

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ЭКЗОГЕННЫХ ФАКТОРОВ (РТУТЬ, СВИНЕЦ) НА ПОТЕРИ БЕРЕМЕННОСТИ РАННИХ СРОКОВ

Д. В. Байбуз¹, М. Б. Иванов², Н. Н. Рухляда³, Р. А. Шахалиев⁴, Е. А. Зубакина²,
Н. Б. Иваненко², Н. В. Куликова¹, П. Д. Байбуз⁴

¹ Клиника высоких медицинских технологий им. Н. И. Пирогова Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия

² Научно-клинический центр токсикологии им. академика С. Н. Голикова Федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Россия

³ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Минздрава РФ, Санкт-Петербург, Россия

⁴ Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И. П. Павлова Минздрава РФ, Санкт-Петербург, Россия

Цель – определить возможную взаимосвязь содержания свинца и ртути в крови и потерь беременности на ранних сроках у женщин, проживающих в районе с высоким антропогенным загрязнением. **Материал и методы.** На базе консультативно-диагностической поликлиники Научно-клинического центра токсикологии им. акад. С. Н. Голикова Федерального медико-биологического агентства России в период с 2017 по 2019 г. были получены для анализа методом случайной выборки образцы проб крови 67 женщин, разделенных на 2 группы. У 22 пациенток из исследуемой группы установлена неразвивающаяся беременность, у 45 беременных из контрольной группы – благоприятный исход беременности. **Результаты.** При оценке уровня ртути у беременных в исследуемой группе медиана показателя составила 0,925 мкг/л (IQR 0,640–1,55 мкг/л), а в группе контроля – 0,990 мкг/л (IQR 0,69–1,28 мкг/л), статистически значимых различий между группами не выявлено. При оценке уровня свинца медиана показателя в исследуемой группе составила 80,0 мкг/мл (IQR 76,2–97,2 мкг/мл), в группе контроля – 76,4 мкг/мл (IQR 69, –82,6 мкг/мл). Различия показателей были статистически значимы ($p = 0,024$).

Ключевые слова: ранние потери беременности, невынашивание, биомониторинг, тяжелые металлы, ртуть, свинец, кровь, атомно-абсорбционная спектрометрия.

Шифр специальности: 14.01.01 Акушерство и гинекология.

Автор для переписки: Байбуз Дмитрий Васильевич, e-mail: baybooz@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

Репродуктивное здоровье женщин, проживающих в промышленных районах, является объектом исследований во многих странах мира, в том числе из-за проблемы невынашивания беременности. Доказано, что высокий уровень загрязнения окружающей среды токсичными химическими веществами отрицательно сказывается на репродуктивном здоровье и здоровье развития еще до зачатия и внутриутробного периода, оказывает глубокое и продолжительное воздействие на здоровье на протяжении всей жизни женщины, включая беременность [1–2]. Среди многих факторов, влияющих на неблагоприятные исходы беременности, особую роль играет повышенное содержание в крови соединений ртути и свинца [3].

Неорганический свинец может всасываться через кишечный тракт (при приеме внутрь) или легкие (при вдыхании). После попадания в кровь свинец связывается с эритроцитами и распространяется по мягким тканям, мозгу и скелету, может проникать через плаценту. Условия, способствующие ускорению костного обмена (гипертиреоз и грудное вскармливание), могут привести к высвобождению свинца и повышению его содержания в крови [4–5]. Нормальные показатели свинца в крови здоровых людей обычно не превышают 50 мкг/л [6].

Высокое содержание свинца в крови матери увеличивает риск самопроизвольного аборта, преждевременных родов и задержки внутриутробного развития плода (ЗВУР) [7–10]. Согласно некоторым исследованиям уровень свинца в крови напрямую коррелирует с риском гипертензивных осложнений беременности, включая преэклампсию. Метаанализ 11 исследований более 6 000 женщин показал, что концентрация свинца в крови беременных женщин является значимым фактором риска развития преэклампсии, причем его увеличение на 1 мкг/дл связано с повышением вероятности развития преэклампсии на 1,6 % [11].

О воздействии свинца на беременность и последующие когнитивные нарушения у потомства имеются противоречивые сведения. Исследованием D. Bellinger и др. [12] установлено наибольшее влияние в I триместре беременности. Напротив, L. Schnaas и др. [13] представили данные о наибольшем влиянии на исходы беременности в III триместре. Имеются сообщения об изменениях в метилировании ДНК у детей после пренатального воздействия свинца [14–15], хотя механизм его действия до конца не изучен.

