

DOI 10.22363/2313-2310-2020-28-1-47-56
УДК 504.75:615.47

Научная статья

Накопление ртути в организме и ее влияние на биохимические показатели крови женщин детородного возраста (на примере г. Череповца Вологодской области)

Е.С. Иванова, А.И. Корнилова, О.Ю. Румянцева

Череповецкий государственный университет
Российская Федерация, 162600, Череповец, пр. Луначарского, 5

Аннотация. Исследование проводилось в 2018 году и в нем приняли участие 1323 жительницы детородного возраста г. Череповца Вологодской области. Содержание Hg в волосах женщин определялось на ртутном анализаторе РА-915М. Средняя концентрация металла в волосах жительниц составила $0,427 \pm 0,015$ мг/кг. Обнаружена положительная корреляционная зависимость накопления ртути от возраста ($r = 0,288$), частоты употребления рыбы и биохимических показателей крови – эритроцитов (RBC) ($r = 0,097$), гемоглобина (Hb) ($r = 0,172$) и гематокрита (HCT) ($r = 0,158$) при $p < 0,05$.

Ключевые слова: тяжелые металлы, отравление метилртутью, концентрация ртути, заболевания, возраст, употребление рыбы, биохимические показатели крови

Введение

Развитие промышленности совместно с ростом потребностей в добыче энергии привело к увеличению эмиссии в окружающую среду ртути (Hg) антропогенного происхождения [1; 2]. Поступившая в экосистему ртуть подвергается целому ряду биогеохимических превращений, становясь в результате биодоступной и способной аккумулироваться в организме животных и человека.

Наиболее быстро биогеохимические превращения ртути протекают в водной среде, что может приводить к повышенным концентрациям металла в тканях хищных видов рыб, как морских, так и пресноводных. Не вызывает сомнений, что основным источником поступления Hg в организм людей служит рыба и морепродукты, употребляемые в пищу [3]. Установлено, что концентрация Hg в организме возрастает с количеством рыбы в еженедельном рационе.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рассматривает Hg как один из десяти основных химических веществ, которые представляют весоую проблему для общественного здравоохранения.

На протяжении второй половины XX века ВОЗ были разработаны и рекомендованы безопасные для здоровья человека значения концентраций ртути (равные 2,5 мг/кг) в различных биосубстратах, а также нормативные уровни в продуктах питания и контрольные дозы потребления. Однако, по результатам исследований, проведенных за последние десять лет во многих странах, установлено, что риск для здоровья может иметь место при значительно меньших концентрациях металла. В настоящее время рекомендованное значение ртути для женщин детородного возраста составляет 0,58 мг/кг.

При накоплении в организме ртуть оказывает нейротоксическое воздействие, отрицательно влияет на сердечно-сосудистую систему, репродуктивную функцию и приводит к нарушениям эмбрионального развития [4]. Безусловно, на сегодняшний день массовые отравления людей с летальным исходом ртутью маловероятны, при этом велик риск негативных последствий для здоровья от хронического или дозированного контакта с небольшим количеством токсиканта, обладающего высокой способностью к накоплению в организме [5]. Кроме того, повышенное содержание Hg в организме матерей во время беременности может привести в дальнейшем к задержке умственного и физического развития у детей [6–8].

Население Вологодской области находится в зоне риска накопления ртути в организме. В первую очередь это обусловлено наличием природно-климатических условий (высокий коэффициент озерности и заболоченности территории) для образования наиболее токсичных и доступных для биоты ртутьорганических соединений.

В водоемах Вологодской области неоднократно регистрировались высокие значения содержания Hg в мышцах рыб, превышающие действующие в России и мире нормативы количества металла в рыбе. Население употребляет в пищу рыбу из местных водоемов, что приводит к закономерному накоплению Hg в организме. В то же время связь накопления данного тяжелого металла в волосах с биохимическими показателями крови у женщин репродуктивного возраста изучена недостаточно подробно. Поэтому целями работы стали определение содержания ртути в волосах жительниц репродуктивного возраста г. Череповца и влияния данного металла на биохимические показатели крови.

