

СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В КРОВИ ЖИТЕЛЕЙ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТНОМНОГО ОКРУГА

ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», 629008, Салехард

Представлены результаты исследования содержания ртути в крови у 151 жителя, постоянно проживающего в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО). Ртуть является токсическим химическим веществом, вызывающим обеспокоенность в глобальном масштабе. ЯНАО характеризуется наличием многочисленных источников эмиссии ртути: предприятия нефти и газодобычи, разрабатываемые месторождения полезных ископаемых Полярного Урала, жилищно-коммунальный комплекс, золотодобыча, ртутное рудопроявление.

В исследовании показано повышенное содержание ртути в крови у 41,7% обследованных жителей Ямало-Ненецкого автономного округа, из них 35,6% в Тазовском районе, 51,9% – в посёлке Харсаим, 60% – в селе Кутопьюган. Выявлено превышение верхних уровней содержания ртути в крови аборигенного населения ЯНАО. Избыточная аккумуляция ртути у коренных жителей мужского пола составила 27,8% и у коренных жительниц 18,2% (Тазовский район), тогда как у неместных жителей обоего пола повышенные уровни ртути в крови не выявлялись (Тазовский район). Абсолютные средние значения ртути в крови у коренных жителей мужского пола ($0,0112 \pm 0,0049$ мкг/мл) отмечены почти в 5 раз выше, чем у некоренных жителей мужского пола ($0,0023 \pm 0,0009$ мкг/мл); у коренных жительниц ($0,0096 \pm 0,0063$ мкг/мл) разница составила почти в 3 раза по сравнению с некоренными жительницами ЯНАО ($0,0038 \pm 0,0023$ мкг/мл).

Выявлен возможный ущерб здоровью от воздействия повышенных концентраций ртути для каждого третьего обследованного жителя пос. Харсаим, с. Кутопьюган и 14,6% обследованных жителей пос. Тазовский (концентрация ртути в крови обнаружена выше 0,015 мкг/мл). Повышенные концентрации ртути в крови жителей Находкинской и Кутопьюганской тундры диктуют настоятельную необходимость усиления контроля за содержанием ртути в природных средах. Необходимо провести поверхностную газо-ртутную съёмку на территории Ямальского и Гыданского полуостровов для выявления скрытого источника ртутного загрязнения. Исследования необходимо продолжить.

Ключевые слова: содержание ртути; химические вещества; нефтепродукты; коренное население; некоренное (неместное) население; повышенные концентрации; посёлок Харсаим; Тазовский район; село Кутопьюган; ЯНАО.

Для цитирования: Агбальян Е.В., Шинкарук Е.В. Содержание ртути в крови жителей Ямало-Ненецкого автономного округа. Гигиена и санитария. 2018; 97(9): 799-802. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-9-799-802>

Для корреспонденции: Агбальян Елена Васильевна, доктор биол. наук, заведующая сектором эколого-биологических исследований отдела естественно-научных исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики». E-mail: agbelena@yandex.ru.

Agbalyan E.V., Shinkaruk E.V.

THE MERCURY CONTENT IN THE BLOOD OF INHABITANTS OF THE YAMALO-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

State Public Institution of Yamalo-Nenets Autonomous Okrug «Scientific Research Centre of the Arctic», Salekhard, 629008, Russian Federation

