

УДК 615.9

И. Г. Жданова-Заплесвичко^a, М. А. Землянова^{b,c,d}, Е. В. Пескова^{b,c}

^a Управление Роспотребнадзора по Иркутской области, Иркутск, Россия

^b ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Пермь, Россия

^c Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

^d Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

ОЦЕНКА НАРУШЕНИЙ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ У ДЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ АЭРОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ АЛЮМИНИЯ

По результатам исследований установлено, что у детей, проживающих в зоне аэрогенной экспозиции алюминия на уровне до 0.00085 мг/(кг-сут), выявлено избыточное содержание алюминия в биосредах (в моче – в 4.5 раза выше, чем у детей группы сравнения и в 5.6 раз выше референтного уровня; в крови – в 1.3 раза выше, чем у детей группы сравнения и в 3 раза выше референтного уровня). Сравнительный анализ исследуемых лабораторных показателей выявил отклонения, характеризующие нарушение состояния костной ткани (повышение уровня ионизированного кальция в крови, тартрат-резистентной ксилослой фосфатазы, снижение содержания фосфора и уровня N-остеокальцина в сыворотке крови), оксидантных и антиокислительных процессов (повышение 8-гидрокси-2-деоксигуанозина в моче, снижение уровня АОА в плазме крови). Доказана связь между изучаемыми биохимическими показателями негативных эффектов и концентрацией алюминия в биосредах (крови, моче) обследованных детей.

Ключевые слова: алюминий; атмосферный воздух; детское население; биохимические показатели; биосреды; костная ткань; оксидантные и антиокислительные процессы; причинно-следственные связи.

I. G. Zhdanova-Zaplesvichko^a, M. A. Zemlyanova^{b,c,d}, E. V. Peskova^{b,c}

^a Administration of Rosпотребнадзор in Irkutsk region, Irkutsk, Russian Federation

^b FSC for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russian Federation

^c Perm State University, Perm, Russian Federation

^d Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ASSESSING BREACHES OF BIOCHEMICAL INDICATORS OF THE STATE OF BONE TISSUE IN CHILDREN UNDER CONDITIONS THE AIRBORNE IMPACT PRIORITY OF CHEMICAL FACTORS IN THE ZONE OF INFLUENCE COMPANIES PRODUCING ALUMINUM

According to the results of the research, it was found that children living in the zone of aerogenic aluminum exposure at a level of up to 0.00085 mg/(kg-day) showed an excess of aluminum in the bio-environments (in urine, 4.5 times higher than in children Group of comparison and 5.6 times higher than the reference level, in the blood - 1.3 times higher than in the children of the comparison group and 3 times higher than the reference level). A comparative analysis of the laboratory parameters studied revealed abnormalities that characterize the disturbance of the bone tissue state (increase in the level of ionized calcium in the blood, tartrate-resistant acid phosphatase, decrease in phosphorus and N-osteocalcin level in the blood serum), oxidative and antioxidant processes 8-hydroxy-2-deoxyguanosine in the urine, a decrease in the level of AOA in the blood plasma). The relationship between the studied biochemical indicators of negative effects and the concentration of aluminum in the biomed (blood, urine) of the children examined was proved.

Key words: aluminum; air; child population; biochemical indicators; biological media; bone; oxidant and antioxidant processes; cause and effect relationships.

Состояние окружающей среды в промышленно развитых регионах Российской Федерации характеризуется стабильным загрязнением химическими веществами, представляющими опасность для здо-

ровья населения. Определенный вклад в загрязнение окружающей среды вносит промышленность, особенно в местах её концентрации.

Загрязнение атмосферного воздуха среди факторов окружающей среды оказывает на здоровье человека наибольшее влияние. По данным Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга в 2015 г., уровень загрязнения атмосферного воздуха на территории отдельных регионов Российской Федерации в местах постоянного проживания населения продолжает оставаться высоким. На территориях 21 субъекта уровень загрязнения атмосферного воздуха выше, чем в среднем по России [Государственный ..., 2016].

В районах размещения мощных алюминиевых производств приоритетными примесями, загрязняющими атмосферный воздух и определяющими тяжесть санитарной ситуации, являются алюминийсодержащие пыли сложного химического состава [Krewski et al., 2007], среднесуточные концентрации которых в 3 и более раз превышают соответствующие ПДК. Алюминий и его соединения относятся к высокотоксичным соединениям (3-й класс опасности), критическими органами и системами которых являются: центральная нервная система (ЦНС), костная система, органы дыхания [Руководство ..., 2014].