Материал и методы исследования

Сбор материала осуществлялся в 2018 году в медицинских учреждениях г. Череповца. В исследовании приняли участие 1323 женщины репродуктивного возраста – от 18 до 45 лет. Обследование женщин проводилось с их информированного согласия в соответствии с принципами этики Всемирной медицинской ассоциации (Хельсинкская декларация) для экспериментов с участием человека [9; 10]. Пробы волос отбирались в виде пучка. Для участников исследования медперсоналом медицинских учреждений заполнялись анкеты, куда входили данные о возрасте, месте жительства, частоте употребления рыбы, показатели артериального давления и биохимии крови.

Анализ проб проводился в эколого-аналитической лаборатории Череповецкого государственного университета в период с мая по декабрь 2018 года.

Содержание ртути определяли на ртутном анализаторе РА-915М с приставкой ПИРО атомно-абсорбционным методом пиролиза без предварительной пробоподготовки. Для контроля точности аналитического метода измерения систематически проверяли сертифицированным биологическим материалом DOLT-5. Статистический анализ данных проводили с помощью программы Statistica. Достоверность различий содержания ртути в волосах жительниц города оценивалась с помощью непараметрического коэффициента Краскела – Уоллиса ($Z, p < 0,05$), поскольку данные значения распределены не нормально. Корреляционные связи оценивали с помощью непараметрического коэффициента Спирмена ($R_s, p \leq 0,05$).

Результаты и обсуждение

В процессе определения концентрации Hg в волосах жительниц города среднее содержание данного металла в пробах составляет $0,427 \pm 0,015$ мг/кг и варьирует в пределах от 0,001 до 8,132 мг/кг (табл. 1). При этом основная часть выборки (концентрация Hg в волосах 662 жительниц) находится в пределах от 0,144 до 0,518 мг/кг. Превышение рекомендованного показателя ртути для женщин детородного возраста [11] в 0,58 мг/кг зарегистрировано у 14 % обследуемых.

По результатам данного исследования концентрация ртути в волосах женщин в два раза превышает значения, полученные при исследовании в 2016 году ($0,201 \pm 0,025$ мг/кг) [12]. Отметим, что в волосах женщин из Кирилловского района, удаленного от г. Череповца на более чем 100 км, среднее содержание ртути в три раза выше ($1,099 \pm 0,118$ мг/кг) [13]. Вероятно, это связано с тем, что в водоемах Кирилловского района Вологодской области более благоприятные условия для формирования органической формы ртути – метилртути и рыбы водоемов данного района имеют промысловое значение.

Таблица 1

Показатели содержания ртути по всей выборке г. Череповца, мг/кг
[Table 1. Mercury levels for the entire sample of Cherepovets, mg/kg]

N	AM	Median	Min	Max	Q25	Q75	SD	SE
1323	0,427	0,288	0,001	8,132	0,144	0,518	0,548	0,015

Примечание. *N* – выборка; *AM* – среднее арифметическое; *Median* – медиана; *Min* – минимальное значение выборки; *Max* – максимальное значение выборки; *Q25* – нижний квартиль; *Q75* – верхний квартиль; *SD* – стандартное отклонение; *SE* – ошибка средней.

[Note. *N* – sample; *AM* – arithmetic mean; *Median* – mediana; *Min* – minimum sample value; *Max* – maximum sample value; *Q25* – lower quartile; *Q75* – upper quartile; *SD* – standard deviation; *SE* – error of average.]

Установлена связь между содержанием ртути в волосах и возрастом женщин ($r = 0,288, p < 0,05$) (рис. 1). Закономерности между содержанием ртути в волосах и возрастом также были получены в публикациях О. Румянцевой ($p < 0,05$) и М. Скальной ($r = 0,305, p < 0,05$), что в полтора раза превышает значение, полученное в данном исследовании [13; 14].

В волосах женщин, у которых в рационе питания рыба бывает несколько раз в неделю, среднее содержание тяжелого металла составляет $0,542 \pm 0,042$ мг/кг – это в два раза выше, чем в волосах женщин, которые не питаются рыбой ($0,237 \pm 0,022$ мг/кг) (рис. 2, табл. 2).