There are presented results of a study of the mercury content in the blood of 151 residents residing in the Yamalo-Nenets Autonomous district (YaNAO). Mercury is a toxic chemical of concern on a global scale. YaNAO is characterized by the presence of numerous sources of emissions of mercury – the enterprises of oil and gas production, develop the mineral deposits of the Polar Urals, housing and communal complex, gold mining, mercury ore occurrence. The study shows high levels of mercury in the blood of 41.7% of the surveyed residents of the Yamalo-Nenets Autonomous district, of which 35.6% are in the Taz district, 51.9% - in village Harsani, 60% - in the village Kutop'yugan. There were revealed high levels of mercury in the blood of the indigenous population of Yamal. The excessive accumulation of mercury was seen in 27.8% of indigenous males, in 18.2% of indigenous women (Tazovskiy district), in newly arriving men and women elevated levels of mercury in blood was not detected (Tazovskiy district). The absolute average values of mercury in blood from indigenous men (0.0112 ± 0.0049 mg/ml) was almost five times higher than in migrant men (0.0023 ± 0.0009 mg/ml); in indigenous women (0.0096 ± 0.0063 mg/ml) the difference was almost three times in comparison with the migrant women (0.0038 ± 0.0023 mg/ml). There is identified the possible damage to health from exposure to elevated concentrations of mercury for every third of the surveyed resident of Harshim settlement, village Kutop'yugan and 14.6% of the surveyed residents of the village Tazovskiy (the concentration of mercury in blood above 0.015 mg/ml). Elevated concentrations of mercury in the blood of residents of Nakhodka and Kutop tundra dictate the urgent necessity of the strengthening of control over the mercury contents in natural environments. It is necessary to conduct a surface gas-mercury survey on the territory of the Yamal and Gydan Peninsulas to identify a hidden source of mercury pollution. Research must be continued.

Keywords: the content of mercury; chemicals; petroleum products; indigenous people; alien population; increased concentration; the village of Kharsaim; Tazovskiy rayon; Kutop'yugan; YANA O.

For citation: Agbalyan E.V., Shinkaruk E.V. The mercury content in the blood of inhabitants of the Yamalo-Nenets autonomous district. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(8): 799-802. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-8-799-802>

For correspondence: Elena V. Agbalyan, MD, Ph.D., DSci., Head of the Sector of ecological and biological research, Department of environmental studies of the State Public Institution of Yamalo-Nenets Autonomous Okrug «Scientific Research Centre of the Arctic», Salekhard, 629008, Russian Federation. E-mail: agbelena@yandex.ru.

Information about authors: Shinkaruk E.V., <http://orcid.org/0000-0003-4782-6275>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The authors are grateful to the head of the fieldsher-midwife center in the settlement of L. Kharsaim Frank, Head Doctor of the Aksarkovskaya Central Regional Hospital, Ya.A. Zemko, A.A., Deputy Head Doctor for Medical Services, Yar-Salinsk Central Regional Hospital, Y. Maksimenko, staff of the medical research sector GKU YNAO «Scientific Center for the Study of the Arctic» Shkvarchuk L.V. and Damavichene N.N. for their assistance in conducting this study.

The work was performed in the framework of the research topic «Assessment of the accumulation and distribution of ecotoxicants in the environment-man system for the Arctic oil and gas producing region of the Russian Federation (Yamalo-Nenets Autonomous District)» for 2016.

Received: 29 March 2017

Accepted: 24 April 2018

Введение

Ртуть является токсическим химическим веществом, вызывающим беспокойство в глобальном масштабе. Ямало-Ненецкий автономный округ характеризуется наличием многочисленных источников эмиссии ртути – это предприятия нефти и газодобычи, разрабатываемые месторождения полезных ископаемых Полярного Урала, жилищно-коммунальный комплекс, золотодобыча, ртутное рудопроявление.

В природе ртуть в основном представлена минералом – киноварью HgS. Известно, что кристаллы ртутных минералов часто покрываются тонкой плёнкой металлической ртути, которая выходит на поверхность из внутренних слоёв Земли [7]. На территории округа обнаружено одно ртутное рудопроявление. Ртуть концентрируется в ртутных минералах и вмещающих их горных породах. В повышенных концентрациях ртуть содержится в рудах многих полезных ископаемых, преимущественно сульфидных (полиметаллических, медных, железных и др.). Установлено накопление ртути в бокситах, некоторых глинах, сланцах, известняках, в природном газе и нефти. Концентрация ртути в районах газовых месторождений достигает 70 000 нг/м³, в то время как среднее содержание её в атмосфере составляет 0,5–2,0 нг/м³ [3].