Путь попадания ртути в организм человека зависит от ее формы. Метилртуть, которая содержится в рыбе или загрязненных пищевых продуктах, – самая распространенная форма органической ртути, –

наиболее опасна, поскольку может мигрировать через клеточные мембраны, в том числе через гематоэнцефалический барьер, и накапливаться в тканях [16]. Элементарная ртуть относится к жидкой металлической ртути, которая используется в зубных амальгамах, люминесцентных лампах и некоторых кустарных процессах добычи золота. Сочетанное воздействие ртути возможно при работе на производстве либо проживании в районах с высоким антропогенным загрязнением. В норме содержание ртути в крови здорового человека не превышает 1,0 мкг/л [17].

После поглощения все формы ртути проникают через плаценту и могут воздействовать на развивающийся плод. Результаты такого воздействия были подробно изучены в Японии после экологической катастрофы в городе Минамата [18]. Синдром, вызванный отравлением метилртутью при употреблении рыбы, загрязненной промышленными ртутными отходами, впоследствии будет назван болезнью Минамата. Подобное же воздействие метилртути на организм потомства было описано после массового употребления в Ираке продуктов из загрязненных семян. В обоих случаях у потомства отмечались тяжелые неврологические проявления, схожие с церебральным параличом, сопровождающиеся судорогами и когнитивными нарушениями [19–20].

В опубликованном проспективном исследовании V. H. Borja-Aburto и др. [7], в котором участвовали 650 беременных женщин, сообщалось, что риск самопроизвольного выкидыша увеличивается с возрастанием уровня свинца в крови на каждые 5 мкг/дл (диапазон от 5 до 20 мкг/дл). По результатам исследования L. L. Jelliffe-Pawlowski и др. [8], повышение содержания свинца в крови матери ≥ 10 мкг/дл приводит к сни-

жению продолжительности беременности, повышает риск преждевременных родов и ЗВУР. Исследование, проведенное в Нигерии G. E. Otebhi и др. [21], выявило увеличение на 9,5 % частоты выкидышей у женщин, подвергшихся воздействию ртути, по сравнению с беременными из контрольной группы.

Цель – определить возможную взаимосвязь содержания свинца и ртути в крови и потерь беременности на ранних сроках у женщин, проживающих в районе с высоким антропогенным загрязнением.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

На базе консультативно-диагностической поликлиники НКЦТ им. акад. С. Н. Голикова ФМБА России в период с 2017 по 2019 г. методом случайной выборки были получены для анализа образцы проб крови 67 беременных женщин, проживающих в населенном пункте с крупным промышленным предприятием. Забор крови происходил непосредственно в день установления диагноза. Все беременные были разделены на 2 группы – исследуемую и контрольную. Неразвивающаяся беременность установлена у 22 пациенток из исследуемой группы, благоприятный исход беременности – у 45 беременных из контрольной группы.

Критерии включения для исследуемой группы: наличие неразвивающейся беременности до 12 недель на момент исследования, проживание в непосредственной близости от промышленного предприятия, наличие информированного добровольного согласия. Критерии исключения: наличие тяжелой сопутствующей соматической патологии, аномалии развития полового аппарата, вредные привычки, наличие выявленных ранее причин, которые могли бы привести

INFLUENCE OF EXOGENOUS FACTORS (MERCURY, LEAD) ON EARLY PREGNANCY LOSSES

D. V. Baibuz¹, M. B. Ivanov², N. N. Rukhlyada³, R. A. Shakhaliyev⁴, E. A. Zubakina²,
N. B. Ivanenko², N. V. Kulikova¹, P. D. Baibuz⁴

¹ Saint-Petersburg State University (SPSU) N. I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, Saint Petersburg, Russia

² Golikov Research Clinical Center of Toxicology under the Federal Medical Biological Agency, Saint Petersburg, Russia