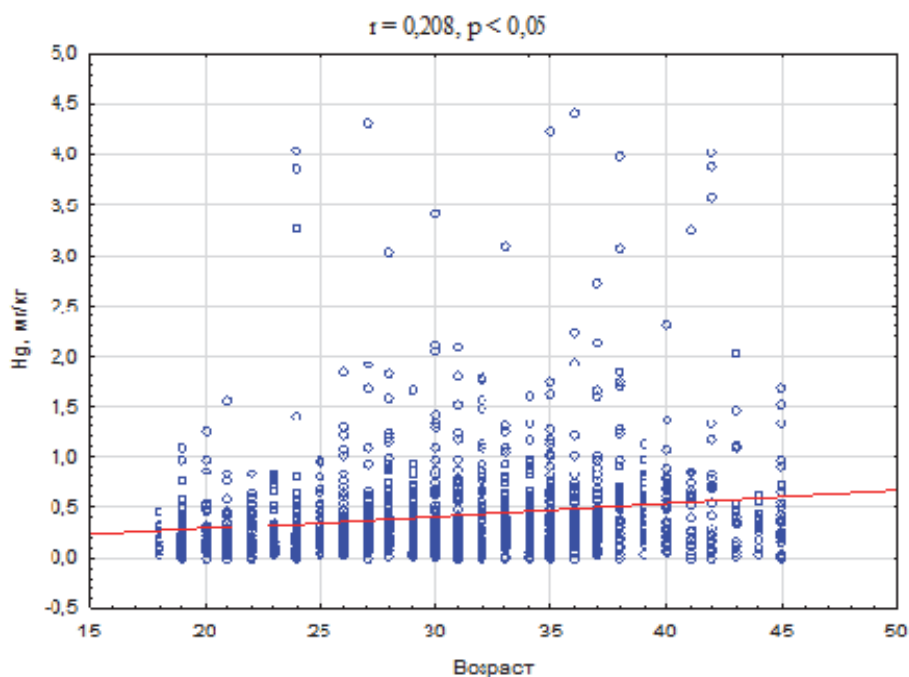


Рис. 1. Зависимость содержания ртути в волосах женщин репродуктивного возраста от возраста
[Figure 1. Dependence of mercury content in hair of women of reproductive age on age]