Специфической геохимической особенностью ртути является преобладающая миграция в газообразном состоянии. В период между полярным восходом солнца и окончанием снеготаяния возрастает поступление ртути из атмосферы в наземные и водные экосистемы, что приводит к её накоплению в трофических цепях Арктики [19]. Считается, что в водные бассейны ртуть поступает преимущественно из атмосферы с поверхностным стоком. Повышенные концентрации ртути выявлены в донных отложениях водных экосистем ЯНАО [14]. По данным Смолякова (2000), повышенные значения ртути в донных отложениях связаны с закислением озёрно-болотных систем, которые отличаются способностью к аккумуляции ртути и связаны с техногенной нагрузкой нефтегазового комплекса. Закисление вод способствует активной миграции ртути и её аккумуляции в рыбах. Кислая реакция водной среды и высокое содержание гумусовых кислот – характерные особенности ямальских вод суши [5, 10, 12, 18].

Концепция поступления ртути в потоке флюидов из мантии Земли может скрывать один из источников ртути на территории ЯНАО. Миграция ртутьсодержащих газов по разломам, трещинам и порам земной коры может создавать локальные участки с повышенным ртутным фоном, а длительная эксплуатация месторождений усиливает этот эффект [9]. В районах месторождений Харасавэй-Крузен-

штернское, Нейтинско-Нерстинское, Новопортовско-Каменномыское и Уренгой-Медвежье наблюдаются подтоки глубинных флюидов по системам вертикальных трещин и разломов, доходящих до поверхности Земли. Возможен подток флюидов в субгоризонтальном направлении со стороны Урала в северо-восточном направлении [1].

Одним из источников ртутного загрязнения могут быть пожары. В почвах, попавших под влияние дымового шлейфа, содержание ртути увеличивается на 75% [16]. Распространение дымовых шлейфов возможно на тысячи километров и способность переноситься ртути на такие расстояния может указывать на дополнительное загрязнение ландшафтов, даже не примыкающих к пожарным площадям. К примеру, минимальная ежегодная площадь пожаров в Сибири – 5 млн га [2]; средний запас лесной подстилки в лесах Сибири – 11 т/га [6]; ежегодная атмосферная эмиссия ртути от пожаров в Сибири может составлять 2,7 тонн [17]. В северных регионах горят наземные лишайники и мхи, в значительной степени насыщенные ртутью.

Воздействие ртути может вызывать серьёзные проблемы со здоровьем населения, оказывать токсическое действие на нервную, пищеварительную и иммунную системы, лёгкие, почки, кожу и глаза и в целом представляет значительную угрозу для общественного здравоохранения. Суточное поступление ртути в организм взрослого человека достигает 6 мкг. Основной путь поступления ртути в организм человека пищевой, главным образом, при потреблении рыбы и моллюсков. Известно, что уровень 40 мкг/сут приводит к увеличению риска невропсихических заболеваний, а при продолжительных поступлениях (на уровне 30 мкг/сут) возникают массовые отравления [4].

Литературные данные неоднозначно представляют сведения о фоновых значениях концентрации ртути в биологических средах человека. Уровень ртути в крови отражает экспозицию к органической и неорганической ртути. Содержание ртути в крови находится в пределах 0,003–0,016 мкг/мл. Верхняя граница нормативной величины для ртути, рекомендуемая Центром биотической медицины, равна < 0,01 мкг/мл [11]. Максимально безопасным для взрослого человека уровнем ртути в крови считается 0,1 мкг/мл [13]. Министерство здравоохранения Канады в качестве порогового уровня содержания ртути в крови использует показатель 0,02 мкг/мл, а уровень 0,1 мкг/мл и выше расценивается как «повышенный риск».

Перенос в атмосфере на большие расстояния, их стойкость в окружающей среде и способность к биоаккумуляции в экосистемах несут значительные негативные последствия для здоровья человека, актуализируя скрининг содержания ртути в биологических средах.