³ St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

⁴ Academician I. P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia

The study aims to determine the possible connection between the lead and mercury content in blood and early pregnancy losses in pregnant women living in an area with high anthropogenic pollution. **Material and methods.** In the period from 2017 to 2019, random blood samples of 67 women, divided into two groups, are obtained for analysis. The data is received from the Consultative and Diagnostic Polyclinic of the Golikov Research Clinical Center of Toxicology under the Federal Medical Biological Agency, Saint Petersburg, Russia. In 22 patients from the study group, a non-developing pregnancy is established, and 45 pregnant women from the control group had favorable pregnancy outcomes. **Results.** During the assessment of the level of mercury in pregnant women in the study group, the median indicator was 0.925 µg/l (IQR 0.640–1.55 µg/l), and in the control group, it was 0.990 µg/l (IQR 0.69–1.28 µg/l). There were no statistically significant differences between the groups. During the assessment of the level of lead, the median indicator in the study group was 80.0 µg/ml (IQR 76.2–97.2 µg/ml), in the control group it was 76.4 µg/ml (IQR 69, –82.6 µg/ml). The differences in indicators were statistically significant ($p = 0.024$).

Keywords: early pregnancy loss, miscarriage, biological monitoring, heavy metals, mercury, lead, blood, atomic absorption spectrometry.

Code: 14.01.01 Obstetrics and Gynaecology.

Corresponding Author: Dmitrii V. Baibuz, e-mail: baybooz@yandex.ru

к прерыванию беременности, срок беременности более 12 недель.

Критерии включения для контрольной группы: наличие прогрессирующей беременности до 12 недель на момент исследования, проживание в непосредственной близости от промышленного предприятия, наличие информированного добровольного согласия. Критерии исключения: наличие тяжелой сопутствующей соматической патологии, аномалии развития полового аппарата, вредные привычки, наличие выявленных ранее причин, которые могли бы привести к прерыванию беременности, срок беременности более 12 недель.

Определение свинца в пробах крови проведено атомно-абсорбционным спектрометром МГА-915 с Земановской модуляционной поляризационной коррекцией фона производства ООО «Люмэкс», Санкт-Петербург, Россия.

Для определения концентрации ртути в крови использовали аналитический комплекс, состоящий из атомно-абсорбционного спектрометра РА-915+, приставки ПИРО-915+ и персонального компьютера с установленным ПО «РАПИД» производства ООО «Люмэкс», Санкт-Петербург, Россия.

Для приготовления градуировочных растворов ионов свинца использовали стандартный раствор ионов металлов 10 мг/л (High-Purity Standards™, ICP-MS Calibration Standard). Градуировочные растворы готовили последовательным разбавлением стандартного раствора раствором азотной кислоты марки Suprapur® (65 %, Merck, Германия) с объемной долей 5 %.

Для приготовления градуировочных растворов ионов ртути использовали стандартный образец состава водного раствора ионов ртути 1 г/л (ГСО 8004-93, ООО «ЦСОВВ»). Растворы готовили последовательным разбавлением ГСО подкисленным раствором калия двуххромовокислого концентрацией 0,25 мг/л (ГОСТ 2653-78).

Для проверки правильности применяли стандартные образцы состава цельной крови Seronorm™ Trace Elements Whole Blood L-3 (LOT 1509408, Sero, Норвегия).

Образцы крови были получены от пациентов консультативно-диагностической поликлиники НКЦТ им. С. Н. Голикова ФМБА России на основе информированного согласия и в соответствии со стандартами Минздрава РФ.

Для прямого определения содержания ртути в крови применяли разработанную ранее методику с использованием атомно-абсорбционного спектрометра РА-915 с земановской коррекцией [22]. Для определения содержания свинца использована методика измерения массовой концентрации свинца атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией. На всех этапах работы (отбор проб, их транспортировка, хранение, пробоподготовка и анализ) было исключено возможное загрязнение проб. Пробы крови отбирали в утреннее время, натощак, в положении сидя из локтевой вены. Для прободбора применялись вакуумные системы для взятия крови (Vacutest®, Vacutest KIMA, Италия). В качестве антикоагулянта использовали гепаринат лития. Отобранный биоматериал замораживали при -20 °С и доставляли в лабораторию ФГБУ НКЦТ им. С. Н. Голикова ФМБА России.