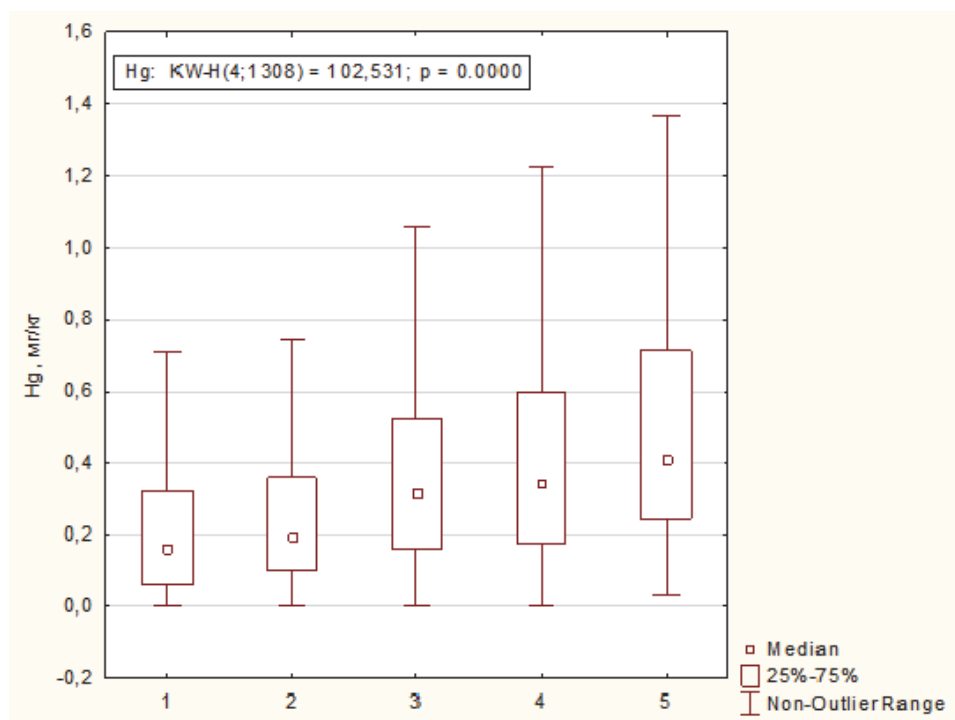


Рис. 2. Концентрации ртути в волосах женщин репродуктивного возраста г. Череповца в зависимости от частоты употребления рыбы:
 1 – никогда; 2 – менее 1 раза в месяц; 3 – 1–2 раза в месяц; 4 – как минимум 1 раз в неделю; 5 – несколько раз в неделю
[Figure 2. Concentration of mercury in hair of women of reproductive age of Cherepovets on the different frequency of the use of fish:
 1 – never; 2 – less than 1 time a month; 3 – 1–2 times a month; 4 – at least once a week; 5 – several times a week]

В ранее проведенном исследовании на территории Кирилловского района максимальная концентрация Hg наблюдалась в волосах людей, употребляющих рыбу несколько раз в неделю, и составила $2,001 \pm 0,473$ мг/кг [13]. Эти данные сопоставимы с результатами, полученными в данном исследовании.

Средние показатели уровня ртути в волосах женщин, употреблявших рыбу менее одного раза в месяц, ниже в три раза, по сравнению с концентрацией металла в волосах людей, которые употребляли рыбу из водоемов Кирилловского района также меньше одного раза в месяц ($1,070 \pm 0,187$ мг/кг) [13].

Таблица 2

Показатели ртути в волосах женщин детородного возраста г. Череповца в зависимости от частоты употребления рыбных продуктов, мг/кг
 [Table 2. Mercury indicators in hair of women of childbearing age of Cherepovets depending on the frequency of the use of fish products, mg/kg]

	N	AM	Median	Min	Max	Q25	Q75	SD	SE	K-W
1	120	0,237	0,162	0,000	1,270	0,059	0,323	0,244	0,022	a
2	233	0,344	0,193	0,001	4,404	0,098	0,359	0,585	0,038	a
3	437	0,450	0,310	0,001	4,321	0,161	0,519	0,565	0,027	b
4	407	0,460	0,343	0,001	4,227	0,174	0,599	0,446	0,022	bc
5	110	0,542	0,409	0,030	2,725	0,243	0,711	0,445	0,042	c

Примечание. N – выборка; AM – среднее арифметическое; Median – медиана; Min – минимальное значение выборки; Max – максимальное значение выборки; Q25 – нижний квартиль; Q75 – верхний квартиль; SD – стандартное отклонение; SE – ошибка средней, K-W – тест Краскела – Уоллиса; a–c – значения с буквенным надстрочным индексом, достоверно различающиеся в зависимости от частоты употребления рыбы (в столбце) при уровне значимости $p < 0,05$; частота употребления рыбы: 1 – никогда; 2 – менее 1 раза в месяц; 3 – 1–2 раза в месяц; 4 – как минимум 1 раз в неделю; 5 – несколько раз в неделю.

[Note. N – sample; AM – arithmetic mean; Median – mediana, Min – minimum sample value; Max – maximum sample value; Q25 – lower quartile; Q75 – upper quartile; SD – standard deviation; SE – error of average, K-W – Kruskal – Wallis test; a–c – values with the alphabetic overline index authentically differing between the frequency of the use of fish (in a column) at significance value of $p < 0,05$; frequency of the use of fish: 1 – never; 2 – less than 1 time a month; 3 – 1–2 times a month; 4 – at least once a week; 5 – several times a week.]