Одним из ведущих проявлений алюминиевой интоксикации является нарушение со стороны костной системы. При воздействии алюминия в сыворотке крови происходит включение алюминия в костную ткань [Шугалей и др., 2012; Krewski et al., 2007]. Механизм, посредством которого алюминий приводит к изменениям в костной ткани, окончательно не изучен [Кoo, Kaplan, 1988]. Однако проведенные исследования показали, что алюминий через гидроксильную группу формирует с цитратом металлоцитратный комплекс, препятствующий росту кристаллов фосфата кальция и угнетающий минерализацию остеоида [Slanina et al., 1984]. Снижение костной минерализации приводит к развитию деформации костной ткани и, как следствие, заболеваниям опорно-двигательного аппарата (остеохондроза, рахита и др.) [Robinson et al., 2002].

В связи с этим актуальным является выявление изменений биохимических показателей костной ткани у детей, проживающих в зоне влияния выбросов алюминиевого производства и использование их для ранней диагностики и разработки профилактических мероприятий нарушений опорно-двигательного аппарата.

Цель работы – оценка нарушений биохимических показателей состояния костной ткани у детей, проживающих в условиях неудовлетворительного качества атмосферного воздуха по химическим факторам в зоне влияния выбросов от источников производства алюминия.

Материалы и методы

Проведено обследование 197 детей в возрасте 3–10 лет, в том числе 147 детей, проживающих в зоне влияния выбросов предприятия по производству алюминия (на примере г. Братска Иркутской обл.) – группа наблюдения, и 50 детей, проживающих на территории, характеризующейся удовлетворительным качеством атмосферного воздуха (на примере п. Листвянка Иркутской обл.) – группа сравнения. Обследование детей выполнено в соответствии с обязательным соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской Декларации этических принципов Всемирной медицинской ассоциации (1975 г. с дополнениями 1983, 1989 гг.), с наличием информированного добровольного согласия на медицинское вмешательство и обработку персональных данных.

Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха на исследуемых территориях выполнена по результатам мониторинговых наблюдений ФГБУ «Иркутское УГМС», Филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Иркутской области» в г. Братске и Братском р-не, Управления Роспотребнадзора по Иркутской обл. за период 2006–2015 гг. Оценка хронической экспозиции приоритетных факторов из атмосферного воздуха проведена стандартными методами по расчету суммарной средней суточной дозы на основе полученных расчетным путем значений верхней 95%-ной доверительной границы среднегодовых концентраций, установленных по среднесуточным концентрациям в атмосферном воздухе по результатам мониторинговых наблюдений [Руководство..., 2014].

При углубленном обследовании детей выполнено количественное определение алюминия в крови и моче методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) [Методика..., 2016]. Оценка концентрации алюминия в биосубстратах (кровь, моча) детей группы наблюдения осуществляли на основании сравнительного анализа с показателями у детей группы сравнения и с референтным уровнем [Тиц, 2003].

Объем лабораторных исследований включал в себя определение биохимических и гематологических показателей, позволяющих оценить скорость синтеза и резорбции костной ткани (уровень ионизированного кальция в цельной крови; содержание N-остеокальцина, активность тартрат-резистентной кислой фосфатазы, фосфора в сыворотке крови), баланс оксидантных и антиокислительных процессов (уровень антиоксидантной активности (АОА) и супероксиддимуказы (СОД) в сыворотке крови, 8-гидрокси-2-деоксигуанозин в моче). В качестве критериев оценки отклонений лабораторных показателей использовали возрастные физиологические уровни и уровни изучаемых показателей детей группы сравнения. Определение данных показателей в крови исследуемых групп осуществляли с

помощью стандартных унифицированных методов диагностики [Медицинские ..., 2002].

С целью изучения связей в системе «концентрация химического вещества в атмосферном воздухе – концентрация вещества в биосубстрате» проводили математическое моделирование, отражающее зависимость концентрации алюминия в биосредах (кровь, моча) от концентрации алюминия в атмосферном воздухе. Для обоснования маркеров ответа проводили моделирование зависимостей вероятности отклонения лабораторного показателя ответа относительно физиологической нормы от концентрации исследуемого вещества в биосреде (кровь, моча). Математическую обработку полученных в ходе исследований результатов осуществляли с помощью параметрических методов статистики: для оценки достоверности полученных результатов использовали критерий Фишера (оценка адекватности моделей), критерий Стьюдента (оценка достоверности различий в группах по количественным признакам, оценка достоверности моделей). Различия полученных результатов

являлись статистически значимыми при $p \leq 0.05$ [Четыркин, 1977; Гланц, 1998].