Статистическую обработку проводили с использованием программы SPSS V 25.0 (США). Параметры распределения выборки оценивали при помощи критерия Колмогорова – Смирнова. Для сравнения показателей использовали непараметрический U-критерий Манна – Уитни с расчетом межквартильного размаха (IQR 25–75 %).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Средний возраст обследуемых пациенток из обеих групп составил 31,5 года. В исследуемой группе с неразвивающейся беременностью средний возраст наступления менархе составил 12,4 года, продолжительность менструального цикла у 5 (22,7 %) пациенток – от 24 до 27 дней; у 14 (63,6 %) – от 28 до 32 дней; у 3 (13,7 %) пациенток – от 33 до 37 дней. Средний индекс массы тела составил $25,3 \pm 2,1$ кг/м². В браке состояли 20 (90,9 %) пациенток. Роды в анамнезе были у 15 (68,2 %) пациенток: у 9 (60 %) пациенток – 1 роды; у 5 пациенток (33,3 %) – 2 родов; у 1 (6,7 %) пациентки – 3 родов. Наличие потерь беременности в анамнезе имело место у 13 (59,1 %) пациенток: одна потеря беременности в анамнезе – у 8 (61,5 %); две потери беременности – у 4 (30,8 %); три потери беременности – у 1 (7,7 %) пациентки. У 6 (31,6 %) пациенток из этой группы прерывание беременности произошло на сроке до 5 недель, у 8 (42,1 %) – на сроке от 5 до 8 недель, у 5 (26,3 %) – на сроке от 8 до 12 недель. В анамнезе жизни 6 (27,2 %) пациенток имели медицинские аборт, у 2 (9,1 %) женщин выявлены воспалительные заболевания органов малого таза.

Средний возраст наступления менархе в контрольной группе – 11,6 года, продолжительность менструального цикла: у 13 (28,9%) пациенток – от 24 до 27 дней; у 26 (57,8 %) – от 28 до 32 дней; у 6 (13,3 %) – от 33 до 37 дней. Средний индекс массы тела составил $24,8 \pm 1,7$ кг/м². В браке состояли 42 (93,3 %) пациентки. Роды в анамнезе были у 26 (57,8 %) пациенток: у 11 (42,3 %) – 1 роды; у 12 пациенток (46,2 %) – 2 родов; у 3 (11,5 %) – 3 родов. Женщины контрольной группы также имели беременности в предыдущий период жизни. Потери беременности в анамнезе имели 20 (44,4 %) пациенток: у 16 (80,0 %) – 1 потеря беременности; у 5 (20,0 %) – 2 потери беременности. У 14 (31,1%) пациенток ранее был выполнен медицинский аборт. У 4 (8,9 %) пациенток в анамнезе отмечались воспалительные заболевания органов малого таза.

Проведена оценка зависимости прерывания беременности от неблагоприятных экологических факторов риска, в частности от содержания ртути и свинца в крови (табл. 1, рис. 1–2).

При сравнении уровня ртути в зависимости от исхода беременности медиана показателя составила: в исследуемой группе – 0,925 мкг/л (IQR 0,640–1,55 мкг/л); в контрольной группе – 0,990 мкг/л (IQR 0,69–1,28 мкг/л), т. е. статистически значимых различий между группами не выявлено.

При оценке уровня свинца медиана показателя составила: в исследуемой группе – 80,0 мкг/мл (IQR 76,2–97,2 мкг/мл), в группе контроля – 76,4 мкг/мл (IQR 69,2–82,6 мкг/мл). Различия показателей были статистически значимыми ($p = 0,024$).

Уровень ртути и свинца в исследуемых группах

	Исследуемая группа (n = 22)	Контрольная группа (n = 45)	p-value
Ртуть, мкг/л (IQR 25–75 %)	0,925 (0,640–1,55)	0,990 (0,69–1,28)	0,784
Свинец, мкг/мл (IQR 25–75 %)	80,0 (76,2–97,2)	76,4 (69,2–82,6)	0,024

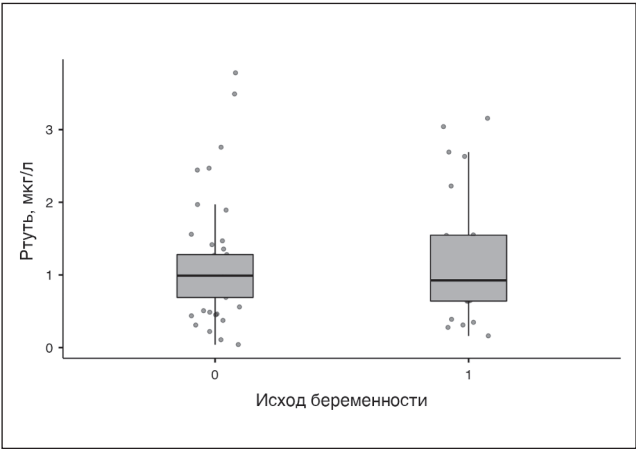


Рис. 1. Уровень ртути в пробах крови, мкг/л:
0 – исследуемая группа; 1 – контрольная группа