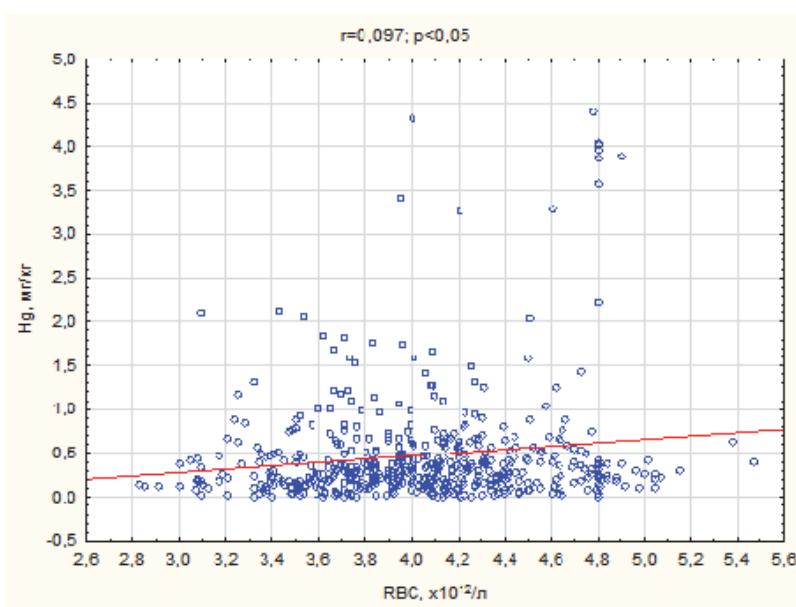


Рис. 3. Корреляционная связь между количеством эритроцитов в крови и содержанием ртути в волосах женщин
 [Figure 3. Correlation between quantity of erythrocyte and quantity of mercury in the women hair]

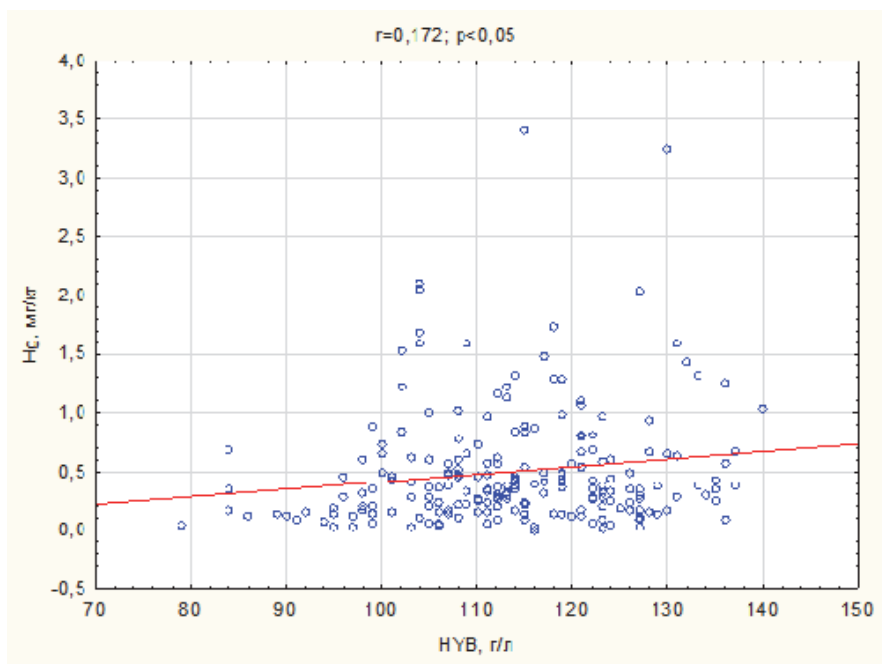


Рис. 4. Корреляционная связь между количеством гемоглобина в крови и содержанием ртути в волосах женщин
[Figure 4. Correlation between quantity of hemoglobin and quantity of mercury in the women hair]