Результаты и их обсуждение

Хроническая экспозиция детского населения на территории наблюдения характеризуется средней суточной дозой алюминия до 0.00085 мг/(кг·сут), поступающей ингаляционно с атмосферным воздухом.

В результате углубленных исследований крови детей группы наблюдения доказаны статистически достоверные различия среднего содержания алюминия относительно аналогичных показателей в крови детей группы сравнения в 1.3 раза ($p = 0.029$) и в 3 раза относительно референтного уровня (0.0065 ± 0.0035 мг/дм³) (табл. 1). При этом в группе наблюдения установлено до 22.8% проб крови с повышенным содержанием алюминия относительно показателя группы сравнения.

Таблица 1

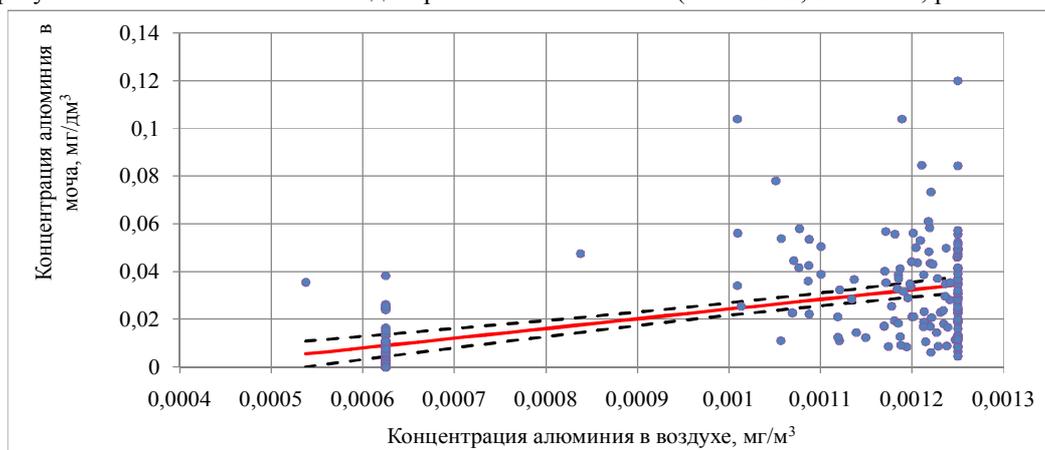
Содержание алюминия в биосредах детей, мг/дм³

Вещество	Среднее значение \pm ошибка (M \pm m)		Частота изменения показателя в группе наблюдения относительно показателя в группе сравнения, %		Кратность различий средних, раз	Достоверность различий средних значений ($p \leq 0,05$)
	группа наблюдения	группа сравнения	выше	ниже		
Алюминий в моче	0.036 \pm 0.004	0.008 \pm 0.003	93.5	1.1	4.5	0.0001

Средняя концентрация алюминия в моче детей группы наблюдения превысила аналогичный показатель у детей группы сравнения в 4.5 раза ($p = 0.0001$) и референтный уровень в 2.7 раза (0.006 мг/дм³). Частота регистрации проб мочи с повышенным содержанием алюминия составила 93.5%.

В результате математического моделирования

причинно-следственных связей получена адекватная модель, описывающая зависимость «концентрация алюминия в атмосферном воздухе – концентрация алюминия в моче» ($p = 0.0001$), представленная на рисунке. Уравнение зависимости, описывающее данную модель: $y = -0.01641 + 40.67914x$ ($R^2 = 0.262$; $F = 69.46$; $p = 0.0001$).



Зависимость концентрации алюминия в моче детей от концентрации алюминия в атмосферном воздухе

Оценка показателей, характеризующих скорость обменных процессов в костной ткани, позволила установить тенденцию к нарушению баланса фосфорно-кальциевого обмена. Выявлено повы-

шенное содержание ионизированного кальция в крови детей группы наблюдения, среднее значение которого достоверно превысило верхнюю границу физиологической нормы ($p = 0.0001$) и аналогич-

ный показатель у детей группы сравнения ($p = 0.0001$) (табл. 2).