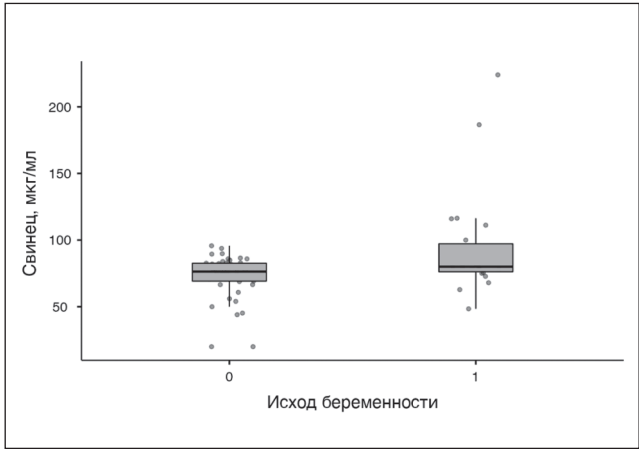


Рис. 2. Уровень свинца в пробах крови, мкг/мл:
0 – исследуемая группа; 1 – контрольная группа

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные позволяют сделать вывод, что содержание свинца в пробах крови беременных из исследуемой группы, повышенное по сравнению с пробами крови женщин контрольной группы, вероятно, влияет на исход беременности, но данных о возможном влиянии на исход беременности ртути не получено, что, однако, не отменяет необходимость биомониторинга вышеуказанных микроэлементов в крови пациенток как планирующих бере-

менность, так и беременных, проживающих в непосредственной близости от промышленных предприятий. Безусловно, требуются дальнейшие исследования влияния повышенного содержания свинца и ртути в крови матери на течение беременности, а также дальнейшую жизнь и развитие в постнатальном периоде ребенка.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wang A., Padula A., Sirota M., Woodruff T. J. Environmental Influences on Reproductive Health: The Importance of Chemical Exposures // Fertil Steril. 2016. No. 106. P. 905.
2. Sutton P., Woodruff T. J., Perron J. et al. Toxic Environmental Chemicals: The Role of Reproductive Health Professionals in Preventing Harmful Exposures // Am J Obstet Gynecol. 2012. No. 207. P. 164.
3. Amadi C. N., Igweze Z. N., Orisakwe O. E. Heavy Metals in Miscarriages and Stillbirths in Developing Nations // Middle East Fertility Society Journal. 2017. No. 22. P. 91–100.
4. Goldman R. H., White R., Kales S. N., Hu H. Lead Poisoning from Mobilization of Bone Stores During Thyrotoxicosis // Am J Ind Med. 1994. No. 25. P. 417.
5. Téllez-Rojo M. M., Hernández-Avila M., González-Cossío T. et al. Impact of Breastfeeding on the Mobilization of Lead from Bone // Am J Epidemiol. 2002. No. 155. P. 420.
6. Скальный А. В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М. : Мир, 2004. С. 190–194.

REFERENCES

1. Wang A., Padula A., Sirota M., Woodruff T. J. Environmental Influences on Reproductive Health: The Importance of Chemical Exposures // Fertil Steril. 2016. No. 106. P. 905.
2. Sutton P., Woodruff T. J., Perron J. et al. Toxic Environmental Chemicals: The Role of Reproductive Health Professionals in Preventing Harmful Exposures // Am J Obstet Gynecol. 2012. No. 207. P. 164.
3. Amadi C. N., Igweze Z. N., Orisakwe O. E. Heavy Metals in Miscarriages and Stillbirths in Developing Nations // Middle East Fertility Society Journal. 2017. No. 22. P. 91–100.
4. Goldman R. H., White R., Kales S. N., Hu H. Lead Poisoning from Mobilization of Bone Stores During Thyrotoxicosis // Am J Ind Med. 1994. No. 25. P. 417.
5. Téllez-Rojo M. M., Hernández-Avila M., González-Cossío T. et al. Impact of Breastfeeding on the Mobilization of Lead from Bone // Am J Epidemiol. 2002. No. 155. P. 420.
6. Skalny A. V. Khimicheskie elementy v fiziologii i ekologii cheloveka. Moscow : Mir, 2004. P. 190–194. (In Russian).