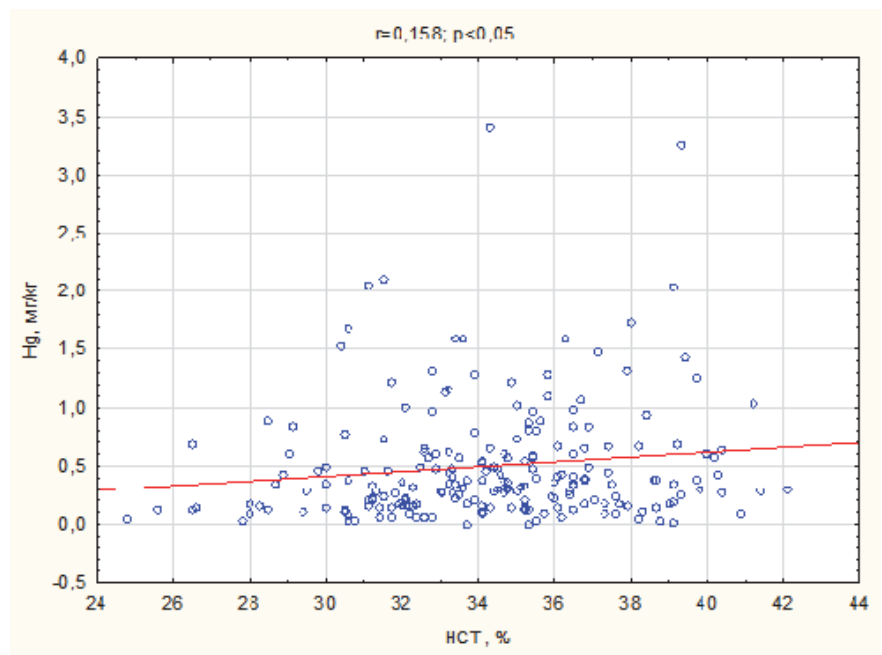


Рис. 5. Корреляционная связь между количеством гематокрита в крови и содержанием ртути в волосах женщин
[Figure 5. Correlation between blood hematocrit and quantity of mercury in the women hair]

Установлена положительная корреляционная связь между количеством эритроцитов (RBC) ($r = 0,097, p < 0,05$) (рис. 3), гемоглобином (Hb) ($r = 0,172, p < 0,05$) (рис. 4) и гематокритом (HCT) ($r = 0,158, p < 0,05$) (рис. 5) в крови и содержанием ртути в волосах женщин.

В исследовании О. Шуваловой не было выявлено увеличения содержания эритроцитов относительно концентрации ртути в волосах женщин детородного возраста на более чем 0,500 мг/кг в отличие от наших данных. Но была выявлена отрицательная корреляционная связь с показателями АСТ (аспартатаминотрансферазы), АЛТ (аланинаминотрансферазы) и другими показателями крови, чего не было обнаружено в данном исследовании [15].

Заключение

Средний уровень Hg в волосах женщин детородного возраста г. Череповца составляет $0,427 \pm 0,015$ мг/кг. Отмечена положительная корреляционная зависимость накопления ртути от возраста, частоты употребления рыбы и ряда биохимических показателей крови – эритроцитов, гемоглобина и гематокрита при $p < 0,05$.

Благодарности и финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-34-00569.