Материал и методы

В 2016 г. проведён скрининг содержания ртути в крови у жителей пос. Тазовский и Тазовской тундры, с. Гыда и Гыданской тундры, с. Антипаюта и Антипаютинской тундры, с. Находка и Находкинской тундры, с. Кутопьюган и Кутопьюганской тундры, пос. Харсаим. Выборка составила 151 человек, из которых 89 – жители Тазовского р-она, 27 человек – жители пос. Харсаим, 20 человек – жители с. Кутопьюган.

Отбор проб крови из локтевой вены у обследуемых лиц проводил обученный медицинский персонал. Кровь отбиралась с помощью вакуумных одноразовых шприцев (Improvacuter/Li-гепарин/Китай). Пробы крови хранились в морозильной камере при -30 °С. Замороженные пробы транспортировались в лабораторию в специальных термоизолированных контейнерах.

Химико-аналитические исследования проведены в научно-испытательной лаборатории Центра биотической медицины методом масс-спектрометрии (МС-ИСП) с индуктивно связанной плазмой на квадрупольном масс-спектрометре *Nexion 300D* (Perkin Elmer, США).

Результаты

У 41,7% всех обследованных жителей Ямало-Ненецкого автономного округа содержание ртути в крови превышало рекомендуемый Центром биотической медицины уровень 0,01 мкг/мл (табл. 1).

У жителей р-она Тазовский средняя концентрация ртути в крови равнялась $0,0081 \pm 0,0059$ мкг/мл и была ниже, чем аналогичный показатель у жителей пос. Харсаим ($0,0131 \pm 0,0096$ мкг/мл) и с. Кутопьюган ($0,0142 \pm 0,0085$ мкг/мл) (табл. 2).

Встречаемость лиц с показателями ртути ниже 0,005 мкг/мл составила в р-не Тазовский 40,5%, в пос. Харсаим – 22,3%, в с. Кутопьюгане – 10,0%. Группа повышенного риска была максимальной в пос. Харсаим и составила 37% от всех обследованных лиц в этом посёлке. В р-оне Тазовский у 14,6% обследованных жителей выявлялся уровень ртути в крови выше 0,015 мкг/мл. В с. Кутопьюган почти у каждого третьего обследованного уровень ртути в крови превышал 0,015 мкг/мл. Выявлено более высокое содержание ртути в крови жителей с. Кутопьюган относительно жителей населённых пунктов Тазовский и Харсаим.

Между коренными и неместными жителями автономного округа выявлены различия в аккумуляции ртути в крови. Так, у аборигенов р-она Тазовский среднее содержание ртути в крови составляло $0,0101 \pm 0,0059$ мкг/мл против $0,0035 \pm 0,0022$ мкг/мл в крови некоренного населения. Группу риска составил каждый пятый из числа обследованных аборигенов р-она Тазовский.

В с. Кутопьюган каждый третий обследованный абориген имел повышенный уровень ртути в крови и был включён в группу риска. На уровне средних значений у коренных жителей села концентрация ртути в крови составила $0,0149 \pm 0,0087$ мкг/мл, а у мужчин-аборигенов была равна $0,0158 \pm 0,0092$ мкг/мл, что выше значения 0,015 мкг/мл.

В пос. Харсаим каждый второй обследованный абориген имел повышенный

Характеристика обследованных жителей Ямало-Ненецкого автономного округа по уровню экспозиции к ртути

Показатель	Все обследованные	Район Тазовский	Пос. Харсаим	С. Кутопьюган
Всего обследовано (%)	151 (41,7)	104 (35,6)	27 (51,9)	20 (60)
Количество лиц с превышением уровня 0,01 мкг/мл	63	37	14	12

уровень ртути в крови. Частота избыточной аккумуляции ртути у мужчин составила 71,4%, у женщин – 36,4%. У неместных женщин средний уровень ртути в крови был почти в 2 раза меньше, чем у коренных жителей.