Таблица 2

Результаты сравнительного анализа отклонений лабораторных показателей у детей группы наблюдения и группы сравнения

Показатель	Группа наблюдения			Группа сравнения			Достоверность различий средних значений ($p \leq 0,05$)
	среднее значение \pm ошибка (M \pm m)	частота регистрации проб с отклонением от физ. нормы, %		среднее значение \pm ошибка (M \pm m)	частота регистрации проб с отклонением от физ. нормы, %		
		выше	ниже		выше	ниже	
Ионизированный кальций в крови, ммоль/дм ³	1.17 \pm 0.01	92.9	0.0	1.13 \pm 0.02	63.4	2.4	0.0001
Фосфор в сыворотке крови, ммоль/дм ³	1.52 \pm 0.05	1.1	7.6	1.64 \pm 0.06	0.0	0.0	0.001
N-остеокальцин в сыворотке крови, нг/мл	15.17 \pm 1.52	0.0	92.9	18.09 \pm 1.91	0.0	97.6	0.021
Супероксиддисмутаза в сыворотке крови, нг/см ³	68.71 \pm 1.01	16.7	23.8	55.90 \pm 7.48	12.3	34.9	0.030
Антиоксидантная активность плазмы крови, %	35.51 \pm 1.01	28.7	53.2	37.92 \pm 1.71	44.4	37.8	0.018
8-гидрокси-2-деоксигуанозин в моче, нг/см ³	265.11 \pm 83.4	23.8	9.5	119.78 \pm 38.8	0.0	41.7	0.002

При этом частота регистрации проб с повышенным уровнем ионизированного кальция в крови детей группы наблюдения составила 92.9% случаев при 63.4% в группе сравнения (кратность различий – 1.5 раза, $p = 0.0001$). Среднее значение фосфора в сыворотке крови детей группы наблюдения достоверно ниже аналогичного показателя в группе сравнения ($p = 0.001$). Зарегистрировано 7.6% проб от общего количества исследованных проб со сниженным уровнем фосфора в крови у детей группы наблюдения при отсутствии таковых в группе сравнения ($p = 0.033$). Установлена прямая зависимость вероятности повышения уровня ионизированного кальция в крови при повышении уровня алюминия в крови и моче ($R^2 = 0.542-0.585$; $205.58 \leq F \leq 253.4$; $p = 0.0001$); снижения содержания фосфора в сыворотке крови при повышении уровня алюминия в моче ($R^2 = 0.218$; $F = 32.56$; $p = 0.0001$).

Оценка маркеров костного метаболизма подтверждает выявленные возможные нарушения в структуре костной ткани. Установлено, что у детей группы наблюдения уровень N-остеокальцина, (маркер скорости синтеза костной ткани), в сыворотке крови в 1.8 раза ниже нижней границы физиологической нормы ($p = 0.0001$) и в 1.2 раза ниже показателя у детей группы сравнения ($p = 0.021$). Частота регистрации проб сыворотки крови со сниженным уровнем N-остеокальцина у детей группы наблюдения составила 92.9% общего количества исследованных проб. Оценка уровня тарtrat-резистентной кислой фосфатазы в сыворотке крови (маркер резорбции костной ткани), свидетельствует о достоверном повышении данного показателя относительно физиологической нормы ($p = 0.0001$).

Оценка показателей, характеризующих активность окислительных процессов на молекулярном уровне (усугубляющих скорость резорбции костной ткани), свидетельствует о повышении в 2.2 раза уровня 8-гидрокси-2-деоксигуанозина в моче детей группы наблюдения относительно аналогичных показателей у детей группы сравнения ($p = 0.002$). При этом чистота проб с повышенным выведением 8-гидрокси-2-деоксигуанозина с мочой составила 23.8% случаев при отсутствии таковых у детей группы сравнения ($p = 0.008$). Установлена статистически достоверная причинно-следственная связь между повышенным выведением 8-гидрокси-2-деоксигуанозина с мочой и повышенным содержанием алюминия в моче ($R^2 = 0.471$; $F = 23.97$; $p = 0.0001$).