7. Borja-Aburto V. H., Hertz-Picciotto I., Rojas Lopez M. et al. Blood Lead Levels Measured Prospectively and Risk of Spontaneous Abortion // *Am J Epidemiol.* 1999. No. 150. P. 590.
8. Jelliffe-Pawlowski L. L., Miles S. Q., Courtney J. G., et al. Effect of Magnitude and Timing of Maternal Pregnancy Blood Lead (Pb) Levels on Birth Outcomes // *J Perinatol.* 2006. No. 26. P. 154.
9. Cantonwine D., Hu H., Sánchez B. N. et al. Critical windows of fetal Lead Exposure: Adverse Impacts on Length of Gestation and Risk of Premature Delivery // *J Occup Environ Med.* 2010. No. 52. P. 1106.
10. Taylor C. M., Golding J., Emond A. M. Adverse Effects of Maternal Lead Levels on Birth Outcomes in the ALSPAC Study: A Prospective Birth Cohort Study // *BJOG.* 2015. No. 122. P. 322.
11. Poropat A. E., Laidlaw M. A. S., Lanphear B. et al. Blood Lead and Preeclampsia: A Meta-Analysis and Review of Implications // *Environ Res.* 2018. No. 160. P. 12.
12. Bellinger D., Hu H., Téllez-Rojo M. M. et al. Fetal Lead Exposure at Each Stage of Pregnancy as a Predictor of Infant Mental Development // *Environ Health Perspect.* 2006. No. 114. P. 1730.
13. Schnaas L., Rothenberg S. J., Flores M. F. et al. Reduced Intellectual Development in Children with Prenatal Lead Exposure // *Environ Health Perspect.* 2006. No. 114. P. 791.
14. Pilsner J. R., Hu H., Ettinger A. et al. Influence of Prenatal Lead Exposure on Genomic Methylation of Cord Blood DNA // *Environ Health Perspect.* 2009. No. 117. P. 1466.
15. Wu S., Hivert M. F., Cardenas A. et al. Exposure to Low Levels of Lead in Utero and Umbilical Cord Blood DNA Methylation in Project Viva: An Epigenome-Wide Association Study // *Environ Health Perspect.* 2017. No. 125. P. 087019.
16. Karagas M. R., Choi A. L., Oken E. et al. Evidence on the Human Health Effects of Low-Level Methylmercury Exposure // *Environ Health Perspect.* 2012. Vol. 120, No. 6. P. 799–806.
17. Калетина Н. И. Токсикологическая химия. Метаболизм и анализ токсикантов. М. : ГЕОТАР-Медиа, 2008. С. 797–820.
18. Harada M. Minamata Disease: Methylmercury Poisoning in Japan Caused by Environmental Pollution // *CRC Crit Rev Toxicol.* 1995. Vol. 25, No. 1. P. 1–24.
19. Amin-Zaki L., Elhassani S., Majeed M. A. et al. Intra-uterine Methylmercury Poisoning in Iraq // *Pediatrics.* 1974. No. 54. P. 587.
20. Harada M. Congenital Minamata Disease: Intrauterine Methylmercury Poisoning // *Teratology.* 1978. No. 18. P. 285.
21. Otebhi G. E., Osadolor H. B. Select Toxic Metals Status of Pregnant Women with History of Pregnancy Complications in Benin City, South-South Nigeria // *J Appl Sci Environ.* 2016. No. 20. P. 5–10.
22. Зубакина Е. А., Иваненко Н. Б., Столярова Н. В., Ганеев А. А., Кашуро В. А., Байбуз Д. В., Безручко М. М. Прямое определение содержания ртути и свинца в крови беременных женщин и влияние их уровня на возникновение потерь беременности ранних сроков // *Токсикологический вестник.* 2019. № 6. С. 56–61.
7. Borja-Aburto V. H., Hertz-Picciotto I., Rojas Lopez M. et al. Blood Lead Levels Measured Prospectively and Risk of Spontaneous Abortion // *Am J Epidemiol.* 1999. No. 150. P. 590.