Ртуть, являясь сульфгидрильным ядом, даже при концентрациях в крови менее 0,006 мкг/мл способна приводить к снижению уровня гемоглобина и числа эритроцитов, повышению СОЭ, к регистрации в моче разрушенных форменных элементов [8, 15]. Концентрация ртути более 0,005 мкг/мл выявлялась у каждого второго обследованного коренного жителя автономного округа.

Заключение

Ртуть и её соединения отнесены к веществам I класса опасности. Объективными признаками ртутной интоксикации являются высокие уровни ртути в крови. Критически высокого содержания ртути в крови обследованных жителей автономного округа не отмечено. Случаи токсического действия ртути на обследованных лиц не выявлены.

В исследовании показано повышенное содержание ртути в крови у 41,7% обследованных жителей Ямало-Ненецкого автономного округа, из них 35,6% в Тазовском районе, 51,9% в пос. Харсаим и 60% в с. Кутопьюган.

Выявлено превышение верхних уровней содержания ртути в крови аборигенного населения Ямало-Ненецкого автономного округа. Избыточная аккумуляция ртути у коренных жителей мужского пола составила 27,8% и у коренных жителей женского пола 18,2% (Тазовский р-он),

Таблица 2

Распределение всех обследованных лиц в р-не Тазовский, пос. Харсаим и с. Кутопьюган на группы риска по значению биомаркеров (БМЧ)

Показатель	Р-он Тазовский, n = 89	Пос. Харсаим, n = 27	С. Кутопьюган, n = 20
Hg, мкг/мл	$0,0081 \pm 0,0059$	$0,0131 \pm 0,0096$	$0,0142 \pm 0,0085$
<i>Hg < 0,005 мкг/мл</i>			
Количество жителей, абс. ч.	36	6	2
% от n	40,5	22,3	10,0
Hg, мкг/мл, $m \pm \sigma$	$0,0028 \pm 0,0011$	$0,0032 \pm 0,0011$	$0,0041 \pm 0,0001^{**}$
<i>Hg > 0,015 мкг/мл</i>			
Количество жителей, абс. ч.	13	10	6
% от n	14,6	37,0	30,0
Hg, мкг/мл, $m \pm \sigma$	$0,0191 \pm 0,0043$	$0,0239 \pm 0,0072$	$0,0262 \pm 0,0053^{*}$
<i>0,005 мкг/мл < Hg < 0,015 мкг/мл</i>			
Количество жителей, абс. ч.	40	11	12
% от n	44,9	40,7	60,0
Hg, мкг/мл, $m \pm \sigma$	$0,0092 \pm 0,0026$	$0,0088 \pm 0,0023$	$0,0099 \pm 0,0019$

Примечание. ** – $p < 0,01$; * – $p < 0,5$.

тогда как у неместных жителей обоого пола повышенные уровни ртути в крови не выявлялись (Тазовский р-он). Абсолютные средние значения ртути в крови у коренных жителей мужского пола ($0,0112 \pm 0,0049$ мкг/мл) почти в 5 раз выше, чем у некоренных жителей ($0,0023 \pm 0,0009$ мкг/мл); у коренных жителей ($0,0096 \pm 0,0063$ мкг/мл) разница составила почти в 3 раза по сравнению с неместными женщинами ($0,0038 \pm 0,0023$ мкг/мл).

Показано, что ущерб здоровью населения от воздействия ртути при её концентрации в крови от 0,005 до 0,015 мкг/мл не может быть исключён с достаточной степенью достоверности для всех обследованных жителей Тазовского р-она, пос. Харсаим и с. Кутюпьюган – 44,9%, 40,7% и 60% соответственно. Необходимо идентифицировать конкретные источники воздействия и уменьшить или устранить воздействие адекватным способом.

Выявлен возможный ущерб здоровью от воздействия повышенных концентраций ртути для каждого третьего обследованного жителя населённых пунктов Харсаим, Кутюпьюган и 14,6% обследованных жителей р-она Тазовский (концентрация ртути в крови выше 0,015 мкг/мл). Рекомендуется принять немедленные меры по снижению или устранению воздействия.