Оценка состояния антиоксидантной защиты выявила преимущественное истощение ресурсов антиоксидантной системы в ответ на активизацию свободно-радикального окисления у детей группы наблюдения. Об этом свидетельствует достоверное снижение интегрального показателя антиоксидантной защиты – общей АОА плазмы крови детей группы наблюдения относительно данного показателя у детей группы сравнения ($p = 0.018$). При этом количество случаев сниженного уровня АОА в плазме крови детей группы наблюдения составило 53.2% при 37.8% случаев в группе сравнения (кратность различий 1.4 раза, $p = 0.014$). Установлено, что средняя активность СОД в сыворотке крови у детей группы наблюдения в 1.2 раза выше данного показателя у детей группы сравнения ($p = 0.030$). Частота регистрации проб с повышенной активностью СОД в 1.4 раза выше, чем у детей группы сравнения ($p = 0.006$).

Заключение

Результаты исследования позволили установить, что у детей, подвергающихся экспозиции выбросов алюминиевого производства, концентрация алюминия в биосредах (кровь, моча) превышает в 1.3–5.6 раза референтные уровни и показатели у детей группы сравнения. Сравнительный анализ результатов исследуемых лабораторных показателей у детей группы наблюдения позволил выявить отклонения аналогичных показателей у детей группы сравнения, характеризующих нарушение баланса оксидантных и антиоксидантных процессов (повышение 8-гидрокси-2-деоксигуанозина в моче и СОД в сыворотке крови, снижение уровня АОА в плазме крови). Установлено развитие негативных эффектов, характеризующих возможное нарушение состояния костной ткани в виде снижения скорости синтеза (снижение уровня N-остеокальцина в сыворотке крови) и резорбции (повышение тартрат-резистентной кислой фосфатазы в сыворотке крови и уровня ионизированного кальция в крови, снижение содержания фосфора в сыворотке крови). Данные показатели могут быть рекомендованы для раннего выявления нарушений состояния костной ткани в условиях аэрогенного воздействия приоритетных химических факторов в зоне влияния предприятия по производству алюминия для обоснования необходимого объема профилактических мероприятий.

Библиографический список

- Гланц С. Медико-биологическая статистика / под ред. Н.Е. Бузикашвили и др. М.: Практика, 1998. 459 с.
- Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2015 г. М., 2016. 176 с.
- Медицинские лабораторные технологии и диагностика: справочник. Медицинские лабораторные технологии: в 2 т. / под ред. проф. А.И. Карпищенко. СПб.: Интермедика, 2002. 368 с.
- Методика измерений массовых концентраций алюминия в биологических средах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой: СТО М25–2016. Пермь, 2016. 21 с.
- Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ: Р 2.1.10.1920-04. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 78 с.
- Титц Н.У. Клиническое руководство по лабораторным тестам; пер. с англ. / под ред. В.В. Меньшикова. М.: ЮНИМЕД-пресс, 2003. 960 с.
- Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. М.: Статистика, 1977. 356 с.
- Шугалей И.В. и др. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы // Экологическая химия. 2012. Т. 21, № 3. С. 172–186.
- Koo W.W., Kaplan L.A. Aluminum and bone disorders: with specific reference to aluminum contamination of infant nutrients // J. Am. Coll. Nutr. 1988. Vol. 7, № 3. P. 199–214.
- Krewski D. et al. Human health risk assessment for aluminium, aluminium oxide, and aluminium hydroxide // J. Toxicol. Environ. Health. B. Crit. Rev. 2007. P. 1-269.
- Robinson R.F. et al. Infant aluminum related bone disease (ARBD) after chronic antacid administration // J. Toxicol. Clin. Toxicol. 2002. № 5. P. 604–605.
- Slanina P. et al. Aluminium concentrations in the brain and bone of rats fed citric acid, aluminium citrate or aluminium hydroxide // Food Chem. Toxicol. 1984. Vol. 22, № 5. P. 391–397.