8. Jelliffe-Pawlowski L. L., Miles S. Q., Courtney J. G., et al. Effect of Magnitude and Timing of Maternal Pregnancy Blood Lead (Pb) Levels on Birth Outcomes // *J Perinatol.* 2006. No. 26. P. 154.
9. Cantonwine D., Hu H., Sánchez B. N. et al. Critical windows of fetal Lead Exposure: Adverse Impacts on Length of Gestation and Risk of Premature Delivery // *J Occup Environ Med.* 2010. No. 52. P. 1106.
10. Taylor C. M., Golding J., Emond A. M. Adverse Effects of Maternal Lead Levels on Birth Outcomes in the ALSPAC Study: A Prospective Birth Cohort Study // *BJOG.* 2015. No. 122. P. 322.
11. Poropat A. E., Laidlaw M. A. S., Lanphear B. et al. Blood Lead and Preeclampsia: A Meta-Analysis and Review of Implications // *Environ Res.* 2018. No. 160. P. 12.
12. Bellinger D., Hu H., Téllez-Rojo M. M. et al. Fetal Lead Exposure at Each Stage of Pregnancy as a Predictor of Infant Mental Development // *Environ Health Perspect.* 2006. No. 114. P. 1730.
13. Schnaas L., Rothenberg S. J., Flores M. F. et al. Reduced Intellectual Development in Children with Prenatal Lead Exposure // *Environ Health Perspect.* 2006. No. 114. P. 791.
14. Pilsner J. R., Hu H., Ettinger A. et al. Influence of Prenatal Lead Exposure on Genomic Methylation of Cord Blood DNA // *Environ Health Perspect.* 2009. No. 117. P. 1466.
15. Wu S., Hivert M. F., Cardenas A. et al. Exposure to Low Levels of Lead in Utero and Umbilical Cord Blood DNA Methylation in Project Viva: An Epigenome-Wide Association Study // *Environ Health Perspect.* 2017. No. 125. P. 087019.
16. Karagas M. R., Choi A. L., Oken E. et al. Evidence on the Human Health Effects of Low-Level Methylmercury Exposure // *Environ Health Perspect.* 2012. Vol. 120, No. 6. P. 799–806.
17. Kaletina N. I. Toksikologicheskaya khimiia. Metabolizm i analiz toksikantov. Moscow : GEOTAR-Media, 2008. P. 797–820. (In Russian).
18. Harada M. Minamata Disease: Methylmercury Poisoning in Japan Caused by Environmental Pollution // *CRC Crit Rev Toxicol.* 1995. Vol. 25, No. 1. P. 1–24.
19. Amin-Zaki L., Elhassani S., Majeed M. A. et al. Intra-uterine Methylmercury Poisoning in Iraq // *Pediatrics.* 1974. No. 54. P. 587.
20. Harada M. Congenital Minamata Disease: Intrauterine Methylmercury Poisoning // *Teratology.* 1978. No. 18. P. 285.
21. Otebhi G. E., Osadolor H. B. Select Toxic Metals Status of Pregnant Women with History of Pregnancy Complications in Benin City, South-South Nigeria // *J Appl Sci Environ.* 2016. No. 20. P. 5–10.
22. Zubakina E. A., Ivanenko N. B., Stoliarova N. V., Ganeev A. A., Kashuro V. A., Baibuz D. V., Bezruchko M. M. Priamoe opredelenie soderzhaniia rtuti i svintsa v krovi beremennykh zhenshchin i vliianie ikh urovnia na vzniknovenie poter beremennosti rannikh srokov // *Toksikologicheskii vestnik.* 2019. No. 6. P. 56–61. (In Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Байбуз Дмитрий Васильевич – врач – акушер-гинеколог отделения гинекологии, Клиника высоких медицинских технологий им. Н. И. Пирогова Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия.