Потенциальные источники ртути на территории автономного округа: трансграничный перенос с воздушными массами и водными потоками; деятельность предприятий ТЭК; природные пожары; жилищно-коммунальный сектор; миграция ртутьсодержащих газов по зонам глубинных разломов Земли.

Для всесторонней оценки уровня содержания ртути в компонентах окружающей среды и выявлении регионального источника ртути информации недостаточно.

Благодарность. Авторы выражают признательность заведующей фельдшерско-акушерского пункта пос. Харсаим Франк Л.И., главному врачу ГБУЗ ЯНАО «Аксарковской центральной районной больницы» Земко Т.А., заместителю главного врача по медицинскому обслуживанию населения ГБУЗ ЯНАО «Яр-Салинская центральная районная больница» Максименко Ю.И., коллективу сектора медицинских исследований ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» Шкварчук Л.В. и Дамавичене Н.Н. за оказанную помощь при проведении данного исследования.

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы НИР «Оценка накопления и распределения экотоксикантов в системе «окружающая среда – человек» для арктического нефтегазодобывающего региона РФ (Ямало-Ненецкого автономного округа)» за 2016 год.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Богоявленский В.И. Угроза катастрофических выбросов газа из криолитозоны Арктики. Воронки Ямала и Таймыра. Бурение и нефть. 2014; (9): 13-21.
2. Валендик Э.Н., Матвеев П.М., Софронов М.А. Крупные лесные пожары. М.: Наука; 1979.
3. Густайтис М.А. Ртуть в потоках рассеяния. Сборник трудов «Проблемы химической безопасности». 2002; 871.
4. Ершов Ю.А., Плетнева Т.В. Механизмы токсического действия неорганических соединений. Журнал неорганической химии. М.: Медицина; 1989.
5. Коноплев А.В., Панкратов Ф.Ф. Долговременный мониторинг ртути в атмосферном воздухе Российской Арктики. Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. В кн.: Материалы Международного симпозиума. М.: ГЕОХИ РАН; 2010: 114-119.
6. Курбатский Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов. Вопросы лесной пирологии. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР; 1970: 5-58.
7. Магарилл С.А., Борисов С.В., Первухина Н.В. и др. Химия в интересах устойчивого развития. 2007; Т. 15: (1): 71-84.
8. Малов А.М., Сибиряков В.К., Муковский И.А., Семенов Е.В. Ртуть как фактор риска для здоровья человека. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014; Т. 16: 5 (2): 907-910.
9. Озерова Н.А. Ртутная дегазация: геолого-экологические следствия. Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. В кн.: Материалы Международного симпозиума. М.: ГЕОХИ РАН; 2010: 24-32.

10. Папина Т.С. Эколого-аналитическое исследование распределения тяжелых металлов в водных экосистемах бассейна р. Обь. Дисс. ... докт. хим. наук. Барнаул; 2004.
11. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М.: ОНИКС XXI век; 2004.
12. Смоляков Б.С. Проблема кислотных выпадений на севере Западной Сибири. Сибирский экологический журнал. 2000; (1): 21—30.
13. Стожаров А.Н. Медицинская экология: учебное пособие. Минск: Высшая школа; 2007.
14. Страховенко В.Д., Маликова И.Н., Щербов Б.Л. Распределение ртути в компонентах окружающей среды Сибири. Химия в интересах устойчивого развития. 2012; (1): 117-123.
15. Тиц Н. Энциклопедия клинических лабораторных тестов. М.: Лабформ. 1997.
16. Щербов Б.Л. Масштабы миграции ртути при сибирских лесных пожарах. Сборник трудов Второго международного симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты» (Новосибирск). ИНХ СО РАН; 2015: 386-391.
17. Щербов Б.Л. Роль лесной подстилки в миграции токсических элементов и искусственных радионуклидов при лесных пожарах в Сибири. Сибирский экологический журнал. 2012; (2): 253-265.
18. Haines T.A., Komov V.T., Matey V.E., Jagoe C.H. Perch mercury content is related to acidity and colour 26 Russian lake. Water, Air, Soil Pollut. 1995; (85): 823-828.
19. Lindberg S.E., Brooks S.B., Lin C.-J. et al. The dynamic oxidation of gaseous mercury in the Arctic troposphere at polar sunrise. Environ. Sci. and Technol. 2002; (36): 1245-1257.