Список литературы

- [1] *Maria A., Jose M. et al.* National Inventory of Mercury Release into Different Environmental Sectors Estimated by United Nations Environment Programme (UNEP) Toolkit in Costa Rica // *Open Journal of Air Pollution*. 2017. Vol. 6. No. 2. Pp. 76–92.
- [2] *Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport*. UNEP Chemicals Branch, 2013. 44 p.
- [3] *Toxicological Effects of Methylmercury / National Research Council*. Washington, DC: The National Academies Press, 2000. 368 p.
- [4] *Rice K.M., Walker E.M. Jr., Wu M., Gillette C., Blough E.R.* Environmental mercury and its toxic effects // *J. Prev. Med. Public Health*. 2014. No. 47. Pp. 74–83.
- [5] *World Health Organization (WHO) Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposure*. Geneva, Switzerland: United Nations Environment, 2008. 172 p.
- [6] *Grandjean P. et al.* 2010. Adverse effects of methylmercury: environmental health research implications // *Environmental health perspectives*. 2010. No. 118 (8). Pp. 1137–1145.
- [7] *Fox D.A. et al.* Developmental origins of adult diseases and neurotoxicity: epidemiological and experimental studies // *Neurotoxicology*. 2012. No. 33 (4). Pp. 810–816.
- [8] *Julvez J. et al.* Prenatal methylmercury exposure and genetic predisposition to cognitive deficit at age 8 years // *Epidemiology*. 2013. No. 24 (5). Pp. 643–650.
- [9] *Глазиев А.А.* Медицинское право: практическое руководство для юристов и медиков. М.: Волтерс Клувер, 2004. 202 с.
- [10] *Williams J.R.* *Medical Ethics Manual*. 3rd ed. Ferney-Voltaire: World Medical Association, 2015. 134 p.
- [11] *Bellanger M., Pichery C. et al.* Economic benefits of methylmercury exposure control in Europe: monetary value of neurotoxicity prevention // *Environ. Health*. 2013. Vol. 12. No. 3. Pp. 1–10.
- [12] *Максимова О.Ю., Иванова Е.С.* Содержание ртути в волосах жителей г. Череповец Вологодской области // *Международный студенческий научный вестник*. 2016. № 4. С. 268–272.
- [13] *Rumiantseva O.Y., Ivanova E.S., Elizarova A.S., Komov V.T., Podduobnaia N.Y.* Mercury Levels in the Hair of Indigenous Population of the Coastal Area of the Vologda Region, Russia // *Advances in Engineering Research*. 2018. Vol. 177. Pp. 112–116.

- [14] *Skalnaya M.G., Tinkov A.A. et al.* Hair toxic element content in adult men and women in relation to body mass index // *Biological Trace Element Research*. 2014. Vol. 161. No. 1. Pp. 13–19.
- [15] *Шувалова О.П., Иванова Е.С., Комов В.Т.* Влияние накопления ртути на состояние здоровья женщин репродуктивного возраста // *Здоровье населения и среда обитания*. 2018. № 11. С. 36–39.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 14.11.2019

Дата принятия к печати: 15.12.2019

Для цитирования:

Иванова Е.С., Корнилова А.И., Румянцева О.Ю. Накопление ртути в организме и ее влияние на биохимические показатели крови женщин детородного возраста (на примере г. Череповца Вологодской области) // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2020. Т. 28. № 1. С. 47–56. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-1-47-56>

Сведения об авторах:

Иванова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель эколого-аналитической лаборатории кафедры биологии факультета биологии и здоровья человека Череповецкого государственного университета. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6976-1452>. E-mail: stepinaelena@yandex.ru

Корнилова Анастасия Игоревна, студентка кафедры биологии факультета биологии и здоровья человека Череповецкого государственного университета. eLIBRARY SPIN-код: 4726-3586. E-mail: an.kornilova@mail.ru

Румянцева Ольга Юрьевна, младший научный сотрудник кафедры биологии факультета биологии и здоровья человека Череповецкого государственного университета. eLIBRARY SPIN-код: 8302-0169. E-mail: olgamaks1995@gmail.com

DOI 10.22363/2313-2310-2020-28-1-47-56

Research article

Accumulation of mercury in the body and her influence on biochemical blood indices of women of childbearing age (example of Vologda region)

Elena S. Ivanova, Anastasia I. Kornilova, Olga Yu. Rumyantseva

Cherepovets State University
5 Lunacharskogo Ave., Cherepovets, 162600, Russian Federation

Abstract. The research was conducted in 2018 and 1323 women of childbearing age from the city of Cherepovets in the Vologda region took part in it. The Hg content in the hair of women was determined on a RA-915M mercury analyzer. The average concentration of metal in the hair of residents was $0,427 \pm 0,015$ mg/kg. A positive correlation was found be-

tween mercury accumulation and age ($r = 0,288$), fish consumption, and blood biochemical parameters – erythrocytes (RBC) ($r = 0,097$), hemoglobin (HYB) ($r = 0,172$) and hematocrit (HCT) ($r = 0,158$) with $p < 0,05$.

Keywords: heavy metals, methylmercury poisoning, mercury concentration, diseases, age, fish consumption, biochemical blood values

Acknowledgements and Funding. The research was carried out with financial support of the RFBR in the framework of scientific project No. 18-34-00569.