ORCID: 0000-0002-8518-363X.

SPIN: 7688-2595.

E-mail: baybooz@yandex.ru

Иванов Максим Борисович – доктор медицинских наук, директор, Научно-клинический центр токсикологии имени академика С. Н. Голикова Федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Россия.

ORCID: 0000-0002-5006-7567.

AuthorID: 669422.

SPIN: 1895-7062.

Scopus ID: 57139652500.

E-mail: m.b.ivanov@toxicology.ru

Рухляда Николай Николаевич – профессор, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой акушерства и гинекологии, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Минздрава РФ, Санкт-Петербург, Россия.

ORCID: 0000-0002-3548-0468.

SPIN: 4851-0283.

E-mail: nickolasr@mail.ru

Шахалиев Рустам Алигисмет Оглы – клинический ординатор кафедры акушерства, гинекологии и репродуктологии, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова Минздрава РФ, Санкт-Петербург, Россия.

ORCID: 0000-0003-2450-7044.

SPIN: 4013-7450.

E-mail: rustam.shahaliev@yandex.ru

Зубакина Екатерина Александровна – кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории токсикологической химии неорганических соединений, Научно-клинический центр токсикологии имени академика С. Н. Голикова Федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Россия.

ORCID: 0000-0002-1785-7639.

SPIN: 9235-3191.

E-mail: miailova_katya@inbox.ru

Иваненко Наталья Борисовна – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории токсикологической химии неорганических соединений, Научно-клинический центр токсикологии имени академика С. Н. Голикова Федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Россия.

ORCID: 0000-0001-9389-6923.

SPIN: 1080-1686.

E-mail: nbivanenko@mail.ru

Куликова Наталья Владимировна – врач – акушер-гинеколог амбулаторно-диагностического отделения эндокринной гинекологии, Клиника высоких медицинских технологий им. Н. И. Пирогова Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия.

ORCID: 0000-0001-8640-0934.

SPIN: 2779-5687.

E-mail: dockulikova@rambler.ru

Байбуз Полина Дмитриевна – студент, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова Минздрава РФ, Санкт-Петербург, Россия.

ORCID: 0000-0001-6728-7454.

E-mail: baybooz01@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS

Dmitrii V. Baibuz – Obstetrician-Gynaecologist, Gynaecology Department, Saint-Petersburg State University (SPSU) N. I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, Saint Petersburg, Russia.

ORCID: 0000-0002-8518-363X.

SPIN: 7688-2595.

E-mail: baybooz@yandex.ru

Maksim B. Ivanov – Doctor of Sciences (Medicine), Head, Golikov Research Clinical Center of Toxicology under the Federal Medical Biological Agency, Saint Petersburg, Russia.

ORCID: 0000-0002-5006-7567.

AuthorID: 669422.

SPIN: 1895-7062.

Scopus ID: 57139652500.

E-mail: m.b.ivanov@toxicology.ru

Nikolay N. Rukhlyada – Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Head, Department of Obstetrics and Gynecology, St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia.

ORCID: 0000-0002-3548-0468.

SPIN: 4851-0283.

E-mail: nickolasr@mail.ru

Rustam A. Shakhaliyev – Resident Medical Officer, Department of Obstetrics and Fertility Science, Gynecology, Academician I. P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia.

ORCID: 0000-0003-2450-7044.

SPIN: 4013-7450.

E-mail: rustam.shahaliev@yandex.ru

Ekaterina A. Zubakina – Candidate of Sciences (Chemistry), Senior Researcher, Laboratory of Toxicological Chemistry of Inorganic Compounds, Golikov Research Clinical Center of Toxicology under the Federal Medical Biological Agency, Saint Petersburg, Russia.

ORCID: 0000-0002-1785-7639.

SPIN: 9235-3191.

E-mail: mihailova_katya@inbox.ru

Natalia B. Ivanenko – Candidate of Sciences (Chemistry), Leading Researcher, Laboratory of Toxicological Chemistry of Inorganic Compounds, Golikov Research Clinical Center of Toxicology under the Federal Medical Biological Agency, Saint Petersburg, Russia.

ORCID: 0000-0001-9389-6923.

SPIN: 1080-1686.

E-mail: nbivanenko@mail.ru

Natalia V. Kulikova – Obstetrician-Gynaecologist, Outpatient Diagnostic Department of Endocrine Gynecology, Saint-Petersburg State University (SPSU) N. I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, Saint Petersburg, Russia.

ORCID: 0000-0001-8640-0934.

SPIN: 2779-5687.

E-mail: dockulikova@rambler.ru

Polina D. Baibuz – Student, Academician I. P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia.

ORCID: 0000-0001-6728-7454.

E-mail: baybooz01@mail.ru