References

1. Bogoyavlenskiy V. Risk of catastrophic gas blowouts from the Arctic cryolithic zone. Yamal and Taimyr craters. Drilling and oil. 2014; (9): 13-18. (in Russian)
2. Valendik, E. N., Matveev, P. M., Sofronov M. A. Large forest fires. Moscow: Nauka; 1979. (in Russian)
3. Gustaitis, M. A. Mercury in the streams scattering. The collection of works «Problems of chemical safety». 2002; 871. (in Russian)
4. Ershov Yu.A., Pletneva T.V. Mechanisms of toxic effect of inorganic compounds. Journal of Inorganic Chemistry. M.: Medicine; 1989. (in Russian)
5. Konoplev A.V., Pankratov F. F. Long-term monitoring of mercury in ambient air of Russian Arctic. Mercury in the biosphere: ecological-geochemical aspects. In the book: Proceedings of the International Symposium. M.: GEOHI RAN; 2010: 114-119. (in Russian)
6. Kurbatskiy N. P. The study of the amount and properties of forest combustible materials. The forest of piologie. Krasnoyarsk: ILID SB as USSR; 1970: 5-58. (in Russian)
7. Magarill S. A., Borisov S. V., Pervukhina N. In. etc. Chemistry in sustainable development. 2007; V. 15: (1): 71-84. (in Russian)
8. Malov A., Sibiriyakov V., Mukovskiy L., Semenov E. Mercury as risk factor for human health. Proceedings of the Samara scientific center, Russian Academy of Sciences. 2014; 16: 5 (2): 907-910. (in Russian)
9. Ozerova N. Mercury degassing: geological and environmental investigation. Mercury in the biosphere: ecological-geochemical aspects. In the book: Proceedings of the International Symposium. M.: GEOHI RAN; 2010: 24-32. (in Russian)
10. Papina T. S. Ekologo-analytical study of heavy metals distribution in aquatic ecosystems of the basin of the river Ob. Diss. ...doctor. chem. Sciences. Barnaul; 2004. (in Russian)
11. Rock AV, Rudakov I. A. Bioelements in medicine. Moscow: ONIKS XXI; 2004. (in Russian)
12. Smolyakov B. S. The Problem of acid deposition in the North of Western Siberia. Siberian ecological magazine. 2000; (1): 21-30. (in Russian)
13. Stozharov A. N. Medical ecology: textbook. Minsk: Higher school, 2007. (in Russian)
14. Strakhovenko, V. D., Malikova I. N., Scherbov B. L. Distribution of mercury in environmental compartments Siberia. Chemistry for sustainable development. 2012; (1): 117-123. (in Russian)
15. Tietz N. Encyclopedia of clinical laboratory tests. M.: Libform. 1997. (in Russian)
16. Scherbov B. L. The migration of mercury in the Siberian forest fires. Proceedings of the Second international Symposium «Mercury in the biosphere: ecological-geochemical aspects» (Novosibirsk). INH SO RAN; 2015: 386-391. (in Russian)
17. Shcherbov B.L. The role of forest floor in migration of metals and artificial nuclides during forest fires in Siberia. Contemporary Problems of Ecology. 2012; 5 (2): 191-199. (in Russian)
18. Haines T.A., Komov V.T., Matey V.E., Jagoe C.H. Perch mercury content is related to acidity and colour 26 Russian lake. Water, Air, Soil Pollut. 1995; (85): 823-828.
19. Lindberg S.E., Brooks S.B., Lin C.-J. et al. The dynamic oxidation of gaseous mercury in the Arctic troposphere at polar sunrise. Environ. Sci. and Technol. 2002; (36): 1245-1257.