References

- Glants S. *Medsiko-biologičeskaja statistika* [Medicobiological statistics]. Moscow, Praktika Publ., 1998, 459 p. (In Russ.).
- Gosudarstvennyj doklad o sostojanii sanitarno-epidemiologičeskogo blagopolučija naselenija v Rossijskoj Federacii v 2015 g. [On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2015: State Reporter]. Moscow, 2016, 176 p. (In Russ.).
- Karpischenko A.I. (ed.). *Medicinskie laboratornye tehnologii i diagnostika: spravočnik* [Medical laboratory technologies and diagnostics: reference book. Medical laboratory technologies in 2 volumes]. St. Petersburg, Intermedika Publ., 2002, 368 p. (In Russ.).
- Metodika izmerenij massovykh koncentracij aljuminija v biologičeskich sredach (krov', moča) metodom mass-spektrometrii s induktivno svjazannoju plazmoj: STO M25-2016 [Method of measurement of mass concentrations of aluminum in biological media (blood, urine) by mass spectrometry with inductively coupled plasma: STO M25-2016]. Perm, 2016, 21 p. (In Russ.).
- Rukovodstvo po ocenke riska zdorov'ju naselenija pri vozdejstvii chimičeskich veščestv [Guidelines for assessing the health risk in the population exposed to the chemicals polluting the environment. G 2.1.10.1920-04]. Moscow, 2004, 78 p. (In Russ.).
- Tits N.U. *Kliničeskoe rukovodstvo po laboratornym testam* [Clinical guidelines for laboratory tests]. Moscow, YUNIMED-press Publ., 2003, 960 p. (In Russ.).

- Chetyrkin E.M. *Statističeskie metody prognozirovaniya* [Statistical methods of forecasting]. Moscow, Statistica Publ., 1977, 356 p. (In Russ.).
- Shugaley I.V., Garabadzhiu A.V., Ilyushin M.A., Sudarikov A.M. [Some aspects of the influence of aluminum and its compounds on living organisms]. *Ėkologičeskaja chimija*, V. 21, N 3 (2012): pp. 172-186. (In Russ.).
- Koo W.W., Kaplan L.A. Aluminum and bone disorders: with specific reference to aluminum contamination of infant nutrients. *J. Am. Coll. Nutr.* V. 7, N 3 (1988): pp. 199-214.
- Krewski D., Yokel R.A., Nieboer E. et al. Human health risk assessment for aluminium, aluminium oxide, and aluminium hydroxide. *J. Toxicol. Environ. Health. B. Crit. Rev.* (2007): pp. 1-269.
- Robinson R.F. et al. Infant aluminum related bone disease (ARBD) after chronic antacid administration. *J. Toxicol. Clin. Toxicol.* N 5 (2002): pp. 604-605.
- Slanina P, Falkeborn Y, Frech W, Cedergren A. Aluminium concentrations in the brain and bone of rats fed citric acid, aluminium citrate or aluminium hydroxide. *Food Chem Toxicol.* V. 22, N 5 (1984): pp. 391-397.

Поступила в редакцию 27.02.2017

Об авторах

Жданова-Заплесвичко Инга Геннадьевна, кандидат медицинских наук, начальник отдела социально-гигиенического мониторинга Управление Роспотребнадзора по Иркутской области

ORCID: 0000-0003-0916-0302
664033, Иркутск, ул. Карла Маркса, 8;
sgm@38.rospotrebnadzor.ru; (3952)243988

Землянова Марина Александровна, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом биохимических и цитогенетических методов диагностики

ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»

ORCID: 0000-0002-8013-9613

профессор кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности ФГБОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

профессор кафедры охраны окружающей среды ФГБОУВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

614045, Пермь, ул. Монастырская, 82;
zem@fcrisk.ru; (342)2363930

Пескова Екатерина Владимировна, лаборант-исследователь лаборатории биохимических и наносенсорных методов диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»

ORCID: 0000-0002-8050-3059

магистрант биологического факультета ФГБОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
614045, Пермь, ул. Монастырская, 82;
peskova@fcrisk.ru

About the authors

Zhdanova-Zapslevichko Inga Gennadievna, candidate of medical sciences, head of the Department of social and hygienic monitoring Administration of Rosпотrebnadzor in Irkutsk region

ORCID: 0000-0003-0916-0302
8, Karl Marx str., Irkutsk, Russia, 664033;
sgm@38.rospotrebnadzor.ru; (3952) 243988

Zemlyanova Marina Alexandrovna, doctor of medical science, professor, head of the Department of biochemical and cytogenetic diagnostic methods FBSI «Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health»

ORCID: 0000-0002-8013-9613

professor of the Department of human ecology and life safety

Perm State University

professor of the Department of environmental protection
Perm National Research Polytechnic University
82; Monastyrskaja str., Perm, Russia, 614045;
zem@fcrisk.ru; (342) 2363930

Peskova Ekaterina Vladimirovna, master, research assistant laboratory of biochemical and nanosensory methods of diagnostics

FBSI «Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health»

ORCID: 0000-0002-8050-3059

master student of Biological faculty
Perm State University
82; Monastyrskaja str., Perm, Russia, 614045;
peskova @fcrisk.ru