References

- [1] Maria A, Jose M, et al. National Inventory of Mercury Release into Different Environmental Sectors Estimated by United Nations Environment Programme (UNEP) Toolkit in Costa Rica. *Open Journal of Air Pollution*. 2017;(6)2:76–92.
- [2] UNEP Chemicals Branch. *Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport*. 2013.
- [3] National Research Council. *Toxicological Effects of Methylmercury*. Washington, DC: The National Academies Press; 2000.
- [4] Rice KM, Walker EM Jr., Wu M, Gillette C, Blough ER. Environmental mercury and its toxic effects. *J. Prev. Med. Public Health*. 2014;(47):74–83.
- [5] *World Health Organization (WHO) Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposure*. Geneva, Switzerland: United Nations Environment; 2008.
- [6] Grandjean P, et al. Adverse effects of methylmercury: environmental health research implications. *Environmental health perspectives*. 2010;118(8):1137–1145.
- [7] Fox DA, et al. Developmental origins of adult diseases and neurotoxicity: epidemiological and experimental studies. *Neurotoxicology*. 2012;33(4):810–816.
- [8] Julvez J, et al. Prenatal methylmercury exposure and genetic predisposition to cognitive deficit at age 8 years. *Epidemiology*. 2013;24(5):643–650.
- [9] Glashev AA. *Meditinskoe pravo: prakticheskoe rukovodstvo dlya yuristov i medikov [Medical law: practical guide for lawyers and medical professionals]*. Moscow: Volters Cluver Publ.; 2004. (In Russ.)
- [10] Williams JR. *Medical ethics manual*. 3rd ed. Ferney-Voltaire: World Medical Association; 2015.
- [11] Bellanger M, Pichery C, et al. Economic benefits of methylmercury exposure control in Europe: monetary value of neurotoxicity prevention. *Environ. Health*. 2013;12(3):1–10.
- [12] Maksimova OY, Ivanov ES. Soderzhanie rtuti v volosakh zhitelei g. Cherepovets Vologodskoi oblasti [The mercury content in the hair of residents of the city of Cherepovets, Vologda region]. *Mezhdunarodnyi studencheskii nauchnyi vestnik [International Student Scientific Journal]*. 2016;(4):268–272. (In Russ.)
- [13] Rumiantseva OY, Ivanova ES, Elizarova AS, Komov VT, Podduobnaia NY. Mercury levels in the hair of indigenous population of the coastal area of the Vologda region, Russia. *Advances in Engineering Research*. 2018;177:112–116.
- [14] Skalnaya MG, Tinkov AA, et al. Hair toxic element content in adult men and women in relation to body mass index. *Biological Trace Element Research*. 2014;161(1):13–19.
- [15] Shuvalova OP, Ivanov ES, Komov VT. Vliyanie nakopleniya rtuti na sostoyanie zdorov'ya zhenshchin reproduktivnogo vozrasta [Impact of mercury accumulation on the health status of reproductive age women]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya [Population health and habitat]*. 2018;(11):36–39. (In Russ.)

Article history:

Received: 14.11.2019

Revised: 15.12.2019

For citation:

Ivanova ES, Kornilova AI, Rumyantseva OYu. Accumulation of mercury in the body and her influence on biochemical blood indices of women of childbearing age (example of Vologda region). *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2020;28(1):47–56. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-1-47-56>

Bio notes:

Elena S. Ivanova, Candidate of Biological Sciences, leading researcher, Head of the Ecological and Analytical Laboratory of the Department of Biology of Faculty of Biology and Human Health of Cherepovets State University. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6976-1452>. E-mail: stepinaelena@yandex.ru

Anastasia I. Kornilova, a student of the Department of Biology of the Faculty of Biology and Human Health of Cherepovets State University. eLIBRARY SPIN-code: 4726-3586. E-mail: an.kornilova@mail.ru

Olga Yu. Rumyantseva, junior researcher at the Department of Biology of the Faculty of Biology and Human Health of Cherepovets State University. eLIBRARY SPIN-code: 8302-0169. E-mail: olgamaks1995@gmail.com