Г.* Актуальные задачи гигиенической науки и практики в сохранении здоровья населения // *Гиг. и санитар.* — 2015. — Т. 94, № 3. — С. 5–9.

10. *Онищенко Г.Г.* Оценка и управление рисками для здоровья как эффективный инструмент решения задач обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения РФ // *Анализ риска здоровью.* — 2013. — №1. — С. 4–14.

11. *Смирнова О.К., Плюснин А.М.* Джидинский рудный район (проблемы состояния окружающей среды) / отв. ред. Г.И. Татьков. — Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. — 181 с.

REFERENCES

1. *Agadzhanian N.A., Turzin P.S., Ushakov I.B.* Public and occupational health and industrial ecology // *Industr. med.* — 1999. — 1. — P. 1–9 (in Russian).

2. *Buharova E.M.* Influence of urban environment factors on physical development and health state of children. In: E. M. Bukharova // *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii.* — 2011. — 5. — 18 p. (in Russian).

3. *Goldovskaya L.F.* Chemistry of environment. — Moscow: Mir, 2007. — 294 p. (in Russian).

4. *Luzhetskii K.P., Koryukina I.P., Ustinova O.Yu., Burdina L.V., Shtina I.E.* Features of clinical and laboratory state in children with iodine deficiency, residing under combined exposure to natural and technogenic factors. In: K.P. Luzhetskii // *Fundamental'nye issledovaniya.* — 2010. — 2. — P. 65–67 (in Russian).

5. *Luzhetskii K.P., Ustinova O.Yu., Palagina L.N.* Structural and dynamic analysis of endocrine diseases in children residing under exposure to chemical technogenous environmental factors (exemplified by Perm' area) // *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya.* — 2013. — 11 (248). — P. 32–35 (in Russian).

6. *Luzhetskii K.P., Ustinova O.Yu., Shur P.Z., Kir'yanov D.A., Dolgikh O.V., Chigvintsev V.M., Perevalov A.Ya.* Formation of lipids

and carbohydrates metabolism due to intake of drinkable water with increased content of chlorine organic compounds // *Industr. med.* — 2015. — 12. — P. 29–32 (in Russian).

7. Arsenic. Information bulletin of WHO № 327, December 2012 <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/ru/> (in Russian).

8. MR 2.1.10.0062–12 «Quantitative evaluation of non-carcinogenic risk under exposure to chemicals, based on evolutionary models construction». — Moscow, 2012 (in Russian).

9. *Onishchenko G.G.* Topical problems of hygienic science and practice for preservation of public health // *Gig. i sanit.* — 2015. — Vol. 94. — 3. — P. 5–9 (in Russian).

10. *Onishchenko G.G.* Evaluation and management of health risk as an efficient instrument to solve problems of sanitary epidemiologic well-being of population in Russian Federation // *Analiz riska zdorov'yu.* — 2013. — 1. — P. 4–14 (in Russian).

11. *Smirnova O.K., Plyusnin A.M.* Dzhidinskiy mining region (problems of environmental state). Chief ed G.I. Tat'kov. — Ulan-Ude: Izd-vo BNTs SO RAN, 2013. — 181 p. (in Russian).

12. *Brauner E.V., Nordsborg R.B., Andersen Z.J. et al.* // *JAMA internal medicine.* — Vol. 174. — P. 298.

13. *Cheng T.J., Chuu J.J., Chang C.Y. et al.* // *Toxicology and applied pharmacology.* — 2011. — 256. — P. 146–153.

14. *Karina F. Rodriguez, Erica K. Ungewitter, Yasmin Crespo-Mejias, et al.* // *Environ Health Perspect.* — 2016. — Vol. 124. — 3. — P. 336–343. doi: dx. doi.org/10.1289/ehp.1509703.

15. *Liu S., Guo X., Wu B., et al.* // *Scientific reports.* — 2014. — 4. — 6894.

16. *Myers MG, Jr., Leibel R.L., Seeley R.J., Schwartz M.W.* // *TEM*— 2010. — 21. — P. 643–651.

17. *Takiguchi M, Yoshihara S.* // *Environ Sci.* — 2006. — Vol. 13. — 2. — P. 107–116.

18. *Wright R.O., Amarasiriwardena C., Woolf A.D. et al.* // *Neurotoxicology.* — 2006. — Vol. 27. — P. 210–216.

Поступила 29.09.2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Лужецкий Константин Петрович (Luzhetskii K.P.), зав. клин. профпат. и мед. труда ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», к.м.н. E-mail: nemo@fcrisk.ru.

Клейн Светлана Владиславовна (Kleyn S.V.), зав. отд. системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», канд. мед. наук. E-mail: kleyn@fcrisk.ru.

Вековщина Светлана Анатольевна (Vekovshina S.A.), зав. лаб. методов оценки соответствия и потребительских экспертиз ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». E-mail: veksa@fcrisk.ru.

Цинкер Михаил Юрьевич (Tsinker M.Yu.), математик ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». E-mail: cinker@fcrisk.ru.